ÚTMUTATÓ
AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ AZ ÖNTÖDÉK ENGEDÉLYEZTETÉSE SORÁN

Budapest
2008

Ez az Útmutató a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KvVM) megbízásából készült az öntödék környezetvédelmi jellegű engedélyezési eljárásai során az elérhető legjobb technikák meghatározásához, 2005-2007-ben.

Az útmutató alapjául az EU Bizottság által 2005. másujában publikált „Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industries" című BAT Referencia-dokumentum szolgált.

Az Útmutató elkészítését az Országos Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség Környezethasználati Osztálya irányította és koordinálta, a Magyar Öntészeti Szövetség közreműködésével.

Az Útmutató kidolgozásába bevonásra kerültek a környezetvédelmi, természetvédelmi és vízügyi felügyelőségek (zöldhatóságok) is.

Az Útmutató kidolgozásában, összeállításában közreműködő partnerek:

dr. Hatala Pál ügyvezető, Magyar Öntészeti Szövetség

Babcsány Ildikó – témavezető
OKTVF Környezethasználati Osztály

A Környezethasználati Osztály információs központként működik a hatóságok, a cégek és a nyilvánosság számára az IPPC (egységes környezethasználati engedélyezési eljárás) és az elérhető legjobb technikák magyarországi bevezetése és alkalmazása kapcsán felmerülő kérdéseket illetően.

A Környezethasználati Osztály telefonon az (1) 2249-140, 2249-167, 2249-168, faxon az (1) 2249-298 számon, e-mailen pedig az ippc@mail.kvvm.hu címen érhető el.

IPPC-vel kapcsolatos további információk találhatók a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján: www.ippc.hu is.

Az IPPC hatálya alá eső cégek számára javasolt, hogy az engedélykérelem elkészítésekor először a területileg illetékes zöldhatósággal vegyék fel a kapcsolatot.

TARTALOM

1. Általános információk 10
1.1. Bevezetés 10
1.2. A BAT alkalmazása új és meglévő üzemek esetén 11
1.3. Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők 12
1.4. Az engedélykérelem 13
1.5. Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmények 13
1.6. Az ágazat főbb környezeti hatásai 14
1.6.1. Levegő 14
1.6.2. Hulladékok 15
1.6.3. Energia 15
1.6.4. Víz 15
1.6.5. Zaj 15
1.7. Az ágazat helyzetének bemutatása 15
1.7.1. Bevezetés 15
1.7.2. Magyarországi helyzetkép 16
1.7.2.1. A magyarországi öntvénytermelés alakulása 16
1.7.2. A hazai szakmai szervezetek tevékenysége 27
1.7.2.1. A „Ki mit önt Magyarországon? Ki mit kínál az öntödéknek?” internetes oldal, a MÖSZIT . 27
1.7.3. Az öntészeti szakmák középfokú képzési és oktatási helyzete Magyarországon 27
1.7.4. A fejezet összefoglalása 29

2. Az ágazatban folytatott tevékenység áttekintése — az alkalmazott eljárások bemutatása 30
2.1. Áttekintés 30
2.1.1. Az öntödei folyamat 30
2.1.2. Vasöntés 32
2.1.3. Acélöntés 34
2.1.4. Alumíniumöntés 36
2.1.5. Magnéziumöntés 36
2.1.6. Rézöntés 37
2.1.7. Cinköntés 38
2.1.8. Ólomöntés 39
2.1.9. Szuperötvözetek öntése 39
2.2. Mintakészítés 40
2.2.1. Általános mintakészítés 40
2.2.2. Gyors prototípuskészítés (RP) 41
2.3. Nyersanyagok és nyersanyagkezelés 42
2.4. Olvasztás és fémkezelés 44
2.4.1. Kupolókemencék 45
2.4.1.1. Hidegszeles kupolókemence 45
2.4.1.2. Forrószeles kupolókemence 48
2.4.1.3. Hosszú kampányú kupolókemence 50
2.4.1.4. A légszennyezés természete 51
2.4.2. Villamos ívkemence 52
2.4.2.1. Olvasztás és finomítás a savas bélésű villamos ívkemencével 53
2.4.2.2. Olvasztás és finomítás a bázikus bélésű villamos ívkemencével 53
2.4.2.3. A légszennyezés természete 54
2.4.3. Indukciós kemencék 54
2.4.3.1. Tégelyes indukciós kemence 55
2.4.3.2. Csatornás indukciós kemence 58
2.4.3.3. A kibocsátások természete 60
2.4.4. Sugárzó tetőboltozatú (ellenállás fűtésű) kemence 60
2.4.5. Forgódobos kemence 61
2.4.5.1. Leírás 61
2.4.5.2. Olvasztási gyakorlat 62
2.4.5.3. Metallurgia 62
2.4.5.4. Alkalmazás 63
2.4.5.5. Előnyök: 63

2.4.5.6. Hátrányok: ... 63
2.4.6. Lángkemence ... 63
2.4.7. Aknás kemence ... 64
2.4.7.1. Leírás ... 64
2.4.7.2. Előnyök: ... 66
2.4.7.3. Hátrányok: ... 66
2.4.8. Tégelykemence ... 66
2.4.8.1. Leírás ... 66
2.4.8.2. Olvasztási gyakorlat ... 67
2.4.8.3. Előnyök: ... 67
2.4.8.4. Hátrányok: ... 67
2.4.9. Argon-oxigén-dekarbonizáló (AOD) konverter az acél finomításához ... 67
2.4.10. Vákuum oxigén dekarbonizáló konverter (VODC) acél finomításához ... 69
2.4.11. Az acél fémkezelése ... 69
2.4.12. Az öntöttvas kezelése ... 70
2.4.12.1. Ötvözés ... 70
2.4.12.2. Homogenizálás ... 70
2.4.12.3. A kupolókemencében olvasztott vas kéntelenítése és felkarbonizálása ... 71
2.4.12.4. Az olvadék grafitgömbösítő kezelése ... 71
2.4.12.5. Az olvadék beoltása ... 72
2.4.12.6. Fémkezelés ... 73
2.5. Formázás és magkészítés ... 74
2.5.1. Nyersanyagok ... 75
2.5.1.1. Az öntödei formázó-anyagok tűzálló alapanyagai ... 75
2.5.1.2. Kötőanyagok és egyéb vegyszerek ... 78
2.5.1.3. Beömlők, rávágások, táplálók és szűrők ... 80
2.5.2. Homokelőkészítés (szállítás, rostálás, hűtés, keverés) ... 82
2.5.2.1. A homok újra felhasználhatóvá tétele a nyershomok formázásban ... 82
2.5.3. Formázás természetes homokkal ... 83
2.5.4. Formázás agyagkötésű (bentonitkötésű) homokban (nyershomok formázás) ... 84
2.5.5. Formázás kötőanyag nélküli homokban (Vákuumformázás=V eljárás) ... 85
2.5.6. Formázás és magkészítés vegyi kötésű homokkal ... 86
2.5.6.1. Hidegen kötő eljárások ... 87
2.5.6.2. Melegen kötő eljárások ... 92
2.5.6.3. A vegyi kötésű homokformák és homokmagok bevonása ... 95
2.5.7. Öntési eljárások elvesző mintával ... 96
2.5.7.1. Kötőanyagmentes homok — Elvesző habmintás eljárás ... 97
2.5.7.2. Vegyileg kötött homokkeverék — Tele forma eljárás ... 98
2.5.8. Állandó (fém) formák elkészítése ... 99
2.5.9. Precíziós öntés és kerámiahéj eljárás ... 100
2.6. Öntés ... 101
2.6.1. Öntés elvesző formákban ... 102
2.6.1.1. Az öntés ... 102
2.6.1.2. Megdermedés (1. hűlés) ... 104
2.6.1.3. Ürítés ... 104
2.6.1.4. Öntvényhűtés (2. hűtés) ... 104
2.6.2. Öntés állandó formában ... 105
2.6.2.1. Kokillaöntés és kisnyomású öntés ... 105
2.6.2.2. Nyomásos (nagynyomású) öntés ... 106
2.6.2.3. Pörgetett (centrifugál) öntés ... 108
2.6.2.4. Folyamatos öntés ... 109
2.7. Öntvénytisztítás (kikészítés) és öntés utáni műveletek ... 110
2.7.1. A beömlő és kitápláló rendszer eltávolítása az öntvényről ... 111
2.7.2. Homokeltávolítás ... 111
2.7.3. A sorják (fáncok) eltávolítása ... 112
2.8. Hőkezelés ... 113
2.8.1. Bevezetés ... 113
2.8.2. Hőkezelő kemencék ... 114
2.8.2.1. Kamrás kemencék ... 114
2.8.2.2. Aknás kemencék (mélykemencék) ... 114

2.8.2.3. Lágyító (izzító) kemencék ... 114
2.8.3. Edzés ... 114
2.8.4. A gömbgrafitos öntöttvas hőkezelése ... 115
2.8.4.1. Feszültségmentesítés ... 115
2.8.4.2. A karbidok elbontása ... 115
2.8.4.3. Lágyítás ferrites alapszövet elérésére ... 116
2.8.4.4. Normalizálás perlites szövet elérésére ... 116
2.8.4.5. Nemesített szövetszerkezet létrehozása ... 116
2.8.4.6. Ausztemperált gömbgrafitos öntöttvas (ADI) ... 116
2.8.5. Az acélöntvények hőkezelése ... 117
2.8.6. Az alumíniumöntvények hőkezelése ... 118
2.8.6.1. Feszültségmentesítés és lágyítás ... 118
2.8.6.2. Oldásos kezelés és edzés ... 118
2.8.6.3. Kiválásos hőkezelés ... 118
2.8.6.4. Mesterséges öregbítés ... 119
2.9. Minőségellenőrzés ... 119

3. A jelenlegi kibocsátások és felhasználási szintek az öntödékben ... 120
3.1 Az anyagáram áttekintése ... 120
3.1.1. Bevezetés ... 120
3.2. Az öntöttvasak és acélok olvasztása és fémkezelése ... 120
3.2.1. Az acél és öntöttvas olvasztó kemencéinek tulajdonságai ... 120
3.2.2. Kupolókemencék ... 122
3.2.2.1. Koksz- és energiafelhasználás ... 122
3.2.2.2. Por ... 122
3.2.2.3. Füstgázok ... 123
3.2.2.4. Kupolósalak ... 125
3.2.2.5. Tűzállóanyag-hulladék ... 126
3.2.3. Villamos ívkemence ... 126
3.2.3.1. Bevitel ... 126
3.2.3.2. Por ... 126
3.2.3.3. Látható füst ... 127
3.2.3.4. Füstgázok ... 127
3.2.3.5. Salakok ... 128
3.2.4. Indukciós kemence ... 128
3.2.4.1. Tégelyes indukciós kemence ... 129
3.2.4.2. Csatornás indukciós kemence ... 131
3.2.5. Forgódobos kemence ... 132
3.2.5.1. Bevitel ... 132
3.2.5.3. Füstgázok ... 133
3.2.6. Argon oxigén dekarbonizáló (AOD) konverter ... 134
3.2.6.1. Bevitel ... 135
3.2.6.2. Por ... 135
3.2.6.3. Füstgázok ... 135
3.2.6.4. Salakok ... 136
3.2.7. Vákuum oxigén dekarbonizáló konverter (VODC) ... 136
3.2.8. Acélfinomítás és kezelés ... 136
3.2.9. Öntöttvas kezelés ... 136
3.2.9.1. Grafitgömbösítés ... 136
3.3. Az alumínium olvasztása és fémkezelés ... 137
3.3.1. Az alumínium olvasztókemencéinek áttekintése ... 137
3.3.2. Aknás kemence ... 139
3.3.3. Indukciós kemence ... 140
3.3.4. Sugárzó boltozatú (ellenállás fűtésű) kemence ... 140
3.3.5. Lángkemence ... 140
3.3.6. Tégelykemence (tüzelőanyag és villamos ellenállás fűtésű) ... 141
3.3.7. Az alumínium fémkezelése ... 142
3.4. A magnézium és magnéziumötvözetek olvasztása és öntése ... 142
3.4.1. A magnéziumolvadék védelme ... 142
3.4.2. Magnéziumolvadék kezelés ... 143

3.4.3. Magnéziumhulladék ... 143
3.5. A réz és rézötvözetek olvasztása és öntése ... 144
3.5.1. Olvasztó és öntő egységek ... 144
3.5.2. A réz és rézötvözetek fémkezelése ... 146
3.6. A cink és cinkötvözetek olvasztása és öntése ... 146
3.7. Az ólom olvasztása és öntése ... 146
3.8. Füstgáztisztítás ... 147
3.8.1. Szennyezés-csökkentő rendszerek ... 147
3.8.2. Dioxinok ... 147
3.9. Formázás és magkészítés ... 150
3.9.1. Bevezetés ... 150
3.9.2. Formázás agyagkötésű (bentonitkötésű) homokkal (nyershomok-formázás) ... 152
3.9.3. Formázás kötőanyagmentes homokkal (vákuum-formázás) ... 153
3.9.4. Formázás és magkészítés vegyi kötésű homokkal ... 153
3.9.4.1. A vegyszerek felhasználási szintjei ... 153
3.9.4.2. Kibocsátási tényezők ... 155
3.9.4.3. A hidegen kötő eljárások kibocsátásai ... 155
3.9.4.4. Gázzal kikeményítő eljárások kibocsátásai ... 156
3.9.4.5. Hővel kikeményítő eljárások kibocsátásai ... 156
3.9.5. A vegyi kötésű homokformák és magok bevonása ... 157
3.9.6. Elhasználódó mintás öntés (elvesző habmintás/tele forma öntés) ... 157
3.9.6.1. Kötőanyag nélküli homok — elvesző habmintás öntés ... 157
3.9.6.2. Vegyi kötésű homok — Teli forma ... 158
3.10.1. Öntés, hűlés és ürítés elvesző formák használata esetén ... 160
3.10.1.1. Kibocsátások ... 160
3.10.1.2. Homok:folyékony-fém arány ... 164
3.10.1.3. Fémkihozatal ... 166
3.10.1.4. Használt öntödei homok (öreghomok) ... 166
3.10.2. Öntés tartós formákban (kokillákban) ... 168
3.11. Kikészítés/öntés utáni műveletek ... 169
3.11.1. Nedves koptatás ... 169
3.11.2. Szemcseszórás ... 169
3.11.3. Öntvénytisztítás ... 170
3.11.4. Kikészítési (öntvénytisztítási) műveletek acélöntödékben ... 170
3.12. Hőkezelés ... 171
3.13. Szennyvíz ... 171
3.13.1. A szennyvíz forrásai ... 171
3.13.2. A hulladéktárolóból származó szennyvíz ... 172
3.13.3. A kupolókemencés olvasztásnál használt nedves mosókból származó szennyvizek ... 172
3.13.4. Az öntés, hűlés, ürítés, valamint formázás/homokelőkészítés területéről származó szennyvíz ... 173
3.13.5. Szennyvíz a magkészítésből ... 173

4. Az elérhető legjobb öntödei technikák kiválasztásánál figyelembe vett technikák ... 174
4.1. Nyersanyag raktározás és kezelés ... 175
4.1.1. Bevezetés ... 175
4.1.2. Tárolás és vizet át nem eresztő hulladék-tároló terület ... 175
4.1.3. Tárolási intézkedések vegyi kötőanyagok tárolásához ... 176
4.1.4. Tiszta hulladék használata az olvasztáshoz és a homok eltávolítása a visszatérő saját hulladékról ... 177
4.1.5. A saját vashulladék belső visszaforgatása ... 179
4.1.6. A magnéziumhulladék belső visszaforgatása ... 180
4.1.7. Használt tartályok visszaforgatása ... 183
4.2. Fémolvasztás és a fémolvadék kezelése ... 184
4.2.1. Kupolókemencék ... 184
4.2.1.1. A kemence üzemeltetésének optimalizálása ... 184
4.2.1.2. A kokszbetét minőségellenőrzése ... 185
4.2.1.3. Üzemeltetés savas vagy bázikus salakkal ... 186
4.2.1.4. A hidegszeles kupolókemence aknamagasságának növelése ... 187
4.2.1.5. Második fúvókasor felszerelése a hidegszeles kupolókemencére ... 188

4.2.1.6. A fúvószél oxigén-dúsítása ... 190
4.2.1.7. A forrószeles kupolókemencék fúvószelének túlhevítése ... 192
4.2.1.8. A fúvószél-leállítás periódusainak minimalizálása ... 193
4.2.1.9. Koksz nélküli kupolókemence ... 194
4.2.1.10. Gáztüzelésű, kokszos kupolókemence ... 198
4.2.2. Villamos ívkemence ... 200
4.2.2.1. Az olvasztási és kezelési idő rövidítése ... 200
4.2.2.2. A habsalakos gyakorlat ... 201
4.2.3. Indukciós kemence ... 202
4.2.3.1. Folyamat-optimalizálás: a betétanyagok és az adagolási művelet optimalizálása ... 202
4.2.3.2. Áttérés hálózati frekvenciásról középfrekvenciás kemencékre ... 204
4.2.4. Forgódobos kemence ... 205
4.2.4.1. A termikus hatásfok növelése ... 205
4.2.4.2. Oxiégő használata ... 206
4.2.5. Kupoló választása indukciós vagy forgódobos kemencével szemben az öntöttvas olvasztásához ……..207
4.2.6. Lángkemence ... 211
4.2.6.1. Oxiégő használata ... 211
4.2.7. Egyéb kemence-típusok ... 211
4.2.7.1. Alternatívák az SO_2 használatára védőgázként a Mg olvasztásánál ... 211
4.2.8. A színes- és könnyűfémek kezelése ... 214
4.2.8.1. Az alumínium gáztalanítása és finomítása forgólapátos állomás használatával ... 214
4.3. Forma- és magkészítés, beleértve a homok-előkészítést is ... 215
4.3.1. A forma típusának kiválasztása ... 215
4.3.2. Formázás agyagkötésű (bentonitos) homokkal (nyers formázás) ... 217
4.3.2.1. Agyagkötésű homok előkészítése vákuumos keveréssel és hűtéssel ... 217
4.3.3. Formázás és magkészítés vegyi kötésű homokkal ... 219
4.3.3.1. A kötőanyag- és gyantafelhasználás minimalizálása ... 219
4.3.3.2. A formázó- és maghomok veszteségek minimalizálása ... 222
4.3.3.3. Legjobb gyakorlat hidegen kötő eljárásokhoz ... 222
4.3.3.4. A legjobb gyakorlat gázzal kikeményítő eljárásokhoz ... 223
4.3.3.5. Az alkohol alapú bevonatok helyettesítése víz alapú bevonatokkal ... 224
4.3.3.6. A víz-alapú bevonatok mikrohullámos szárítása ... 227
4.3.3.7. Nem aromás oldószerek használata a cold-box magkészítésben ... 229
4.3.4. Alternatív formázó és magkészítő módszerek ... 232
4.3.4.1. Elvesző habmintás öntés ... 232
4.3.4.2. Keramikus héjformázás ... 234
4.3.5. Az állandó formák (kokillák) és nyomásos öntőszerszámok előkészítése ... 235
4.3.5.1. A leválasztó anyag- és a vízfogyasztás minimalizálása ... 235
4.3.5.2. Leválasztószer alkalmazása zárt formákhoz ... 236
4.4. A fém öntése ... 237
4.4.1. A fémkihozatal javítása ... 237
4.5. A füst, a torokgáz és az elszívott levegő felfogása és kezelése ... 239
4.5.1. Általános elvek ... 239
4.5.1.1. A diffúz kibocsátások csökkentése ... 241
4.5.1.2. Gyűjtőkémények használata ... 242
4.5.1.3. Kibocsátást csökkentő technikák ... 243
4.5.1.4. Dioxin-képződés megelőzése és csökkentése ... 247
4.5.1.5. Bűzcsökkentés ... 250
4.5.2. Kupolókemence ... 251
4.5.2.1. Gázfelfogás, tisztítás és hűtés ... 251
4.5.2.2. Utánégetés a forrószeles kupolókemence elégető kamrájában ... 255
4.5.2.3. Utánégetés a kupolókemence aknájában ... 259
4.5.3. A villamos ívkemence ... 262
4.5.3.1. A füstgázok összegyűjtése ... 262
4.5.3.2. A füstgáz tisztítása ... 265
4.5.4. Indukciós kemence ... 266
4.5.4.1. Füstgázfelfogás ... 266
4.5.4.2. Az elszívott füstgáz tisztítása ... 268
4.5.5. Forgódobos kemence ... 270

4.5.5.1. Füstgáz összegyűjtése és tisztítása 270
4.5.6. Tégelyes-, láng- és sugárzó boltozatos kemencék 271
4.5.6.1. A látható és diffúz kibocsátások megakadályozása az olvasztás és fémkezelés közben 271
4.5.7. Fémkezelés 273
4.5.7.1. AOD (argon-oxigén-dekarbonizáló) konverter: füstgázfelfogás és kezelés 273
4.5.7.2. Füstgáz felfogása és portalanítása gömbalakú grafit előállítása során 273
4.5.8. Forma és magkészítés 275
4.5.8.1. A por felfogása a nyershomok előkészítésnél (homokmű), és az elszívott levegő portalanítása ……. 275
4.5.8.2. Porfelfogás és porleválasztás a nyersformázó műhely munkateréből 277
4.5.8.3. Az elszívott levegő felfogása a magkészítésnél — Általános megfontolások 277
4.5.8.4. Cold-box: az amin-gőzök felfogása és az elszívott levegő kezelése 277
4.5.8.5. A VOC-ok felfogása és eltávolítása 279
4.5.8.6. Az elszívott gáz tisztítása biofilter használatával 280
4.5.8.7. Állandó formákban (kokillában) történő öntés: a leválasztó anyag kibocsátásainak felfogása 282
4.5.9. Öntés/hűtés/ürítés 283
4.5.9.1. Bevezetés 283
4.5.9.2. A formázó és öntősorok burkolása 284
4.5.9.3. Az elszívott levegő felfogása és kezelése az ürítésnél 284
4.5.9.4. A távozó gáz tisztítása biofilter használatával 286
4.5.10. Öntvénytisztítás, kikészítés/öntés utáni műveletek 287
4.5.10.1. Az öntvénytisztítás és kikészítés távozó gázainak felfogása 287
4.5.10.2. Az elszívott levegő tisztításának technikái 288
4.5.11. A hőkezelés hulladékgázainak felfogása és tisztítása 290
4.5.11.1. Tiszta tüzelőanyagok használata az égőkkel fűtött hőkezelő kemencékben 290
4.5.11.2. Edzőfürdők 291
4.6. A szennyvízképződés megelőzése és a szennyvíz kezelése 292
4.6.1. Intézkedések a szennyvízképződés megelőzésére 292
4.6.2. A mosóvíz és egyéb szennyvizek kezelése 293
4.6.3. Példaüzem szennyvízképződés megelőzésére és csökkentésére 295
4.6.4. Olajfogók 299
4.6.5. Az aminok visszanyerése a mosóvízből 300
4.6.6. Glikolok csökkentése a nyomásos öntés szennyvízáramaiban 301
4.7. Energiahatékonyság 302
4.7.1. Bevezetés 302
4.7.2. Indukciós kemence: hulladékhő hasznosítás 303
4.7.3. Kupolókemence: hulladékhő-hasznosítás 305
4.7.4. Az energiaveszteségek csökkentése; az üstök előmelegítési gyakorlatának javítása 307
4.8. Homok: regenerálás, visszaforgatás, újrahasználat és ártalmatlanítás 308
4.8.1. Bevezetés 308
4.8.2. A nyershomok regenerálása optimalizált körülmények között (elsődleges regenerálás) 313
4.8.3. A hidegen szilárduló homok egyszerű mechanikus regenerálása 315
4.8.4. Őrlőkerekes, hideg mechanikus regenerálás 316
4.8.5 Hideg, mechanikus regenerálás ütközéses dob használatával 320
4.8.6 Hideg regenerálás pneumatikus rendszer használatával 321
4.8.7 Termikus regenerálás 324
4.8.8. Kevert, szerves-bentonitos homokok kombinált (mechanikus-termikus-mechanikus) regenerálása 327
4.8.9. Nedves homokregenerálás 330
4.8.10. A vízüveges homok regenerálása pneumatikus rendszerek használatával 332
4.8.11. A kezeletlen maghomok belső újrafelhasználása 335
4.8.12. A nyershomok körforgalomból származó por újrafelhasználása a formázásban 335
4.8.13. A homok-körforgalomból és a regenerálási folyamatokból származó használt és méret alatti homok külső újrafelhasználása 336
4.9. Por és szilárd hulladékok: kezelés és újrafelhasználás 338
4.9.1. Bevezetés 338
4.9.2. Előkezelés a szilárd hulladékok külső újrafelhasználásához 339
4.9.3. A salakképződés minimalizálása 341
4.9.4. Kupolókemence 342
4.9.4.1. A kokszdara összegyűjtése és visszaforgatása 342

4.9.4.2. A szűrőkben összegyűjtött por visszaforgatása a kupolókemencébe 342
4.9.5. Villamos ívkemencék 347
4.9.5.1. A villamos ívkemence szűrt porának és zagyának visszaforgatása 347
4.9.5.2. Alumíniumsalakok és maradékok visszaforgatása 348
4.10. Zajcsökkentés 349
4.11. Üzemleállítás 350

5. Az elérhető legjobb technikák (BAT) az öntödéknél 352
5.1. Általános BAT az öntőipar számára 353
5.2. A vasalapú fémek olvasztása 355
5.3. Az egyéb fémek olvasztása 358
5.4. Öntés elvesző formában 360
5.6. Öntés állandó formában (kokillában) 362

6. Környezetvédelmi vezetési rendszerek 364

7. Kibocsátási határértékek 368

I. melléklet A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése 370

II. melléklet A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szintek 377

III. melléklet Felhasznált irodalom 379

1. ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

1.1. Bevezetés

Az Integrált Szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló, 96/61/EK tanácsi irányelvet (IPPC[1] direktíva) 1999. október 30-ig kellett az Európai Unió tagállamainak nemzeti jogrendjükbe átültetniük.

A magyarországi EU jogharmonizációnak és az EU követelményeknek megfelelően az IPPC Irányelv a környezetvédelem általános szabályairól szóló, 1995. évi LIII. törvény (Kvt.) módosítása és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályait lefektető 193/2001. (X.19.) Korm.rendelet megalkotása révén épült be a magyar jogrendszerbe; majd 2006. január 1-től a környezeti hatásvizsgálati eljárásról szóló 20/2001. (II.14.) és a 193/2001. (X.19.) Korm.rendeleteket felváltotta a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról. 2007. október 31-ig minden üzemeltetőnek (engedélyesnek) maradéktalanul teljesítenie kell az egységes környezethasználati engedélyben előírtakat.

Az IPPC Irányelv kiemelkedő jelentőségű környezetvédelmi irányelv. Célja, a környezetre jelentős hatással bíró tevékenységek olyan egységes engedélyezési rendszerének megteremtése, melynek eredményeként a szennyezés megelőzhető, és amennyiben ez nem lehetséges, a lehető legkisebb mértékűre csökkenthető a környezet egészének védelme céljából.

Az IPPC új, alapvető követelménye az Elérhető Legjobb Technika (BAT: Best Available Techniques) bevezetése és alkalmazása. A BAT pontos meghatározása a Kvt. 4.§. 28) bekezdésben található.

A BAT összefoglalva a következőket jelenti: mindazon technikák, beleértve a technológiát, a tervezést, karbantartást, üzemeltetést és felszámolást, amelyek elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett gyakorlatban alkalmazhatóak, és a leghatékonyabbak a környezet egészének magas szintű védelme szempontjából.

Fontos megjegyezni, hogy egy adott létesítmény esetében a BAT nem szükségszerűen az alkalmazható legkorszerűbb, hanem gazdaságossági szempontból legésszerűbb, de ugyanakkor a környezet védelmét megfelelő szinten biztosító technikákat/technológiákat jelenti. A meghatározás figyelembe veszi, hogy a környezet védelme érdekében tett intézkedések költségei ne legyenek irreálisan magasak. Ennek megfelelően a BAT ugyanazon ágazat létesítményeire például javasolhat többféle technikát a szennyező-anyag kibocsátás mérséklésére, amely ugyanakkor az adott berendezés esetében az elérhető legjobb technológia. Amennyiben azonban a BAT alkalmazása nem elégséges a környezetvédelmi célállapot és a szennyezettségi határértékek betartásához, és emiatt a nemzeti vagy a nemzetközi környezetvédelmi előírások sérülnének, a BAT-nál szigorúbb intézkedések is megkövetelhetőek.

[1] Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC: integrált szennyezés-megelőzés és csökkentés

A hatóság egy konkrét technológia alkalmazását nem írhatja elő, a környezethasználónak kell (az engedélykérelmi dokumentációban) bemutatnia és igazolnia, hogy az általa alkalmazott technika, technológia hogyan viszonyul a BAT követelményekhez.
A 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet 9. melléklete tartalmazza azokat a feltételeket, melyek alapján az engedélyező hatóság és az engedélyes (a környezethasználó) egyaránt meg tudják határozni, hogy mi tekinthető BAT-nak.
Annak érdekében, hogy az engedélyt igénylők és az engedélyező hatóság számára a BAT meghatározását megkönnyítsék, a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium iparági útmutatók kiadása mellett döntött.

Ezek az útmutatók a BAT meghatározásához adnak olyan információkat, melyek egyaránt segítséget nyújtanak az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatásához, valamint az engedélyben meghatározott követelmények megfogalmazásához.

Az útmutató célja egyben az is, hogy szakmai segítséget nyújtson az engedélyt kérelmezők részére az engedélykérelmi dokumentáció összeállításában, valamint az engedélyező hatóság munkatársai részére az engedélykérelem elbírálásához.

Az útmutató adatokat közöl az adott ágazat jelentőségéről, jellemzőiről és (adott esetben) főbb gazdasági jelzőszámairól. Bemutatja a Magyarországon alkalmazott és az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban (BREF) közölt technológiákat és az ágazatban alkalmazott folyamatokat jellemző, főbb szennyező forrásokat és szennyező komponenseket. A BAT színvonal eléréséhez szükséges követelményeket fogalmaz meg a technológia egyes szakaszaira, és javaslatokat tesz az előírásoknak való megfelelés érdekében szükséges intézkedésekre. Az útmutató információt nyújt a környezetvédelmi vezetési rendszerekkel kapcsolatban és egyes szakterületi jogszabályi előírásokról is, melyek meghatározzák a (betartandó) kibocsátási határértékeket, amelyek egyben az egységes környezethasználati engedély megszerzéséhez elengedhetetlen minimum környezetvédelmi követelmények.

1.2. A BAT alkalmazása új és meglévő üzemek esetén

Új üzemek esetén, a BAT meghatározásakor, az ebben az útmutatóban ismertetett technológiák/technikák figyelembe vételével kell a legmegfelelőbbet kiválasztani vagy az itt leírtaknál korszerűbbet, ha ilyen az útmutató megjelenése után rendelkezésre áll. A korszerű technológiákkal kapcsolatban további információk kaphatók az Európai IPPC Irodától, (http://eippcb.jrc.es) valamint a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium honlapján (http://www.ippc.hu).

Meglévő létesítmények esetén, a BAT meghatározásakor, nagy számú tényezőt kell figyelembe venni annak eldöntéséhez, hogy melyik az a leghatékonyabb technológia, amelyik a környezet védelme szempontjából a legmegfelelőbb. A cél olyan engedélyezési feltételek meghatározása, melyek a lehető legjobban megközelítik egy új üzem létesítésekor alkalmazott előírásokat, figyelembe véve ugyanakkor a költséghatékonyságot és a megvalósíthatóságot is.

Amikor a BAT előírások alkalmazhatósága új vagy meglévő létesítmény esetében meghatározásra kerül, indokolt esetben lehetőség van az ettől való eltérésre (megj. A jogszabályokban rögzített kibocsátási határértékeknél kevésbé szigorúbbakat a hatóság nem állapíthat meg). A legalkalmasabb technológia függ a helyi sajátosságoktól, ezért a lehetséges

műszaki megoldások költség-haszon viszonyainak elemzése lehet szükséges a legjobb megoldás kiválasztásához.

A BAT-tól való eltérést indokolhatják a szóban forgó létesítmény műszaki jellemzői, földrajzi elhelyezkedése vagy a helyi környezeti feltételek, de nem indokolhatja a vállalati jövedelmezőség.

A költségek csak a következő esetekben vehetők helyi szinten számításba:
- egy fejlesztés BAT költség/haszon egyensúlya csak akkor válik pozitívvá, ha az üzem érintett része megérett az átépítésre/rekonstrukcióra. Ezek azok az esetek, amikor az adott szektorban a BAT-ot a helyi beruházási ciklussal összhangban lehet meghatározni;
- abban az esetben, ha számos költségigényes fejlesztésre van szükség, egy fázisokra osztott program/fejlesztési terv is elfogadható, mindaddig, amíg végrehajtása nem igényel olyan hosszú időt, ami egy alacsony színvonalú, korszerűtlenné váló technológia támogatásának tűnhet.

Az előírásokat új és meglévő üzemekre egyaránt alkalmazni kell. Az új üzemeknek már a működés megkezdése előtt, teljesen meg kell felelniük a BAT követelményeknek. Meglévő létesítmények esetén az üzemmenet felülvizsgálata alapján meghatározhatók a szükséges fejlesztések. Ilyen körülmények között a korszerűsítés időtávja is, mint engedélyezési feltétel, meghatározásra kerül.

Meglévő létesítmények esetén, melyek a BAT vagy a hatályos kibocsátási határértékek követelményeihez igen közeli feltételek mellett működnek, a kevésbé szigorú feltételek is elfogadhatók. Ilyenkor aránytalanul magas költséget jelentene a régi technológia újra cserélése, a szennyezőanyag kibocsátás kismértékű csökkenése mellett. Ekkor az engedélykérőnek kell olyan javaslatot tennie a fejlesztések ütemezésére, mellyel a létesítmény a lehető legközelebb kerül a BAT előírásaihoz, és ami az engedélyező hatóság által is elfogadható.

1.3. Az engedély megszerzésére vonatkozó határidők

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás engedélyező hatósága a területileg illetékes Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség.

A 314/2005. (XII.25.) Korm.rendeletnek megfelelően a határidők és előírások, melyeket az egységes környezethasználati (IPPC) engedély megszerzésére kötelezett vállatoknak be kell tartaniuk, a következők:

1.) A Kormányrendelet hatályba lépésétől új beruházás nem létesíthető egységes környezethasználati engedély nélkül. Amennyiben az adott tevékenységre környezetvédelmi hatástanulmány is készítendő, az engedélyező hatóság az előzetes vizsgálati szakaszban dönt arról, hogy az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás összevonható vagy összekapcsolható-e a környezeti hatásvizsgálati eljárással.

2.) Már meglévő létesítmények esetén az egységes környezethasználati engedély csak a Kormányrendelet 19. paragrafusában meghatározott környezetvédelmi felülvizsgálat után adható ki.

Az 1999. október 30-a előtt megkezdett tevékenységeknek legkésőbb —amennyiben egyéb jogszabály korábbi határidőt nem állapít meg— 2007. október 31-ig kell megfelelniük az egységes környezethasználati engedély követelményeinek.

A 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet bizonyos esetekben előírja az engedélyek felülvizsgálatát. Az engedélyező hatóság köteles az engedélyben rögzített feltételeket legalább 5 évente felülvizsgálni, valamint akkor is, ha:

- a kibocsátások mennyiségi vagy minőségi változása miatt új kibocsátási határértékek megállapítása szükséges, vagy az egységes környezethasználati engedélyhez képest jelentős változás történt, vagy a környezethasználó –tevékenységében – jelentős változtatást kíván végrehajtani;
- az elérhető legjobb technikában bekövetkezett jelentős változás következtében új kibocsátási határértékek, követelmények előírása szükséges;
- a működtetés biztonsága új technika alkalmazását igényli;
- ha a létesítmény olyan jelentős környezetterhelést okoz, hogy az a korábbi engedélyben rögzített határértékek felülvizsgálatát indokolja.

1.4. Az engedélykérelem

Az egységes környezethasználati engedély iránti kérelem tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet 8. melléklete tartalmazza. A kérelmezőnek adatokat kell adnia a telephelyéről, valamint a tevékenységéről, a javasolt fejlesztésekről, az ott folyó tevékenység irányításának és ellenőrzésének módszeréről, valamint a környezetre gyakorolt hatásokról.
A felsorolt adatok, valamint a környezeti hatások modellezése (kivéve, ha ez már a hatástanulmányban megfelelően bemutatásra került) és a BAT-nak való megfelelés bemutatása, illetve a BAT követelményeitől való eltérés indoklása az engedélykérelem technikai részének alapját képezik.

1.5. Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmények

A 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet definiálja a létesítmény fogalmát, az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységek listáját pedig a 2. sz. melléklet tartalmazza.

Az egyes tevékenységekhez megadott (termelési) küszöbértékek általában a termelési vagy a kibocsátási kapacitásokra vonatkoznak. Amennyiben egy üzemeltető több, azonos jellegű tevékenységet végez azonos létesítményben vagy azonos telephelyen, akkor ezen tevékenységek kapacitásának összegét kell figyelembe venni a küszöbértékkel történő összehasonlításnál.

Jelen műszaki útmutató tárgyát képező tevékenységet a Korm.rendelet 2. sz. mellékletének 2. pont 4. bekezdése tartalmazza:

„Vasöntödék 20 tonna/nap feletti termelési kapacitással”

Az IPPC engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmény funkciói magukban foglalják a fentiekben meghatározott fő tevékenységeket, valamint az ezekhez kapcsolódó egyéb tevékenységeket is. Ez utóbbiak műszaki szempontból kapcsolódnak a fő tevékenységekhez és hatással lehetnek a létesítmény szennyezőanyag kibocsátására.

Mindazonáltal a környezetre kifejtett hatások széleskörűbbek lehetnek, mint az adott telephelyen folytatott tevékenység hatásai. Az Útmutató és a Korm.rendelet egyaránt feladatokat fogalmaznak meg a létesítményen kívüli tevékenységekre is, mint pl. a hulladékok elhelyezésére, szennyvízkezelésre.

1.6. Az ágazat főbb környezeti hatásai

Az öntőipar nagy szerepet játszik a fémhulladékok visszaforgatásában. Az acél-, öntöttvas és alumíniumhulladékot újra be lehet olvasztani új termékek gyártásához. Az öntödék lehetséges negatív környezeti hatása a termikus folyamatok jelenlétéből és az ásványi adalékok használatából ered. Az öntödei folyamatok környezeti hatása főleg a távozó gázok és füstgázok kibocsátására és az ásványi maradékanyagok újbóli felhasználására vagy lerakására vonatkozik.

1.6.1. Levegő

A káros kibocsátások a fémek olvasztásából és kezeléséből általában kapcsolatosak az adalékok és tüzelőanyagok használatával, valamint a betétanyagok szennyezőivel. A koksz tüzelőanyagként való használata, vagy az olvasztótégelyek gáz- vagy olajégőkkel való fűtése égéstermék kibocsátást okozhat. Az adalékok alkalmazása a fémkezelő eljárásokban szintén reakciótermékeket képez. A szennyezők (pl. olaj, festék) jelenléte az újraolvasztásnál használt hulladékokban potenciálisan oka lehet tökéletlenül elégett vagy újra egyesült termékek és por képződésének. Minden képződött por tartalmazhat fémeket és fémoxidokat is. Az elemek elpárolgása nagy gőznyomással megy végbe az olvasztás közben, és kis fémrészecskék szökhetnek meg velük a fürdőből. Fémrészecskék képződnek a köszörülési és kikészítési műveletek során is.
A formázásnál és magkészítésnél különböző adalékokat használnak a homokkötéshez. A homok kötése és a fém öntése közben reakció- és bomlástermékek keletkeznek. Ezek lehetnek szervetlen és szerves termékek. A bomlástermékek képződése tovább folytatódik az öntés, ürítés és formából való kivétel közben is.
Por- és részecske-kibocsátás általános az öntödei folyamat minden stádiumában, és minden használt eljárásban. Por képződik a homokformák és homokmagok készítésénél és feldolgozásánál, valamint az öntvények tisztításánál, kikészítésénél (mind az elvesző, mind az állandó formák esetében).
Az öntödei folyamatban a kibocsátások nincsenek egy (vagy több) fix pontra korlátozva. A folyamat magában foglal különböző kibocsátási forrásokat (pl. forró öntvényeket, homokot, forró fémet). Az kibocsátás csökkentésében kulcs tényező nemcsak a távozó gázok kezelése, hanem azok felfogása is.

1.6.2. Hulladékok

A homokformázás nagytömegű homok felhasználásával jár, 1:1-től 20:1-ig terjedő homok: folyékony fém tömegaránnyal. A formázási folyamat végén a használt homok regenerálható, újra felhasználható vagy deponálható. További ásványi hulladékok, mint salak és üst- ill. tégelykaparék képződnek az olvasztásnál és a szennyezők eltávolításánál az olvadékból. Ezeket is figyelembe kell venni hasznosítás vagy deponálás szempontjából.

1.6.3. Energia

Mivel az öntödék termikus folyamattal működnek, az energiahatékonyság és a keletkező hővel való gazdálkodás fontos környezeti szempont. Azonban a szállítás nagy mértéke és a hőhordozó (vagyis a fém) kezelése miatt, és annak lassú hűlése miatt a hővisszanyerés nem mindig egyszerű.

1.6.4. Víz

A legtöbb öntödében a vízgazdálkodás a víz belső körforgalmára vonatkozik, de a víz nagyobb része még elpárolog. A vizet általában a villamos kemencék (indukciós vagy ív) és kupolókemencék hűtőrendszerében használják. Általában a kimenő szennyvízáram ezért nagyon kicsi. A nyomásos öntésnél olyan szennyvízáram keletkezik, mely kezelést igényel a szerves vegyületek (fenol, olaj) eltávolítására, kibocsátás előtt.

1.6.5. Zaj

Az öntöde elhelyezésétől és méreteitől függően jelentős zavaró tényező lehet.

1.7. Az ágazat helyzetének bemutatása

1.7.1. Bevezetés

A mai, modern társadalmakban a fogyasztókhoz kerülő készülékek, berendezések több mint 90, a gépek közel 100%-a tartalmaz öntvényeket. Az öntödék éles, feszült versenyhelyzetben szállítják felhasználóiknak termékeiket. Ez a versengés nem kizárólag az ágazaton belül érvényesül: nap, mint nap meg kell küzdeni a hegesztett acélszerkezeteket, kovácsolt és műanyag termékeket gyártók ajánlataival.
Az új ötvözött alumínium- és magnézium-öntvények piaca az, ahol kis tömegük, nagy szilárdsági értékeik és legfőképpen újrahasznosíthatóságuk következtében a műanyag alkatrészeket alsóbbrendű felhasználási területekre szorították vissza. És ekkor a környezetvédelem szempontjairól még nem is tettünk említést: az elhasználódott gépekben, berendezésekben lévő öntvényeket akár 100%-ban is felhasználhatjuk az új öntvények gyártása során.

A világon ma egyre több öntvényt gyártanak. Ha kovácsolt, hengerelt és/vagy forgácsolt termékekből hegesztünk össze szerkezeteket, több mint valószínű, hogy drágább, nehezebb a végeredményként létrejött alkatrész, mint a célnak megfelelő öntvény. Ugyanez a helyzet a kovácsdaraboknál: a szerszám ára, az esetleges —az első darabok gyártása után szükséges— módosítások nehézkes keresztülvihetősége a gyártást versenyképtelenné teszi. Vannak természetesen területek, ahol öntvényekkel kovácsdarabok nem válthatók ki.

Folyamatosan növekszik a hagyományos vas- és acélöntvényekkel szemben a kedvező tulajdonságú gömbgrafitos vasöntvények, alumíniumöntvények gyártása. Meg kell említsük a napjainkban kifejlesztett ADI (ausztemperált gömbgrafitos vasöntvény) és magnéziumöntvényeket is. A viaszmintás precíziós öntvények előállítása is növekvő tendenciát mutat.

Egy gazdaság fejlődését jól tükrözi az öntvénygyártás egy főre jutó hányada. Csökken a lemezgrafitos vas-, a temper- és a hagyományos acélöntvények jelentősége. Ezzel szemben a gyártott öntvények összes mennyisége folyamatosan nő, ami lényegében az alumíniumöntvények gyártásában jelentkező rohamos fejlődésnek köszönhető: a ma 10-15 éves korú személygépkocsikban fellelhető átlag kb. 160 kg vasöntvénnyel szemben a 2005-ben gyártott autókéban már csupán 95 kg körüli mennyiséget találunk, bár a fémek részaránya a gépjárművekben nem csökkent. És ez a tendencia folyamatosan érvényesül napjainkban is.

Az öntvénygyártás fejlődését a nagy öntvényfelhasználó ágazatok gerjesztik. A fontossági sorrendet a járműipar vezeti: a vasalapú öntvények 45%-át, az alumínium öntvények 70%-át a járműipar használja fel. Meg kell ehelyütt is említenünk az alumínium egyre inkább érvényesülő elsőségét: a Németországban gyártott autókban az öntvények egymás közötti aránya 20-ról 60%-ra növekedett az alumínium javára. A legújabb „három küllő egy körben” generáció motorjai a néhány évvel ezelőttiekkel szemben 25%-al könnyebbek, 15%-al kisebb az üzemanyag fogyasztásuk, 30%-kal kevesebb káros anyagot bocsátanak ki, 20%-kal rövidebb időn belül kerültek a tervezőasztalról az autókba, és összességében 45%-kal olcsóbbak. Az eredményekben az öntvények meghatározó szerepet játszottak, illetve játszanak.

1.7.2. Magyarországi helyzetkép

1.7.2.1. A magyarországi öntvénytermelés alakulása

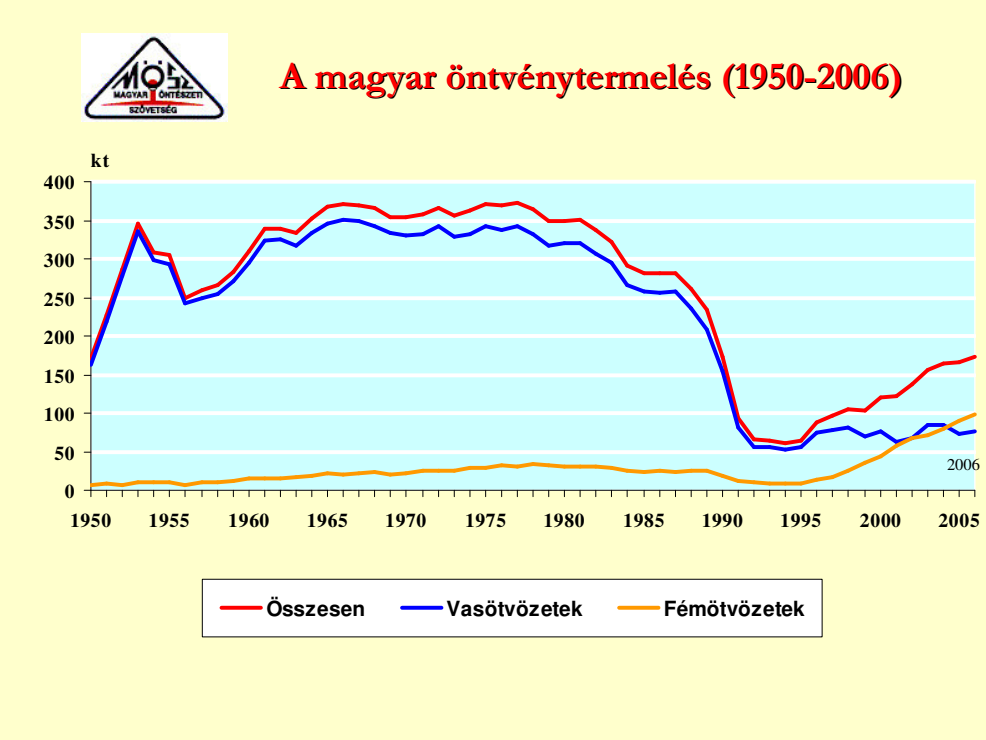
A Kárpát-medencét elfoglaló magyarság már ismerte a fémek megmunkálásának számos módját: gyártottak nagy mennyiségben nyílhegyeket, bronz gyertyatartókat, vízöntő edényeket, majd feszületeket, később harangokat is öntöttek.

A hazai vasöntvény gyártás kezdetei a XVI. századra nyúlnak vissza. Elterjedése együtt járt a nagyolvasztók —a kohók— számának növekedésével. Vasból először sírtáblákat, szobrokat, tűzhelylapokat, edényeket, ágyúgolyókat öntöttek. Az 1700-as évek végétől már iparszerű vasöntvény gyártásról beszélhetünk, a századforduló idején évi kb. 25 000 tonna vasöntvény készült, mondhatni általánosan használt anyagként, az élet minden használati eszközének gyártására. A XIX. század második negyedében megjelentek a vasművektől független öntödék, így Ganz Ábrahám svájci születésű öntőmester 1845-ben alapította saját öntödéjét Budán. Ma az épület az Öntödei Múzeumnak ad otthont.

Acélöntvényt is először a vasművekben gyártottak. Az első nagyüzemi acélöntöde az 1884-ben létesült diósgyőri, ezt követte Weiss Manfred acélöntödéje Csepelen, majd 1914-ben a győri Magyar Vagon- és Gépgyár acélöntödéje.
Magyarország 1800 és 1938 közötti összes vas- és acélöntvény termelés 1898-ban 67,3 kt vas- és 11,4 kt acélöntvény, 1906-ban 83,9 kt vas- és 18 kt acélöntvény volt.

Alumínium öntéséről 1912 óta állnak rendelkezésre adatok. Ahogy bővült a villamos közlekedés, a motor- és repülőgépgyártás, úgy nőtt az alumíniumöntvény termelés is. A II. világháborút megelőző években 6-8 nagyobb alumínium öntödét tartottak hazánkban számon.

A II. világháború pusztításait gyorsan helyreállították, hiszen az ország újjáépítéséhez, a jóvátétel teljesítéséhez gépekre, berendezésekre, járművekre volt szükség. Az államosítás egyik öntödét sem kerülte el, középtávú és éves tervekkel beindult a központi tervutasításos rendszer. Néhány öntödét kiemelten fejlesztettek, és zöldmezős, új öntödék létrehozására is sor került (pl. Soroksári Vasöntöde, Orosházi Acélöntöde, Kecskeméti Fürdőkádgyár stb.) de az átlagkép változatlanul elmaradott technológiai állapotot tükrözött. Feladatuk szinte kizárólag a hazai felhasználók igényeinek kielégítése volt, ez évtizedekre meghatározta sorsukat. A KGST megalakulása magával hozta a tagországok közötti szakosodást, viszont, mivel személygépkocsit nem gyárthattunk, nem épültek nagysorozatú gyártást lehetővé tevő korszerű vasöntödék.
Az 50-60-as években még javában a vas és acél országát építettük. Csodálattal ejtettük ki a nagy kohászati cégek vezetőinek, a Kohómérnöki Kar professzoraink nevét. Számtalan, magával ragadó híradást olvashattunk az újságban, láthattunk a TV-ben (sőt akkor még a mozi híradókban is) a nagyszerű eredményekről.
A gépipar növekedése által gerjesztett mennyiségi öntvényigények teljesítése érdekében a 70-es években politikai intézkedéseket hoztak, amelyek eredménye az volt, hogy a mezőgazdaságból felszabaduló munkaerőt termelőszövetkezeti melléküzemágakban, elsősorban alumíniumöntödékben foglalkoztatták, nőtt az ágazat szétaprózottsága, csökkent az amúgy is alacsony műszaki színvonal.
Mint az az 1.1. ábrából is látszik, mára a helyzet alaposan megváltozott. Szerencsére a kohászat szerves részét képező öntőiparral a sajtó ma lényegében nem foglalkozik, talán azért, mert az összképben a 90-es évek eleji mélypont után pozitív tendenciák érvényesültek.



1.1. ábra

A kilencvenes évek társadalmi–gazdasági változásai egyik „eredményeképpen” nyugdíjba vonult vagy más szakterületre távozott (állását vesztette) a más területeken is hasznosítható tudással rendelkező, a kohászati szakterületeken dolgozó szakemberek jelentős része. Mind az elektronikus, mind az írott sajtóban ekkor az ellenszenv határát súroló, válogatás nélküli propaganda jelent meg a kohászat, egyáltalán az anyag- és energiaigényes, környezetterhelő melegüzemi technológiák ellen – reális értékteremtő feladatuktól függetlenül. Nem a megváltoztatásuk, fejlesztésük és javításuk, hanem a megszüntetésük volt ebben az időben állandóan napirenden.
A kialakult általános közvélekedés eredménye képen érthetően felborult az érintett szakterületeken az alap- és középfokú szakképzés addig többé-kevésbé működő rendszere is.

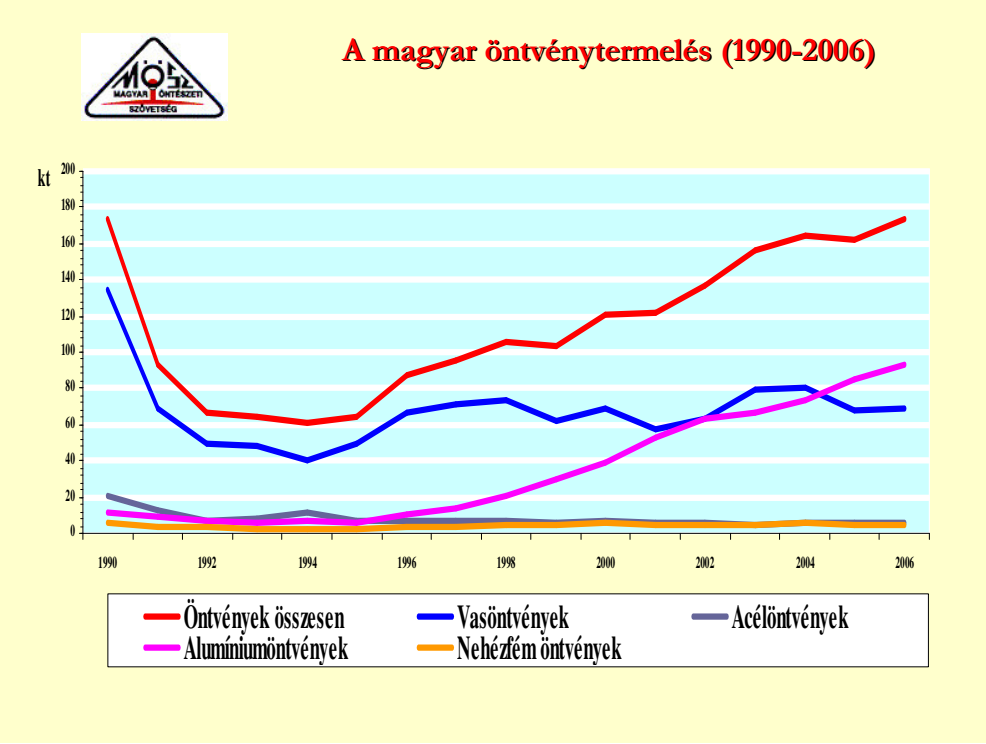
1975-ben 81 vas-, 2 temper-, 13 acél-, 35 precíziós, 130 könnyű- és 30 színesfémöntöde működött. Szükség volt vertikumi öntödék fejlesztésére a saját igények kielégítésére, újak építésére a kiemelt kormányprogramokban szereplő feladatok teljesítésének érdekében. Így létesült a Rába új acélöntödéje Győrött, az olajipar acélöntödéje Orosházán, nyomásos alumínium öntöde épült Ajkán. Rekonstruálták a Csepeli Vas- és Acélöntödét, a Soroksári Vasöntödét. A lakásépítési programhoz kapcsolódva fémszerelvénygyár épült Mosonmagyaróváron és Csornán.

Magyarország összes öntvénytermelése 1977-ben mintegy 373 kt-val érte el csúcspontját. Ettől kezdve öntvénygyártásunkat az előállított mennyiség folyamatos csökkenése jellemzi (lásd 1. ábra). A vaskohászatban nőtt a folyamatos acélöntés részaránya, egyre kevésbé volt szükség acélműi kokillákra, alaplapokra. Az öntöttvas radiátorok mellett megjelentek a lemezradiátorok, a műanyag és lemez fürdőkádak folyamatosan szorították ki a vasöntvényből készülteket. A szerszámgépipar tömegében kevesebb, de korszerűbb vasöntvényeket igényelt, a műszeripar pedig erőteljesen fejlődő alumínium öntvény-felhasználónak bizonyult.

A piaci követelmények változása az öntvénygyártás szerkezetében is változásokat hozott: a Rába például csak gömbgrafitos vasöntvények felhasználásával előállított hátsó hidakat tudott értékesíteni, így az acélöntödét 1987-ben gömbgrafitos vasöntödére alakította át.

A politikai rendszerváltozás következménye többek között a KGST felbomlása volt, ami együtt járt a keleti piacok teljes összeomlásával. A szerszámgépipar nem tudta a nyugati piacokon azt produkálni, amit a keletieken korábban tudott. Az öntvénygyártás így —miután mind Nyugatra, mind Keletre irányuló közvetlen exportja jelentéktelen volt— súlyos válságba került. Amíg 1988-ban a magyar öntödék 202 kt vasöntvényt, közel 34 kt acélöntvényt, 15 kt alumíniumöntvényt, 9,6 kt nehézfém öntvényt gyártottak, addig 1994-ben a termelés az 1988. évinek csupán 23,5%-a volt. A vas- és acélöntödék közül több ezt nem élte túl, a felszámolást nem kerülhették el. Néhány kapacitásának jelentős csökkentésére kényszerült. (1.2. ábra)

Az öntödék magánosítása erre az időszakra tehető. Az öntödék többsége magyar tulajdonban maradt, mivel akkori műszaki színvonaluk, a piacok látványos elvesztése nem vonzotta a befektetőket. A nagyobb és viszonylag korszerű nyomásos alumínium öntödék esetében viszont a fordítottja zajlott le: a jelentősebbek többségi külföldi tulajdonúvá váltak, amit a képzett és olcsó munkaerő mellett az alumíniumöntvények iránt folyamatosan növekvő európai kereslet is indokolt.



1.2. ábra

Megnőtt az öntödék közvetlen exportja, sőt a biztos igénynövekedés több külföldi befektetőt arra ösztönzött, hogy zöldmezős beruházásban új öntödét építsenek.
A magyar öntvénygyártó társaságok (mintegy 175 társaság) számszerinti döntő többsége (88-89%-a) ma magyar magántulajdonban van, persze a legnagyobb 6-8 társaság ma is külföldi tulajdonú, multinacionális cég.
A külföldi és a hazai tulajdonban lévő öntödéknek egyaránt köszönhetően az alumíniumöntvény-gyártás dinamikusan emelkedik. Ha egy ország öntőiparának fejlettségét

az előállított vas/alumínium öntvény mennyiségi arányával jellemezzük, akkor 2003-ban az Európai Unióban az első helyre kerültünk (jelenleg Ausztria megelőz bennünket).
Alumíniumöntvényekre ma szinte korlátlan az igény.
A magyar öntészet termelését 1994-hez képest 12 év alatt éves szinten mintegy 176%-al növelte, 2000-hez képest is mintegy 139%-al. Megítélés kérdése, hogy ez sok vagy kevés. Ez a növekedés akkor következett be, amikor nemcsak a magyar, hanem az európai gazdaság is nehézségekkel küzd, sőt világjelenség a gazdasági növekedés lassulása, illetve a recesszió.

MAGYARORSZÁG ÖNTVÉNYTERMELÉSE (1994-2004)

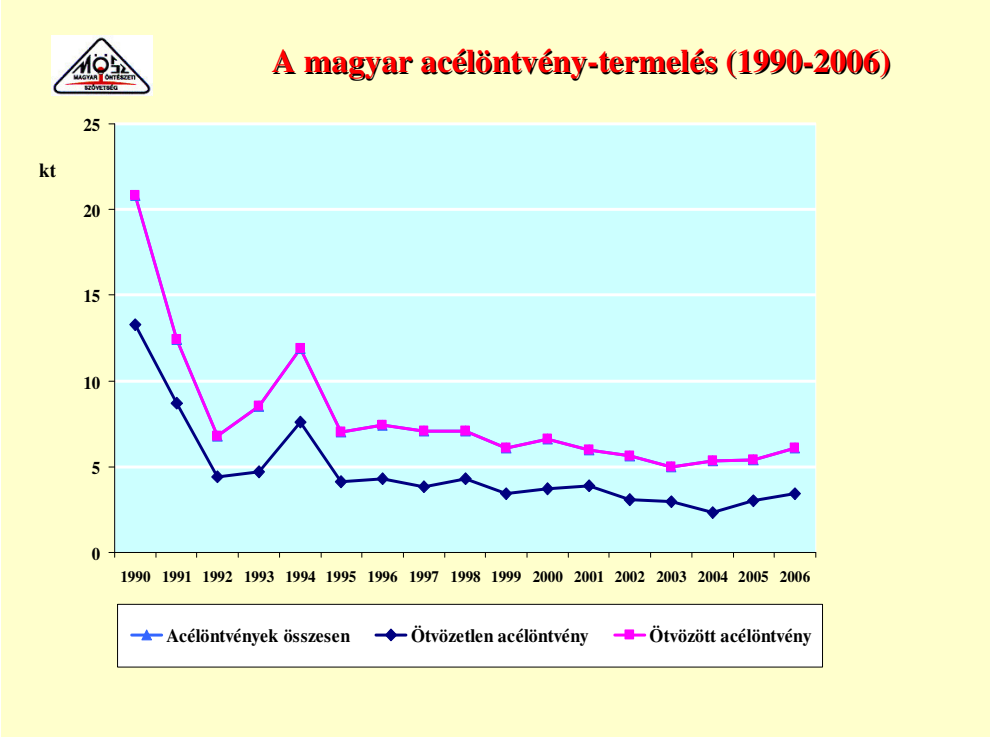
Adatok t-ban

Megnevezés	1994	1995	1996*	1997*	1998*	1999*	2000*	2001*	2002*	2003*	2004*	2005*	2006*
Vas-öntvény összesen	40 506	49 441	66 628	71 080	74 121	62 561	69 308	57 156	62 862	79 596	80 307	67 517	69 460
Acél-öntvény összesen	11 954	7 042	7 305	7 019	7 025	6 095	6 574**	6 054**	5 576**	4 998**	5 246**	5 385	6 033**
Alumínium öntvény összesen	6 772	5 994	10 495	13 811	20 335	30 387	39 135	53 374	63 401	66 823	73 838	85 335	93 630
Nehézfém-öntvény összesen	1 984	2 129	2 931	3 853	4 267	4 585	5 636	5 030	4 919**	4 853**	5 289**	4 236	4 338
ÖSSZES ÖNTVÉNY	61 216	65 170	87 359	95 763	105 748	103 628	120 653	121 614	136 758	156 270	164 680	162 473	173 461

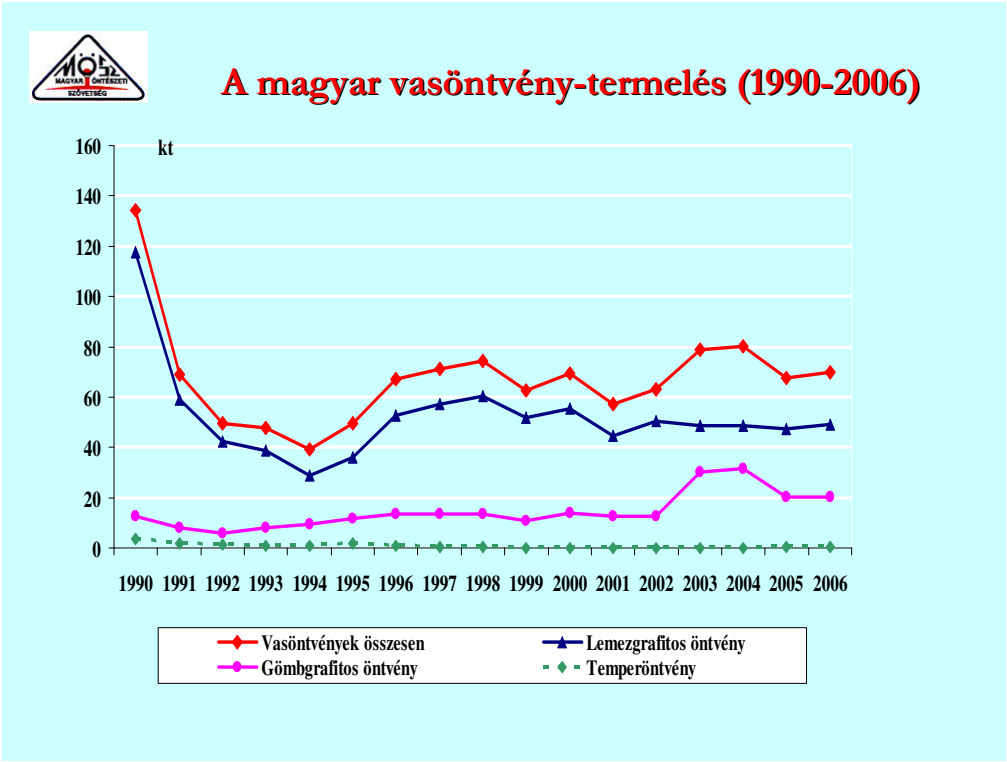
* MÖSZ adatgyűjtés ** precíziós öntvénnyel együtt *** becsült adat

1.1. táblázat

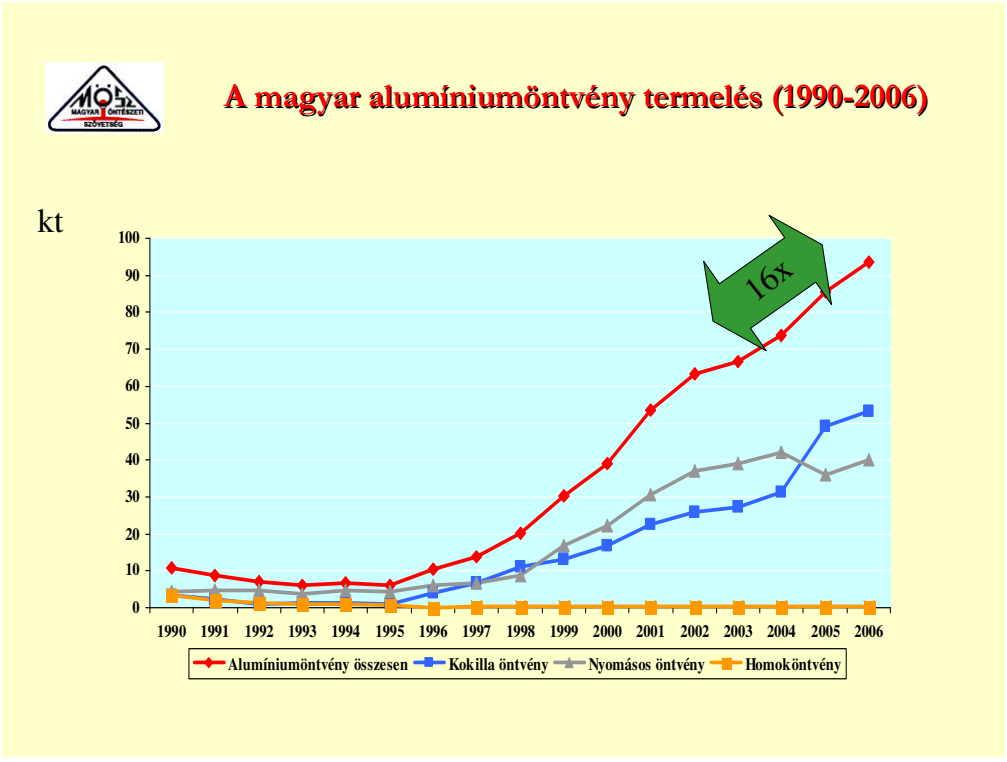
Ezek az értékelések öntvény-fajtánként is láthatók az 1.3.-1.6. ábrákon.



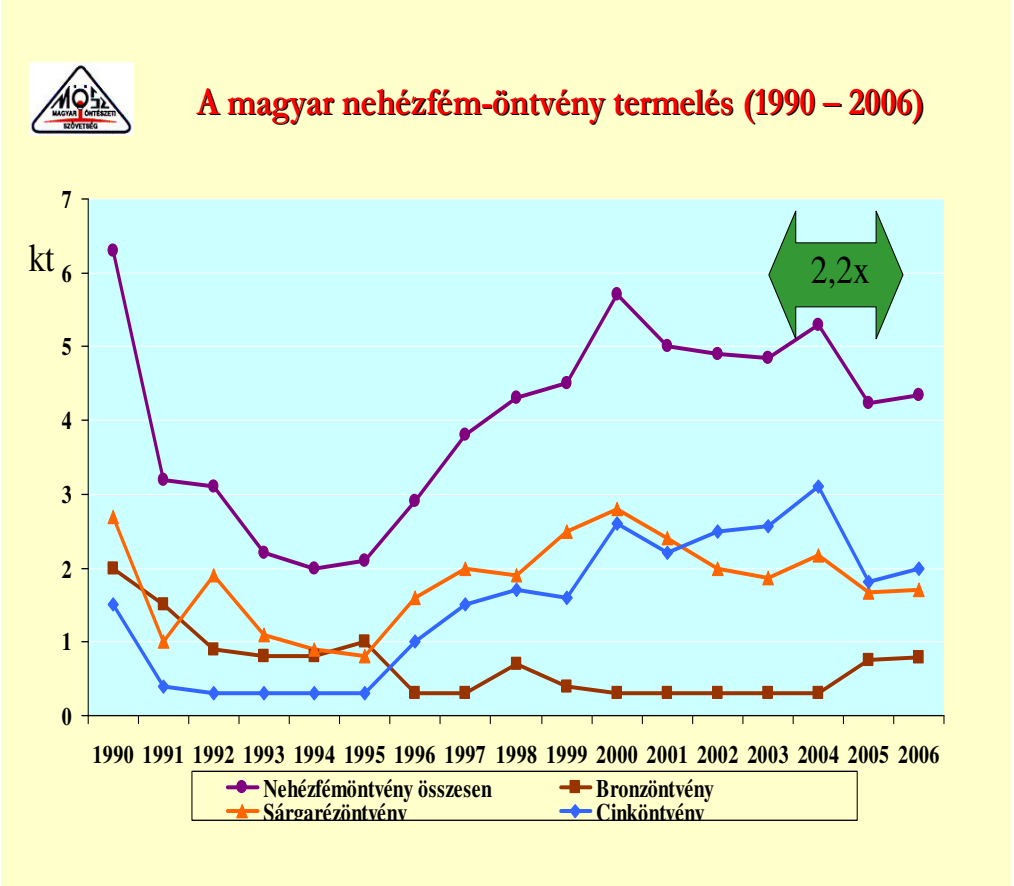
1. 3. ábra



1. 4. ábra



1.5. ábra



1.6. ábra

Ebből a szempontból biztató az eredmény. A legszembetűnőbb változás az elmúlt tizenkét esztendő alatt, hogy míg az acélöntvény-gyártás kevesebb, mint felére csökkent (bár azon belül a precíziós öntvénygyártás némileg növekedett), addig a vasöntvény-gyártás kétszeresére, nehézfém-öntvénygyártás két és félszeresére, az alumíniumöntvény-gyártás mintegy tizenegyszeresére nőtt.

Fentiek mellé kívánkozik az a tény, hogy a magyar tulajdonban levő, hazai vas- és acélöntödék többsége nehéz helyzetben van: tőkeszegények, gép- és eszközparkjuk elavult, amortizálódott, saját erőből igazából nem képesek a holtpontról való elmozdulásra. Az EU csatlakozást követően a szigorodó környezetvédelmi előírások és a növekvő bérterhek miatt hathatós kormányzati támogatás nélkül még nehezebb helyzetbe kerültek. Pedig a piac fellendülni látszik, az utóbbi két-három évben az elmúlt 15 év legjobb termelési és gazdálkodási mutatói mellett folyik egész Európában, így Magyarországon is a termelés. A lehetőségek kihasználásában további akadály a szakképzett munkaerő hiánya is. Ez utóbbinál konkrét állami segítség (állami támogatású szakképző iskolák újraindítása) a közeljövőben nem várható, a probléma megoldását az adózás alakításával, szakmai szervezetek bevonásával tervezi a kormány a vállalkozások saját hatáskörébe terelni.

A magyarországi öntvénygyártás európai és világviszonylatban is egyaránt szerénynek mondható.
A világ öntvénytermelésében elfoglalt helyünk igen szerény, értékelhető számokkal szinte alig kifejezhető.
A 2006. évi eredmények azt mutatták, hogy a felmérésben résztvevők globális öntvénytermelése tonnában 8,4%-al nőtt, miközben 9 ország a legnagyobb termelésű 10 közül

növelte termelését. A felmérésben részt vevő 36 nemzet közül 29 termelésnövekedést mutatott ki.
Az 1.2. táblázatban láthatók a 36 ország teljes 2004. évi termelésének adatai és az adott országokban működő öntödék száma.

1.2. táblázat
A világ öntőiparának termelési adatai a 2004-ben (az adatszolgáltatók rangsora)

	Ország	**Öntödék száma**	**Termelés (tonna)**
1.	Kína	12 000	22 420 452
2.	USA	2 380	12 314 121
3.	Japán	1 708	6 386 449
4.	Oroszország	1 900	6 300 000
5.	Németország	641	4 984 473
6.	India	4 200	4 623 000
7.	Brazília	1 315	2 829 916
8.	Franciaország	521	2 465 617
9.	Olaszország	1 106	2 441 282
10.	Mexikó	1 787	2 185 200
11.	Tajvan	829	1 451 768
12.	Korea	798	1 857 300
13.	Dél-Afrika	256	1 309 249
14.	Nagy Britannia	550	1 273 000
15.	Törökország	888	982 000
16.	Ukrajna	960	974 170
17.	Kanada	150	863 373
18.	Lengyelország	454	804 500
19.	Csehország	186	522 400
20.	Spanyolország	158	444 500
21.	Ausztria	53	325 205
22.	Svédország	145	321 100
23.	Thaiföld	73	235 850
24.	Románia	268	207 023
25.	**Magyarország**	**166**	**164 892**
26.	Szlovénia	53	163 310
27.	Hollandia	21	147 988
28.	Finnország	36	133 325
29.	Belgium	27	124 507
30.	Portugália	80	122 750
31.	Svájc	60	104 077
32.	Dánia	21	95 949
32.	Norvégia	21	86 757
34.	Horvátország	44	56 449
35.	Litvánia	13	18 715
36.	Szlovákia	2	4 800
	Összesen:		**79 745 467**

A magyar öntvénygyártás európai helyzetét érzékelteti az 1.3. táblázat. (ezek a statisztikai adatok 2-3 évente készülnek, a legfrissebb adatok 2008. első félévében várhatók — arányaiban változatlan viszonyítások várhatók).

A magyar öntvénytermelés helyzete Európában, 2004/2003.

	Arány, % (tonna)	Vas- és acélöntvény gyártás növekedése, %	Fémöntvények gyártásának növekedése, %	Réz és ötvözetei öntvénygyártás növekedése, %	Direkt öntvény export, % (tonna)
H	0,8 165 et	**22,8** * *	**4,6**	**- 15,7**	’02/’01. **18,1** ’03/’02. **82,2**
CAEF*	100 14.775 et	**+/- 0** CK: 22,7 CH: -15,0 B: -5,4 A: -3,0 ESP: -3,0	**0,1** A: 6 PL: 27,4 CK: 32 SF: 13,7 N: - 8,1 CH: - 5,7	**+/- 0** CH: 5,1 PT: 9,0 S: 9,0 N: - 15,5 PL: - 21,3	’02/’01 **1,5** ’03/’02. **20,3**

* **CAEF:** A, B, CK, DK, SF, F, D, H, I, LT, NL, N, PL, PT, ESP, CH, S
Magyarország a CAEF tagja 1997. óta.

1.3. táblázat

Magyarország erőssége az öntészetben

Vasalapú öntvények:

- egyedi gyártású és kis- vagy középszériák jelentős élőmunka igénnyel
- bonyolult homok- vagy precíziós öntvények
- gyártás a szerszámgép-ipar, általános gépipar, nehézgépjármű-gyártás számára
- már több hazai vasöntöde lemez- és gömb-grafitos vasöntvényt gyárt nagy szériában az autóipar számára

Fémöntvények:

- a cink és alumíniumöntvények 80-90%-át, a rézöntvények 50%-át exportáljuk
- modern kokilla és nyomásos öntödék a feldolgozóipar minden szegmense számára szállítanak öntvényeket
- az alumíniumöntvény-gyártás 60%-át az autóipar használja fel
- magnézium nyomásos öntvénygyártás kísérleti szinten 2005-2006-ban megindult, de abbamaradt
- még mindig versenyképes bérek és költségszint a nem új EU tagországokhoz képest

Napjaink legnagyobb veszélyei a vasöntészetben

- az alapanyagárak (koksz, nyersvas, töret, művi hulladék) a 2003-2004 években drasztikusan növekedtek, míg a 2005-2007 évek során —bár szerény mértékben, csökkentek — napjainkban stagnálnak
- tartós forráshiány a növekvő fejlesztési-korszerűsítési kényszerekkel szemben
- a környezetkímélés törvényi követelményei rohamosan szigorodnak (pl. új szabályozó rendszer indult, a CO_2-kereskedelem)
- a gyártási hulladékok/melléktermékek újrahasznosítása, illetve végleges elhelyezése erősen korlátozott és egyre drágul

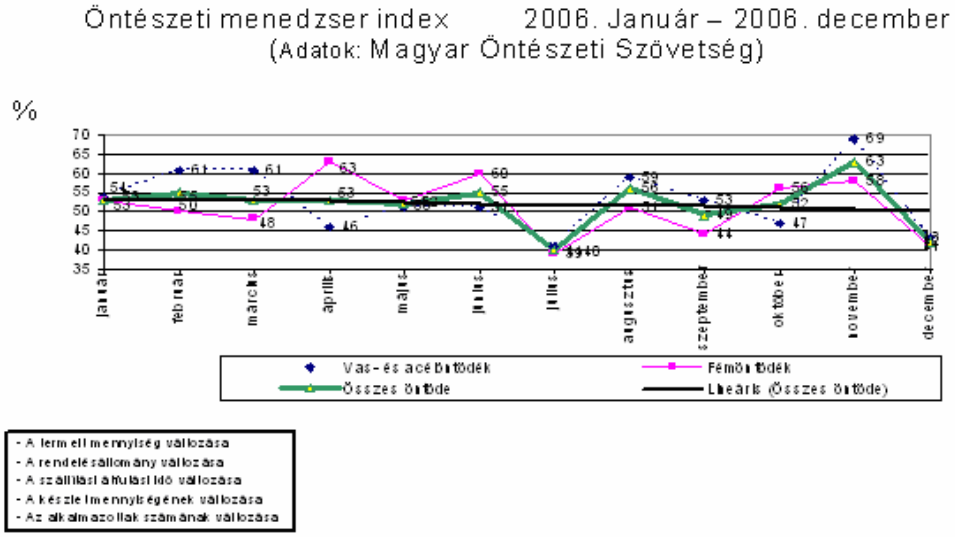
A hazai öntészet helyzetének megítéléséhez elmondható még, hogy

- megszűnt a 90-es évek során az iskolarendszerű középfokú oktatás Magyarországon
- a távol-keleti öntvénygyártás (Kína, India) olcsó és nagy mennyiségű konkurencia ma már
- a távol-keleti ipari termelés növekedése jelentős áremelkedést és nehézséget okozott a vasöntészet alapanyag-ellátásában
- az EU-hoz képest „olcsóbb" beszállítók földrajzilag fokozatosan keletebbre tolódnak: az előnyünk kb. 5-8 év
- erősödő a környezetvédelmi beruházási kényszer
- romlanak a versenyfeltételek, főleg a vas- és acélöntészet területén

Az EU csatlakozás érezhető hatásai:

- öntvényexport növekedés
- bizalom-növekedés – kockázat-csökkenés
- újabb és újabb (külföldi tulajdonú is) öntödék termelnek Magyarországon illetve a már 1995 óta működők bővítik kapacitásaikat
- az öntvényimport növekedésével számolni kell (járműipari, csatorna- és vízhálózati öntvények stb.)
- új költségterhek megjelenése (energiaadó, termékdíj, CO_2-kereskedelem, környezetvédelmi biztosíték-rendszer bevezetése stb.)
- növekvő árverseny a szabaddá vált „belső" piacon
- a környezetvédelmi fejlesztések egyre inkább a működés feltételeit jelentik
- meg kell változtatni a képzési és oktatási rendszert (iskolarendszerű és iskolarendszeren kívüli képzések, új finanszírozási módok megtervezése, bevezetése).

A 2006. évet összefoglaltan bemutató Öntészeti Menedzser Index diagramja az 1.7. ábrán látható. A diagram adataiból kitűnik, hogy a legnagyobb ingadozást a vas-, acél- és precíziós öntödék menedzserindexében tapasztaltuk 2006-ban (29% és 69% között). A diagram egészét vizsgálva elmondható, hogy az Öntészeti Menedzser Index a 2006. év januári értékéhez képest (tendenciájában) mintegy 5%-os lineáris csökkenést reprezentál december hónappal bezárólag, azaz az öntödéink adatszolgáltatása alapján egy éves szinten 10%-os piaci helyzetromlás érzetét jelenti.



1.7. ábra

1.7.3. A hazai szakmai szervezetek tevékenysége

A Magyar Öntészeti Szövetség az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesülettel közösen kétévenként megrendezi a Magyar Öntőnapokat, mely konferencia és kiállítás, szakmai rendezvényekkel kiegészítve. 2007-ben október 14-16. között immár a 19. Magyar Öntőnapok került megrendezésre. A rendezvény nemzetközi, legutóbb összesen csaknem 230 részvevője volt és 10 külföldi országból érkeztek szakemberek.

A Magyar Öntészeti Szövetség eddig három díjat alapított a hazai öntészetben kiemelkedő munkát végző szakemberek teljesítményének elismerésére. 2007-ben immáron hatodik alkalommal hirdette meg a Szövetség a MÖSZ Életműdíjat, a MÖSZ-Díjat és a Kiváló Fiatal Öntész MÖSZ-Díjat, mely díjakat a Szövetség éves közgyűlésén ünnepélyes keretek között adnak át a nyerteseknek.

A Magyar Öntészeti Szövetség nemzetközi szervezetekben is képviseli a hazai öntödéket, részt vesz 1997. óta az Európai Öntvénygyártó Szövetségek Bizottságának (CAEF), 1999. óta az Európai Nyomásos Öntő Szervezetek Szövetségének (EPDCC), 2001. óta a MEGI (Közép-Európai Öntészeti Kezdeményezés), 2002. óta a MEGI Ifjúsági tagozata és a CAEF Fiatal Vállalkozók Fóruma munkájában.

1.7.3.1. A „Ki mit önt Magyarországon? Ki mit kínál az öntödéknek?” internetes oldal, a MÖSZIT

A „Ki mit önt Magyarországon? Ki mit kínál az öntödéknek?” —A magyar öntödék és öntödei beszállítóik legfontosabb adatainak tematikus gyűjteménye— információs tár, a MÖSZIT (a Magyar Öntészeti Szövetség Információs Tára) a 2005. évben készült el és az interneten a www.foundry.matav.hu és a www.foundryorg.hu címeken ingyenesen érhető el. A MÖSZIT-ben több mint 100 hazai öntöde (tagja, illetve nem tagja a Magyar Öntészeti Szövetségnek) adatait (cégadatok, vezetők adatai, a cég teljesítő képessége 14-féle csoportosításban) ismerheti meg a Magyarországi partnert (öntödét, öntödei beszállítót, külföldi céget képviselő hazai vállalkozást) kereső a világ bármely részéről magyar, német és angol nyelven.

1.7.4. Az öntészeti szakmák középfokú képzési és oktatási helyzete Magyarországon

A rendszerváltozás utáni mélyponthoz (ld. 1.1. ábra) képest a hazai öntészet utóbbi éveit összességében sikeresnek mondhatjuk. Viszont az öntőképzéssel (az öntészeti szakmák iskolarendszerű oktatásával) Európa-szerte, így hazánkban is gond van. Még a jó nevű, korszerű eszközparkkal felszerelt német egyetemek, főiskolák, szakiskolák sem találnak kellő létszámban hallgatót, mert a fiatalok „nem kívánnak” öntészettel foglalkozni.
A hazai „melegüzemi” (öntödei) szakmunkás-képzés és középfokú képzés már csaknem egy évtizede megszűnt Magyarországon. A mintegy 15 évvel ezelőtt bekövetkezett gazdasági és társadalmi változások a kohászat (így az öntészet is) számára igen hátrányos következményekkel jártak.
A járműipar és gépipar elvesztette hagyományos piacainak jelentős részét, e szakterületen óriási mértékű leépülés következett be.

Az elsietett kereskedelmi liberalizálás váratlanul érintette a vállalatokat, amelyekre amúgy is nagy teherként nehezedett a szerkezet-átalakítás megvalósítása, valamint a gazdaságos termelés feltételeinek ismételt megteremtése.
Az új, főként nyugati piacok felderítésének és kiépítésének sok helyen hiányoztak a személyi feltételei.
A működésképtelenné váló társaságoktól nyugdíjba vonult, vagy más szakterületre távozott (állását vesztette) a más területeken is hasznosítható tudással rendelkező szakemberek jelentős része.
Mind az elektronikus, mind az írott sajtóban az ellenszenv határát súroló, válogatás nélküli propaganda jelent meg az anyag- és energiaigényes, környezetterhelő melegüzemi technológiák ellen.
Felborult az alap- és középfokú szakképzés addig többé-kevésbé működő rendszere. A vállalatok által igényelt szakterületekre nem jelentkeztek tanulók, ebből következett, hogy a finanszírozási rendszer miatt a szakiskolák ilyen irányú képzést nem indítottak (nem tudtak indítani).

A 90-es évek végére konszolidálódott a helyzet, s jelenleg is az alábbiakkal jellemezhető: a megmaradt öntödéket és az új öntészeti vállalkozásokat tulajdonosaik hosszabb távon is működtetni akarják.

Iskolarendszerű nappali tagozatos képzés jelenleg egyetlen melegüzemi szakmában, a díszkovács szakmában folyik az országban, csekély létszámmal (max. 6-11 fő/évfolyam) a többi szakmában iskolarendszerű nappali tagozatos képzés nincs.

Az iskolarendszeren kívüli képzés, felnőttképzés szintén nagy változáson ment keresztül az elmúlt 15 évben. Míg a 80-as évek végén, 90-es évek elején a munkaadók támogatták a munkavállalók továbbképzését, így viszonylag nagy létszámú tanfolyamokra, esti és levelező tagozatos szakmai képzésre volt lehetőség. A munkaidő kedvezmények megszűnése, a nagy kohászati-öntészeti termelő vállalatok ellehetetlenülése, megszűnése miatt a jelentkező tanulók száma radikálisan csökkent, gyakorlatilag elsorvadt. Jelenleg, hosszú idő után, öntő szakmunkás képesítés megszerzésére szervezett tanfolyamok indultak számottevő létszámmal 2005. szeptemberében: Budapesten (24 fő, munkáltatói beiskolázás), Ózdon (36 fő, munkanélküliek beiskolázása). Biztató, hogy a 1,5 éves képzési program eredményeképpen 2006. decemberében 51 öntő szakmunkás tett sikeres szakmunkás-vizsgát iskolarendszeren kívüli oktatást követően.

Az európai normákhoz igazodó, új Országos Képzési Jegyzék szerinti lehetőség az alapfokú képzés bármely formájában szinte kizárólag már az öntödékben dolgozó 16 év feletti, alapfokú iskolai végzettségű fiatalok és/vagy korábban más területen szakképesítést szerzett, esetleg segéd- vagy betanított munkások, ill. esetenként az előzőekben leírt iskolai végzettségű munkanélküliek képzése lehet.
Az alapképzésben az öntödék a következő lehetőségeket választhatják:

- a munkaerő-piacon rendelkezésre álló, az öntödében munkát vállalókat kizárólag gyakorlaton alapuló képzéssel betanítják,
- az új rendszerű Országos Képzési Jegyzék szerinti iskolarendszeren kívüli képzés keretében az öntő szakképesítéshez előírt szakmai követelmények alapján az öntödék saját erőből vagy külső oktatási intézmények bevonásával képezik ki munkavállalóikat,
- a Magyar Öntészeti Szövetség által javasolt háromszintű, modulrendszerű képzés (lásd a következő bekezdést) keretében a szövetség, vagy más intézmény, mint akkreditált

oktatási intézmény és/vagy az öntöde és más külső oktatási intézmény végzi az elméleti oktatást, míg a gyakorlati képzés az öntödében folyik.

Jelenleg öt, iskolarendszeren kívüli tanfolyam elvégzésére van lehetőség, melyeknek OKÉV azonosító száma van, ezek:

- Nyomásos öntészeti technológiai ismeretek
- Öntészeti fémmetallurgiai ismeretek
- Nyomásos öntészeti ismeretek
- Forma és magkészítési ismeretek
- Öntészeti vasmetallurgiai ismeretek

A hazai szakmai felsőoktatás szerencsére jobb helyzetben van a jelentkezők számát tekintve. Ennek az az oka, hogy ma már egyre jobban látható, hogy az öntészetnek jövője van hazánkban, a külföldi vagy a magyar tulajdonú öntödék egyaránt ma is perspektívát kínálnak a (fiatal) szakembereknek. Az érvényesülés előfeltétele viszont a nyelvismeret, amely területen sajnos szintén elég nagy a lemaradásunk.

Fentiek alapján ma már biztonsággal kijelenthető, hogy a máig megmaradt, illetve újonnan kiépült öntödei kapacitásokkal hosszabb távon is számolnunk kell, ennek megfelelően a szakember utánpótlás minőségének és mennyiségének meghatározásakor az öntödék igényeit tervezni és messzemenően figyelembe venni szükséges: amíg nem lehet papírból, fából, műanyagból vasúti síneket, gépjárműveket, toronyházakat stb. készíteni, addig biztosan.

E fejezethez lásd még „A szakoktatás, felnőttképzés helyzete, korszerűsítésének kényszerei és iránya, a piacképes szaktudás, szakismeret megszerzésének lehetőségei a hazai kohászatban” tárgykörű tanulmányt (2005), készült a Kohászati Ágazati Párbeszéd Bizottság megbízásából, készítette a Magyar Öntészeti Szövetség szakértői csoportja, hozzáférhető a Magyar Öntészeti Szövetségben.

1.7.5. A fejezet összefoglalása

A Magyar Öntészeti Szövetség (MÖSZ) 1992-ben alakult 42 tagvállalattal, ma 91 tagja van (a korábban jelzett mintegy 175 hazai öntöde közül): 26 vas-és acélöntöde, 40 fémöntöde, 25 öntödei háttéripari vállalkozás, a hazai öntödék termelésének mintegy 82-84%-át a szövetség tagöntödéi teljesítik. A hazai öntészet csaknem 200 000 tonnányi éves öntvénygyártása mintegy 100 milliárd Forint éves árbevételt jelent. A hazai öntvénygyártás mintegy 7 350 embert közvetlenül, további 12 000-15 000 embert közvetetten foglalkoztat. Nem a legnagyobb súlyú ipari tevékenység az öntészet hazánkban, de az biztosan mondható, hogy jelentős. Most és hosszú távon is oda kell figyelni rá, számolni kell vele, segíteni, sőt biztosítani kell jövőjét, működésének feltételeit.

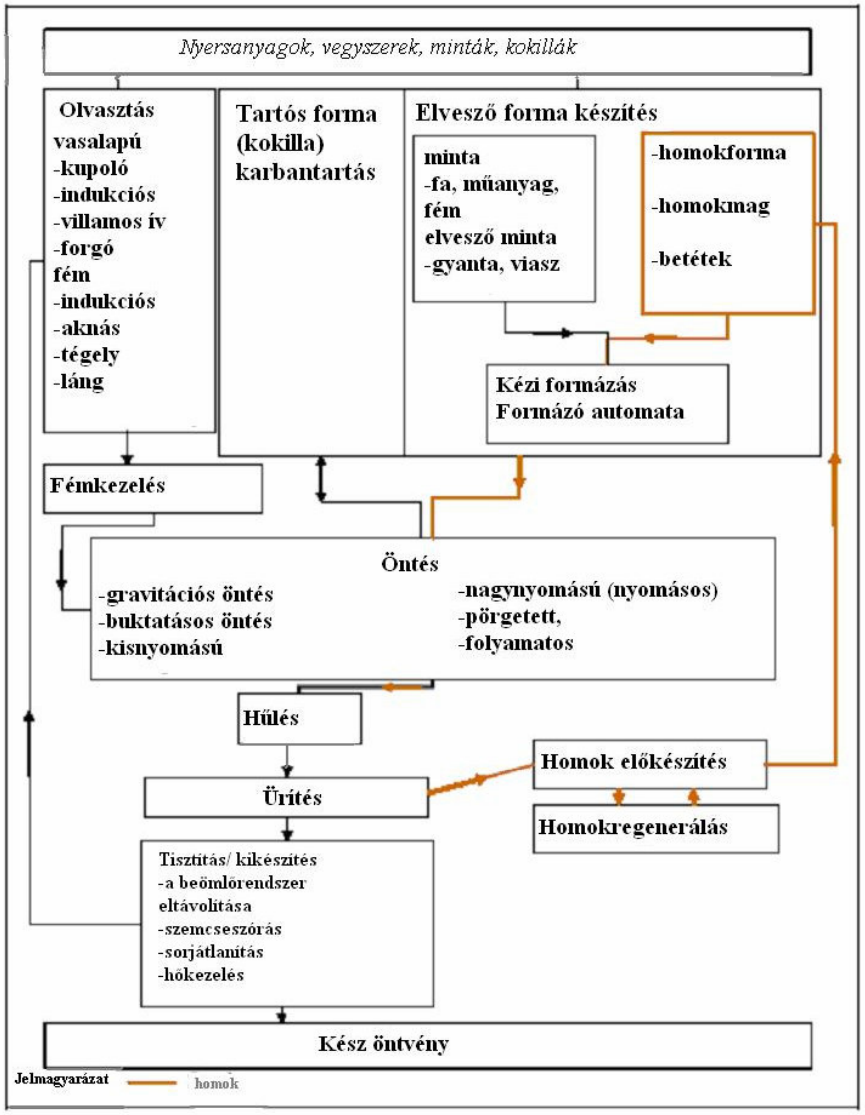
2. AZ ÁGAZATBAN FOLYTATOTT TEVÉKENYSÉG ÁTTEKINTÉSE — AZ ALKALMAZOTT ELJÁRÁSOK BEMUTATÁSA

2.1. Áttekintés

2.1.1. Az öntödei folyamat

A 2.1. ábrán egy általános folyamatábra látható. A folyamat a következő nagyobb tevékenységekre osztható fel:

- olvasztás és fémkezelés: az olvasztómű
- formázás: a formázó műhely
- a folyékony fém beöntése a formába, hűtés a megdermedéshez és az öntvény ürítése a formából: az öntőműhely
- a nyersöntvények tisztítása (kikészítése): a tisztító (kikészítő) műhely



2.1. ábra Az öntödei folyamat

Az öntöde öntödei hulladékból (válogatott hulladékból bizonyos kémiai összetétel szerint) vagy tömbökből kiindulva kész öntvényeket termel. Általában ezek olyan alkatrészek, melyek további kezelést, vagy összeszerelést igényelnek, hogy végtermékké váljanak.
A formázás oldalán alapvető megkülönböztetést teszünk az állandó és az elvesző formák között. Az állandó formákba öntő öntödék, ezeket a fémformákat (kokillákat) külsőleg vásárolják, de jellemzően házon belüli formajavító és karbantartó üzemet működtetnek. Az elvesző formákba öntő öntödék gyakran famintákat, fém- vagy műanyag mintákat vásárolnak (saját terveik szerint) és házon belüli mintajavító és karbantartó üzemet működtetnek. A formákat, magokat és elvesző mintákat általában az öntödei folyamat részeként készítik.

Hagyományosan az öntödei ágazatban a fő megkülönböztetést a vas-alapú és a színesfémöntödék között teszik. Ez főként azért van, mert az alkalmazott eljárások a két ágazatban különböznek. A fémöntödék gyakran alkalmaznak nyomásos öntési technikákat. Ezek jobb felületminőséget tesznek lehetővé, mely fontos sok alumínium és sárgaréz alkalmazásnál. A nagy lehűlési sebességnek köszönhetően jó mechanikai tulajdonságú öntvények készülnek. Mindazonáltal, ez a technika nem teszi lehetővé a masszív és nagy darabok gyártását, melyek homokformázású öntéstechnikát követelnek meg. Homokformázású öntéstechnikát alkalmaznak azokban a fémöntödékben, melyek nem gyártanak nagy sorozatokat. Az ebben a dokumentumban tárgyalt fémek (és ötvözeteik) a következők:

- alumínium
- magnézium
- réz
- cink
- ólom

A vas- és acélöntödék általában az elvesző formás technikákat alkalmazzák. Nagyobb merevségük és szilárdságuk következtében a vasalapú ötvözeteket a fémötvözetekéhez képest eltérő alkalmazási területeken használják. A gyártható termékek mérete csaknem korlátlan. A vasnak és acélnak nagyobb az olvadáspontja, ezért eltérő olvasztási technikát igényelnek. Ebben a dokumentumban tárgyalt vasalapú fémek és ötvözeteik az öntöttvas különböző típusai (melyek tulajdonságaik, vagy a grafit típusa szerint osztályozhatók) és az acélöntvények.

A nagy ötvöző-anyag, pl. nikkel tartalmú szuperötvözeteket is tárgyalni fogjuk.

Az öntödék hasznosítják a gépesítést és automatizálást a reprodukálhatóság szükségességének és a sorozatnagyságnak függvényében. A legrugalmasabb létesítmény jellemzően a béröntöde. Ez rendelések alapján sokféle öntvényt gyárt kis (<100 db) mennyiségben. Általában az ilyen típusú öntöde kézi formázást alkalmaz gyantakötésű homokformákkal. Az olvasztókemence adagonkénti üzemmódban működik, hogy lehetővé tegye a könnyű ötvözetváltást. Ez indukciós vagy forgódobos kemence használatát teszi szükségessé.

A közepes sorozatokhoz (<1 000 db) gépesített formázó és öntősorokat használnak. Az elvesző formákat alkalmazó öntödék formázógépeket használnak. Ez nyershomok használatát feltételezi, mely gyors formakészítést tesz lehetővé. A formázógépek nagysága korlátozza az öntvények maximális méretét. Az öntés végezhető kézzel vagy öntőgépekkel. A mellékfolyamatokat, mint a homok előkészítést, fél-automatikusan működtetik, távirányítással. Mind folyamatos (kupoló és aknás), mind adagonkénti (szakaszos)

kemencéket használnak. A fémötvözetekhez kokilla és nyomásos öntéstechnikákat alkalmaznak.
A nagysorozatú és kis méretű öntvényeket formaszekrény nélküli nyersformázással készítik. Különleges alkalmazásokhoz, a kokillaöntés ill. nyomásos öntés használható a vasalapú öntvények gyártásához is, ha a végső öntvényminőség ezt megköveteli, azonban a valóságban ez csak korlátozottan alkalmazott. A fő különbség a közepes sorozatoknál a kikészítés, minőségellenőrzés és a formaösszerakás további automatizálása. A fémöntvények kokillába való öntésénél, további automatizálást alkalmaznak gyakran, különösképpen ez a helyzet a nyomásos öntésnél.
A különleges öntéstechnikákat, mint az elvesző habmintás öntést, pörgetett (centrifugál) öntést és folyamatos öntést ott alkalmazzák, ahol azt a terméktípus megkívánja.

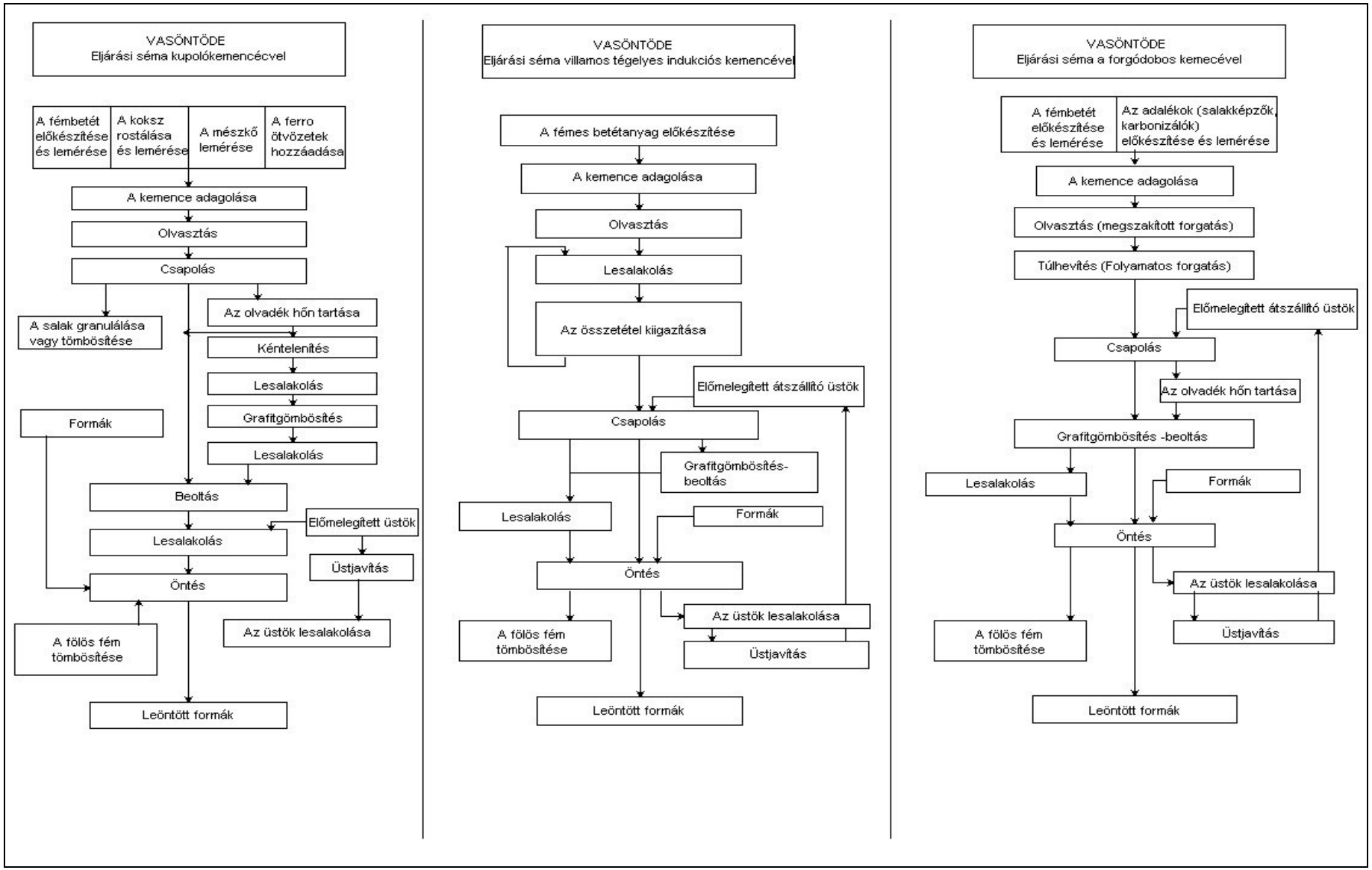
2.1.2. Vasöntés

Az öntöttvas szokásosan 2,4-4,0% széntartalmú vas-szén ötvözet. A minimális széntartalom 1,8%. Szilícium, mangán, kén és foszfor is van benne, különböző mennyiségben. Különleges fajtákat is gyártanak különböző mértékű nikkel, króm és egyéb ötvözőfém tartalommal. Nagy széntartalma következtében az öntöttvasnak az acéllal szemben olvadáspontja alacsony és jól önthető. Képlékenysége azonban kicsi, és ez nem teszi lehetővé hengerlését és kovácsolását. A tulajdonságok változatai a szén/szilícium arány változtatásával, ötvözéssel és hőkezeléssel érhetők el.

A grafit mennyiségétől és alakjától (lemezes, gömb-alakú vagy vermikuláris) függően az öntöttvas különböző típusai különböztethetők meg:
- lemezgrafitos vas. A grafit lemezek alakjában van jelen,
- gömbgrafitos vas: a grafit gömbalakban van jelen,
- vermikulár-grafitos vas: a grafit féreg alakú formában van jelen.

Az öntöttvas osztályozása gyakran anyagtulajdonságai szerint történik:
- szürke öntöttvas: szürke törésfelülettel. Habár ez a lemezes, gömbgrafitos és vermikulár-grafitos vasra utal, a fogalmat közönségesen a lemezgrafitos vas szinonimájaként használjuk.
- duktilis vas: öntöttvas növelt duktilitással (képlékenységgel). Ez a gömbösítés okozta hatások egyike, de a tempervasra is vonatkozik. A fogalmat közönségesen a gömbgrafitos vas szinonimájaként használjuk.
- tempervas: vas, mely képes a nyúlásra és alkalmas kalapáccsal való alakításra. Ez a tulajdonság a kis széntartalommal kapcsolatos, melynek nagy része kötött formában van.

Az öntöttvas olvasztható kupolókemencében, indukciós kemencében (általában tégelyes indukciós kemencében, de esetenként lehet csatornás típusúban is), vagy forgódobos kemencében. A villamos ívkemencét csak nagyon ritkán használják öntöttvas olvasztására. A 2.2. ábra az öntöttvas olvasztásának és fémkezelésének folyamatábráját tartalmazza a három különböző típusú olvasztókemencénél. A folyamat általában az olvasztást, csapolást, fémkezelést, öntést tartalmazza. Az olvasztás és fémkezelés különböző szempontjait a következő szakaszokban tárgyaljuk. A fémkezelés különböző lépéseket tartalmaz, a kéntelenítést, gömbösítést, beoltást, lesalakolást. A kéntelenítés a kupolós olvasztásnál bennfoglalható a gömbösítésben, pl. olyan gömbösítő kezelés használatánál, mely egyúttal felveszi a ként is, mint a maghuzalos eljárásnál.



2.2. ábra Az öntöttvas olvasztásának és fémkezelésének folyamatábrája

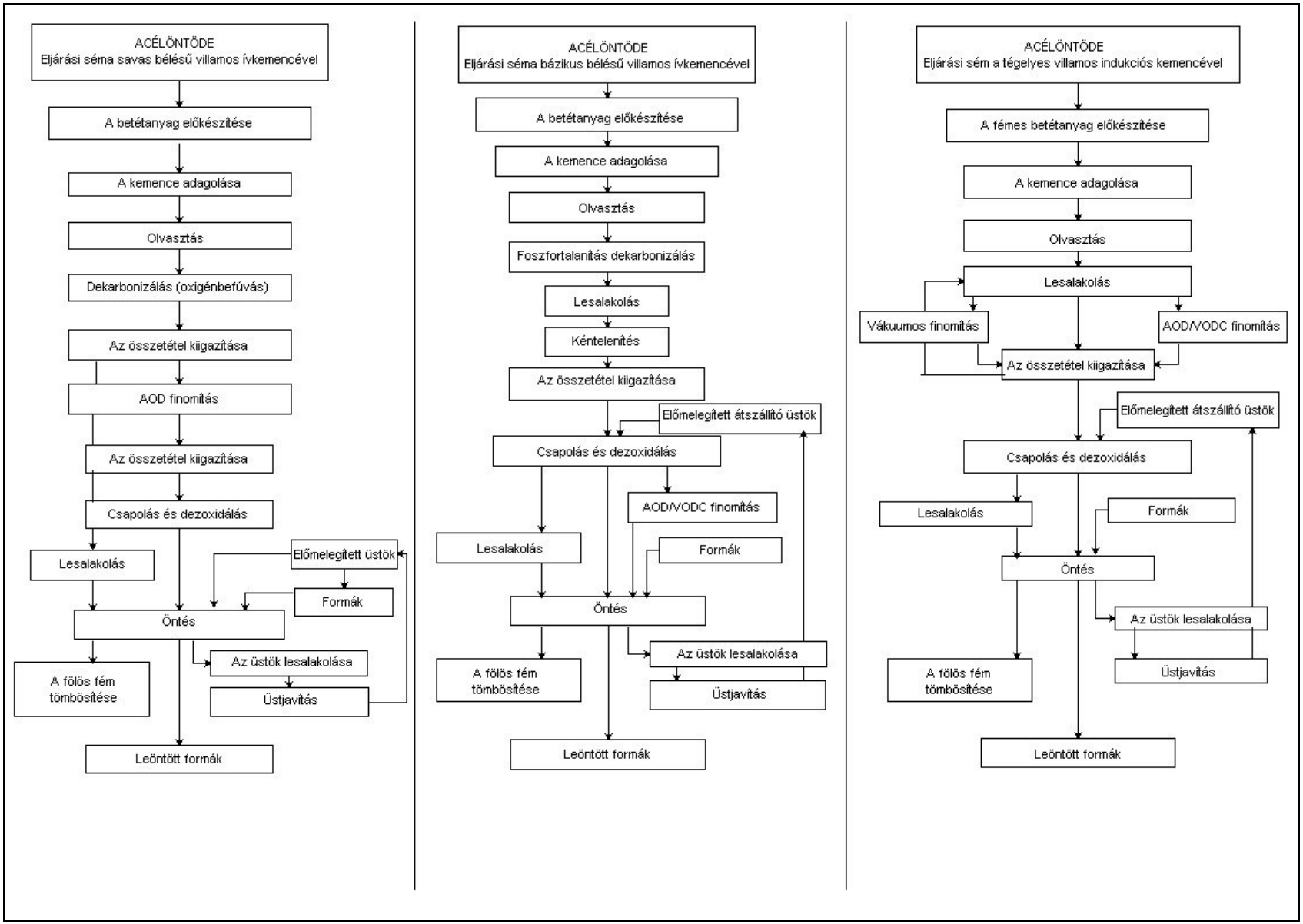
Európában a vas átolvasztásához a kupolókemence az uralkodó olvasztó berendezés. Nyugat-Európában a vas mintegy 55%-át olvasztják ebben a kemencetípusban, tonnában. Manapság a kupolókemence egyre nagyobb kihívásokkal kénytelen szembenézni piaci uralkodó helyzetét illetően. Ez részben a füstgáz minőségének a következménye, mely kezelést igényel. A füstgázkezelő berendezések beruházás és értékcsökkenési leírás okozta pénzügyi terheléseivel szembenézve, sok kis és közepes nagyságú egység áttért a villamos vagy oxigáz olvasztó egységekre. Így a kupolók száma az öntödékben csökken, de átlagos nagyságuk nő. Nagyobb változások mentek végbe a kupolók piacában az utóbbi években, részben a kokszipar szerkezeti átalakulása következtében, mely a beszállítók számának csökkenéséhez és a koksz Európába való importálásának szükségességéhez vezetett. Egy másik nagyobb változás a kupolókemencét gyártók számának csökkenése, egy német cégnek csaknem egyeduralkodói helyzetével a forrószeles típusok gyártásában.

Az ismétlődő vasöntvények többsége nyershomok formákban készül gyanta-kötésű magokkal. Az aminos cold-box és hot-box technikákat széles körben használják. A héjformázást (Croning eljárást) ott használják, ahol nagy pontosságra és jó felületminőségre van szükség. Az elvesző habmintás eljárást korlátolt mértékben használják ismétlődő öntvényekhez. A kis mennyiségben készített öntvényeket vegyileg kötött homokformákban öntik. A különleges homokformázási eljárásokat, mint pl. a vákuumformázást és az elvesző habmintás eljárást bizonyos fajta vasöntvényekhez használják. Van néhány állandó formát (kokillát) alkalmazó vasöntöde is, de a kokillák rövid élettartamára való tekintettel, a gyártás csak néhány ezer alkatrészre korlátozódik. [156, Godinot, 2001], [174, Brown, 2000]

2.1.3. Acélöntés

Az acél olyan anyag, amelyben a vastartalom (tömegben) nagyobb, mint bármely más elem, általában 2%-nál kisebb széntartalommal, és mely szokásosan más elemeket is tartalmaz. Egy korlátozott számú krómacél típus tartalmazhat 2%-nál több szenet is, de 2% az a szokásos felső határérték, mely megkülönbözteti az acélt az öntöttvastól [201, CEN, 2000]. Egy különösképpen hasznos tulajdonsága az acélnak az, hogy melegen alakítható. A gyengén ötvözött acélöntvény olyan ötvözőelemeket tartalmaz, mint a Mn, Cr, és Mo 5%-nál kisebb mennyiségben. Az erősen ötvözött acélöntvény 5%-nál több ötvözőelemet tartalmaz, pl. 12% Cr-t és 5 Ni-t. Különleges acélfajtákat gyártanak javított tulajdonságokkal, pl. nagyobb szilárdsággal, nagyobb mágneses permeabilitással, jobb korrózióállósággal, kifáradási határral, kopásállósággal, és jobb viselkedéssel hegesztés közben és nagyon kis hőmérsékleteken.

Az öntött acélt rendesen villamos ívkemencében vagy tégelyes indukciós kemencében olvasztják. Ha egyszer megolvadt, a folyékony fém finomítható (a szén, szilícium, kén és foszfor eltávolítása), és dezoxidálható (vagyis a fémoxidok eltávolítása), az alapanyagtól és a végtermékkel szembeni követelményektől függően. A 2.3. ábra áttekintést ad az acélöntvény olvasztásának és fémkezelésének folyamatábrájáról a különböző kemencetípusok használata mellett. [32, CAEF, 1997]



2.3. ábra Az acél olvasztásának és fémkezelésének folyamatábrája

2.1.4. Alumíniumöntés

Az alumíniumöntvények mintegy kétharmadát a jármű- és repülőgépiparban, tehát autók, buszok, teherautók, vonatok és repülőgépek gyártásában használják. A járművek hajtóanyag fogyasztásának és tömegének csökkentése megnövelte az érdeklődést az alumínium iránt. Az alumínium összes tömege egy európai autóban durván megkétszereződött 1990 és 2000 között. Az alumínium használatának növekedése legnagyobb felhasználói ágazatában világosan hatással van az összesen termelt öntvény mennyiségére.
Az alumíniumot főként állandó formában (kokillában) öntik. Az alkalmazott technikák viszonylagos megoszlása a 2.1. táblázatban található.

Az öntéstechnika típusa	Viszonylagos megoszlás %
Nyomásos öntés	59
Kisnyomású öntés és kokillaöntés	37
Homokformában való öntés	3
Egyéb	1

2.1. táblázat Az alkalmazott öntéstechnikák viszonylagos megoszlása az Al-nál
[143, Inasmet és CTIF, 2002], [225, TWG, 2003]

Sok különböző típusú olvasztókemencét használnak az alumíniumöntödékben, ahol a választás az egyedi követelményektől függ. Közvetlen és közvetett, tüzelőanyag és villamos fűtésű kemencéket alkalmaznak. A jelenleg használatos fosszilis tüzelőanyagok a földgáz, a folyékony, palackozott gáz (propán-bután gáz) és az olaj. A legtöbb öntöde a földgázt részesíti előnyben, kényelmi okokból. A villamos fűtés lehet ellenállás- vagy indukciós fűtés. Ma indukciós kemencéket rendesen akkor használnak, ha nagy olvasztási teljesítményre, pl. 10 t/h-nál nagyobbra van szükség. Aknás olvasztó és hőn tartó kemencéket, valamint tégelyes kemencéket gyakran használnak, ha az olvasztási teljesítmény kisebb, mint 5 t/h. Kis és közepes nagyságú tégelykemencéket gyakran használnak, ha a könnyű ötvözetváltás szükséges lehet, vagy a termelési teljesítmény kicsi.
Hőn tartásra a villamos kemencéknek az az előnyük, hogy nem képződnek az égőből füstgázok, és alkalmasak az egész olvadék hőmérsékletének homogén szinten tartására viszonylag kis energiaköltséggel.

Az alumínium olvasztásához az öntödékben általában ötvözet tömböket használnak kiinduló anyagként, azonban esetenként a fémet már olvadék alakjában kapják. Az alumínium hulladék másodlagos olvasztása általában nem az öntödében történik, és kívül esik ennek a dokumentumnak a tárgykörén. Ezt a színesfémiparra vonatkozó BAT referencia dokumentum tárgyalja.
[48, ETSU, 1994],[148, Eurofine, 2002], [155, European IPPC Bureau, 2001].

2.1.5. Magnéziumöntés

A magnéziumötvözet öntvényeket űrhajózási, járműipari és elektronikai alkalmazásokhoz használják. Használatuknak fő előnye könnyűségük (kis tömegük); a magnéziumötvözeteknek jellemzően 1,8 g/ml sűrűségük van az alumínium 2,7 g/ml sűrűségével szemben. Az alumínium a fő ötvözőeleme a magnézium alapú öntészeti ötvözeteknek, cink és mangán kis mennyiségű jelenlétével. A nyomásos öntés a legáltalánosabban használt öntési eljárás, a kis öntési hőmérséklet (650-700˚C) következtében; mind a melegkamrás mind a hidegkamrás nyomásos öntőgépeket használják. A homokformában való öntést kisebb mértékben használják. A magnézium nyomásos öntvények kisebb falvastagsággal készíthetők, mint az alumínium nyomásos öntvények, de

használatukat merevségi problémák korlátozzák. A kisebb falak lehetővé teszik az alkatrészek tömegének jelentős csökkentését, így kiegyenlítik az ötvözet nagyobb kilogrammonkénti költségét A kokillaöntést és homoköntést is használják, különösképpen erősebben igénybevett öntvényeknél. A magnéziumötvözet öntvények használata a járműipari alkatrészekhez erősen nő; néhány jármű már 10-20 kg magnézium alkatrészt tartalmaz. A jelenleg készített legnépszerűbb részek a műszerlap alapok, autó kereszttartók, kerékhajtások és üléskeretek.

A magnéziumötvözet olvadékok megtámadják a tűzálló téglákat és a kemencék tűzálló bélését, mely káros szilíciumszennyeződést eredményez. Ezért acéltégelyeket használnak. A vas is enyhén oldódik a magnéziumban, de sokkal kevésbé káros hatású, mint a szilícium. A hulladékot rendszerint tisztítják és, ha lehetséges, további elővigyázatosságként szemcseszórják a hozzátapadt homok eltávolítására, a szilícium-felvétel ellen. Az üstözés elkerülésére a folyékony ötvözetet, ha lehetséges, közvetlenül az olvasztó berendezésből öntik.

A könnyű oxidálódás miatt, a magnézium ötvözeteket fedősó vagy fedőgáz alatt olvasztják, hogy elkerüljék az oxidációs veszteségeket és a zárványok képződését. Gátló porokat használnak minden, a hőn tartás és öntés közben a levegővel való érintkezésnek kitett fém burkolására, és adalékként a formázó homokhoz is kevernek a kémiai reakció megakadályozása céljából. A magnéziumötvözetek folyósítószer nélküli olvasztása az olvadék védelmének egy másik formáját igényli. Erre a célra kén-hexafluoridot (SF_6) használnak, mert az elősegíti védőfilm képződését a folyékony magnézium felületén, mely megakadályozza az oxidációt. Kis koncentrációban (<0,3 térf.%) levegő vagy levegő/CO_2 keverékként használják. SF_6 üvegház-hatású gáz, káros az atmoszférára és a kiotói jegyzőkönyv alá esik, mely megköveteli használatának minimalizálását. Ausztria és Dánia rendeletet adott ki az SF_6 használatának betiltására 2003., ill. 2006. évi határidővel.

A magnéziumötvözetek számára előnyös a szemcsefinomítás, melyet széntartalmú anyagokkal való beoltással végeznek. Ezt valamikor hexaklór-etánnal végezték, de 2003. július 1. óta ezt a terméket Európában környezetvédelmi, egészségi és biztonsági okokból betiltották. Ez vonatkozik mind a magnézium-, mind az alumíniumötvözetekre.
[175, Brown, 1999], [225, TWG, 2003]

2.1.6. Rézöntés

A rezet különböző ötvözetcsoportok formájában öntik, melyek mindegyikének fő alkotója a réz. Ezek némelyikének rövid leírása alább található.

Jó vezetőképességű rezek: ezeket főképp jó villamos és hővezető képességükért használják. Az alkalmazások a következők lehetnek: a nagyolvasztók és forrószeles kupolókemencék fúvókái, vízhűtéses elektródatartók, kapcsolószerelvények, stb.

Sárgarezek: Cu-Zn ötvözetek, ahol a cink a fő ötvözőelem. Könnyen önthetők, kitűnő a megmunkálhatóságuk és jó a korrózióállóságuk levegőn és vízben. Széles körben alkalmazzák vízvezeték szerelvényekhez. A nagyszilárdságú sárgarezeket erősebben ötvözik, és ezek a hajógyártásban találnak alkalmazásra. A sárgarezeket mind homok- mind állandó formában (kokillában) öntik.

Ónbronzok: Cu-Sn ötvözetek, ahol az ón a fő ötvözőelem. 10-12% óntartalommal az ónbronz öntvények drágábbak, mint a sárgarezek. Nagy a korrózióállóságuk, és alkalmasak savas vizek,

kazán tápvizek stb. kezelésére. A nagy óntartalmú bronzokat kopásálló alkatrészekként is használják. Az alkalmazott öntéstechnika a homok- és pörgetett (centrifugál) öntés.
Foszforbronzok: Cu-Sn ötvözetek mintegy 0,4-1,0% P adalékkal. Ezek keményebbek az ónbronzoknál, de kisebb a képlékenységük. Csapágyakhoz használják ezeket, ahol a terhelés és a sebesség nagy, és olyan szerelvényekhez, mint a csavar(csiga)kerekek.

Ólombronzok: Cu-Sn-Zn-Pb ötvözetek. Ezek az optimális ötvözetek a homoköntéshez. Az önthetőség, megmunkálhatóság, szilárdság és jó korrózióállóság jó kombinációjával rendelkeznek. Kényes, nyomásálló öntvényekhez használják, mint szelepek és szivattyúk. Olyan csapágyakhoz is alkalmazzák, ahol a terhelés és sebesség csekély.

Alumíniumbronzok: Cu-Al ötvözetek, ahol a fő ötvözőelem az alumínium. A nagy szilárdságot jó korrózióállósággal egyesítik. Alkalmazásuk a díszítő építészeti részektől a nagy igénybevételű gépalkatrészekig terjed. Sok tengerészeti alkalmazásuk van, beleértve a hajócsavarokat, szivattyúkat és szelepeket. Használják szerszámok előállítására is. Az alumíniumbronzok előállításához az alumínium öntési technikákat használják.

Réz-nikkel ötvözetek: Cu-Ni ötvözetek, ahol a nikkel a fő ötvözőelem. Használják pl. csővezetékekhez tengerészeti alkalmazásoknál nehéz körülmények között.

Réz-berillium ötvözetek: a berilliumot réz-berillium ötvözetként öntik olyan alkatrészekhez, melyeknek jó korrózióállósággal és nagyon magas értékű mechanikai jellemzőkkel kell rendelkezniük. Ezek lehetnek pl. a nyomásos öntőgépek öntődugattyúinak végei, a villamos- és a műszeripar precíziós alkatrészei az óragyártáshoz, a szerszámok gyártásához és a mérőműszerek gyártásához. Két ötvözettípust használnak: egy réz-berillium ötvözetet 2% Be-tartalommal, és egy réz-kobalt-berillium ötvözetet 0,5% Be-tartalommal. A berillium csökkentése, vagy kizárása az ötvözetből —ismert rákkeltő jellege miatt — cél. Az öntés kokillában történik a nyomásos vagy kokillaöntési technika használatával.
[175, Brown, 1999]

2.1.7. Cinköntés

A cinköntéshez csaknem kizárólag nyomásos öntéstechnikát használnak. Az EU-ban főként két ötvözet van használatban, összetételük a 2.2 táblázatban van megadva. Ezekre Zamac-ként is utalnak, mely eredetileg egy kereskedelmi név. Ezeknek az ötvözeteknek az alapja tiszta cink.

Jel	Ötvözetszám	Al	Cu	Mg
ZnAlCu1	ZP0410	3,7-4,3	0,7-1,2	0,025-0,06
$ZnAl_4$	ZP0400	3,7-4,3	0,25	0,025-0,06

2.2. táblázat A legáltalánosabb cinkötvözetek; az ötvözőelemek %-ban

A cinkötvözetet csaknem kizárólag melegkamrás típusú öntőgépben olvasztják. Ritka esetben, és csak akkor, ha nagy termelési teljesítményre van szükség, központosított olvasztás alkalmazható.
A cinkötvözeteknek az alumíniummal összehasonlítható anyagtulajdonságai vannak. A fő különbség a cinkötvözetek kisebb olvadáspontja és nagyobb sűrűsége (6,7 g/cm^3 a 2,6-2,7 g/cm^3-el szemben). Főleg nagy pontosságot és kis falvastagságot igénylő kis méretű és súlyú darabok gyártásához használják. Ezek nagyobb öntési sebesség hasznosítását teszik lehetővé, és tízszer hosszabb kokilla élettartamot (800 000-1 200 000 lövést) eredményeznek, mely alkalmasabbá teszi őket a a kisméretű, de nagyobb sorozatok gyártásához. A cinkötvözeteket villamos vagy

tüzelőanyag fűtésű öntöttvas tégelyekben olvasztják, és melegkamrás nyomásos öntőgépeken öntik. A termékeket pl. jármű- és elektronikai-alkatrészekhez és a gépgyártásban használják.

2.1.8. Ólomöntés

Az ólom könnyen olvadó (olvadáspont: 327˚C) nehézfém. Az ólom viszonylag puha, korrózióálló, és jó önkenő tulajdonságai vannak. Az ólomöntvények alkalmazási területei alapvetően az akkumulátor-cellák gyártása, védőeszközök (anyagok) a röntgen és nukleáris alkalmazásoknál, ellensúlyok alapanyagai. Az ólomöntésnél főként nyomásos és kokillaöntési technikákat használnak.

2.1.9. Szuperötvözetek öntése

A szuperötvözetek jellemzően Ni-, Ni-Fe- és Co-alapú, Cr-Al, Ti-Al, W-Al, Al-Al ötvözött ötvözetek. Eredetileg nagy (810˚C-nál nagyobb) hőmérsékleten vagy kemény korrozív közegben való alkalmazásra használták. A szuperötvözetek megkülönböztethetők az erősen ötvözött acéloktól (a meghatározást ld. a 2.1.3. szakaszban). Mivel nem vas a fő alkotó (a 201, CEN2000 szabványnak megfelelően), ezeket nem vasalapú anyagoknak tekintjük. A szuperötvözetek öntése bizonyos precíziós öntödékben, valamint részben erősen ötvözött acélöntvényekre szakosodott öntödékben történhet.

A nikkelalapú ötvözeteket egy olyan ötvözetcsoportból készítik, melyeknek kémiai összetételében általában 50%-nál több nikkel és 10%-nál kevesebb vas van. Főleg intermetallikus fázisoknak az ausztenites alapszövetből való kiválásával szilárdítják. A kobalt alapú ötvözetnek nagy Co- (40-70%), nagy Cr- (több mint 20%) és nagy W- (87-15%) tartalma van, és és a szilárdságukat a karbidok, valamint szilárd oldatok kombinációja segítségével növelik.

Bizonyos szuperötvözeteket, különösképpen a Ni-Fe- és Co-alapú ötvözeteket közvetlenül villamos kemencékben, a rozsdamentes acéloknál szokásosan használt klasszikus módszerekkel olvasztják. Mindazonáltal a Ni-hez és különleges Ni-Fe ötvözetekhez vákuum-indukciós olvasztás kívánatos az elnyelt gázok (O, H, N) nagyon kis szinten tartásához. Ez lehetővé teszi az öntöde számára az oxidálható elemeknek, mint a Ti vagy Al, nagy és szabályozott szinten tartását.

Az elnyelt (kristályközi) gázok és oxidálható elemek szabályozása nagyon fontos a termék mechanikai tulajdonságai, korrózióállósága és azok megbízhatósága szempontjából. Általában a szuperötvözeteket bonyolult kész alakúra öntik, ahol a megmunkálás nem lehetséges. Ezért ezeket főleg precíziós öntéssel (kerámiaforma használatával) készítik. Ez az öntési eljárás nagyon pontos méretű és nagyon sima felületű termékeket eredményez. Olyan kiegészítő eljárásokat, mint a HIP (forró izosztatikus sajtolás=hot isostatic pressing) lehet használni a belső porozitás kiküszöbölésére, mely felléphet a nagy öntvényeknél. A repülőgép gázturbinájának többcsonkos kipufogójánál általában irányított öntéstechnikát alkalmaznak. Ez a technológia kiküszöböli a szemcsehatárokat és nagyban javítja az anyag szilárdságát.

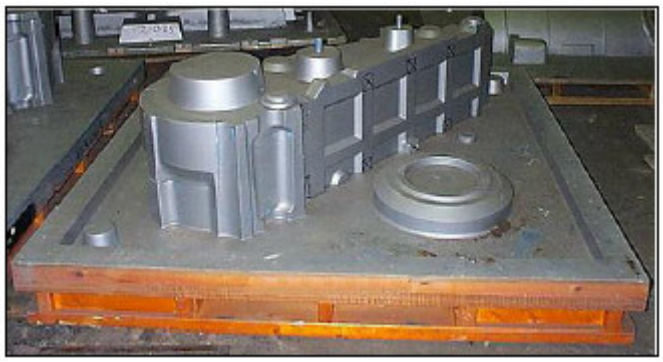
Kezdetben a szuperötvözeteket nagy hőmérsékleten való alkalmazásra fejlesztették ki. Alkalmazási területük azonban egyre bővül, és most olyan területeket is magában foglal, mint a hűtőgép hőmérsékletén való alkalmazás, továbbá az ortopédiai és fogászati protézisek. A szuperötvözeteket általában főleg repülőgép és ipari gázturbinákban, nukleáris reaktorokban, repülőgép és űrhajózási szerkezetekben, petrolkémiai termékekben és orvosi berendezésekben használják.
[202, TWG, 2002]

2.2. Mintakészítés

2.2.1. Általános mintakészítés

A mintakészítés, vagy más néven, az öntödei felszerszámozás nagy szakértelmet igényel, a mintáktól és magszekrényektől megkövetelt szoros tűrések eléréséhez. Ez a lépés kritikus az öntési folyamatban, mert a készített öntvény nem lehet jobb, mint a készítéséhez használt minta. A mintákat kéziszerszámokkal, univerzális gépekkel, vagy CAD/CAM rendszerrel számítógép-numerikusvezérlésű (CNC) gépeken készítik. Némely mintakészítő üzemben számítógép támogatta tervezést (CAD) használnak a minták tervezéséhez. A vágószerszámok útvonalát számítógép támogatta gyártással (CAM) tervezik. Ezeknek a számítógépeknek numerikus outputjait a CNC szerszámgépekhez továbbítják, melyek azután a gyártómintákat alakra forgácsolják. Az ilyen számítógép által támogatott rendszereknek jobb méretpontosságuk és mérettartósságuk van, mint a kézi módszereknek.

A minták (2.4. ábra) és magszekrények (2.5. ábra) jellemző anyaga a fém, műanyag, fa vagy gipsz. A viaszt és polisztirolt a precíziós illetőleg az elvesző habmintás öntési eljárásnál használják. A mintakészítőknek a szerszámok széles választéka áll rendelkezésükre, beleértve a fa- és fémmegmunkáló szerszámokat. Viaszt, műanyagot vagy poliészter kittet használnak töltőanyagként a szögletes sarkok belsejének lekerekítésére ill. kitöltésére.
[42, US EPA, 1998]

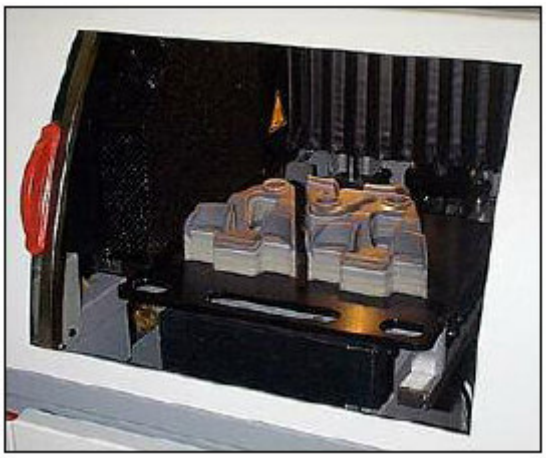


2.4. ábra Faminták
[237, HUT, 2003]

2.5. ábra Magszekrények
[237, HUT, 2003]

2.2.2. Gyors prototípuskészítés (RP)

A gyors prototípuskészítés a termék koncepciójától egy öntött prototípushoz való gyors eljutás technikája. A „gyors prototípuskészítés" fogalom magában foglal minden műszaki és szervezési intézkedést a termék koncepciójának kialakításától a termék gyártásáig. A gyors prototípuskészítés használható a termékfejlesztés minden lépcsőjében, vagyis a modellek, geometriai prototípusok, funkcionális prototípusok és műszaki vagy értékesítési prototípusok koncepciójának kialakításában. Minden jelenleg rendelkezésre álló technika lehetővé teszi egy prototípus előállítását háromdimenziós rajzból. Használatosak a homokok közvetlen szinterezéséhez és formák vagy magok készítéséhez. A technika egy tárgy formatervezett mintává való felépítéséből áll, olyan nyersanyag részecskék vagy rétegek, mint a polimer-gyanta, viasz, papír vagy kerámiapor egyesítésével. Példaként egy viaszminta látható a 2.6. ábrán.



2.6. ábra Termopolimer (viasz) minták egy RP gépben
[237, HUT, 2003]

A gyors prototípuskészítés 4 alapvető lépése a következő:

- 3D-CAD modell létrehozása,
- kapcsolat létrehozása a 3D-CAD rendszer és a gyors prototípuskészítési rendszer között. A CAD adatokat pl. át lehet alakítani STL (Standard transformation format=szabvány átalakítási formátum) fájl formátummá,
- az STL fájl alapján a minta felszeletelése vékony keresztmetszeti rétegekké,
- az RP modell megvalósítása.

A gyors prototípuskészítés előnyei, különösképpen bonyolult alakoknál a következők:

- rövidebb fejlesztési idő, és a gyors módosítások lehetősége a fejlesztés alatt,
- költség, anyag és idő megtakarítás,
- korai hibafeltárás.

[202, TWG,2002], [203, Linxe, 2002]

A rendelkezésre álló technikák áttekintése a 2.3. táblázatban található.

Eljárás	Elv	Anyagok	Különleges jellemzők
Folyékony – szilárd	Polimerizáció egy fényérzékeny gyanta helyi ultraibolya sugárzásnak való kitételével	Fényérzékeny gyanták, akrilátok, epoxik	- zsugorodás és vetemedés - a modell támasztékot igényel
Szilárd – szilárd	Egy réteg körvonalait kivágják fóliából	Papír, fémek, polimerek	- nincsenek támasztékok - alapanyag fogyasztás
	Egy termikus fúziót mutató anyag elhelyezése	ABS, viasz, elasztomerek	- a modell támasztékot igényel
	Anyag-befecskendezés	Viaszok, polimerek	- a modell támasztékot igényel
Por – szilárd	A por agglomerálása szinterezéssel	Fémek, kerámiák, homok, polisztirol, nylon, poliamid, viasz	- nincs támaszték - porozitás - zsugorodás
	A por agglomerálása kötőanyag projektálással	Timföld (alumínium-oxid)	- nincs támaszték - porozitás

2.3. táblázat A gyors prototípuskészítő technikák leírása [203, Linxe, 2002]

2.3. Nyersanyagok és nyersanyagkezelés

Az öntödébe belépő fő nyersanyagáramok a tömbfémek, öntvénytöredékek és homokok.
Különbséget lehet tenni a vasalapú és színesfémöntödék között. A színesfémöntödék általában csak saját visszatérő hulladékot és ötvözettömböket olvasztanak (2.7. ábra). A külső hulladék átolvasztását általában külön tevékenységnek tekintjük, mely szokásosan a másodlagos fémtermelés részét képezi. Ha külső hulladékot szereznek be, azt először spektroszkópiai elemzésnek vetik alá, az ötvözet típusának megállapítása érdekében. A vas- és acélöntödék nyersvasat, válogatott öntöttvas és acélhulladékot, és ezek mellett visszatérő saját hulladékot használnak kiinduló anyagokként. A különböző minőségű fémbetétet külön területeken tárolják annak érdekében, hogy lehetővé váljon az olvasztókemence ellenőrzött adagolása.

2.7. ábra Alumínium hulladék (balra) és tömbök (jobbra)
[237, HUT, 2003]

A nyersanyagokat, beleértve a darabos vagy por alakú folyósító szereket; az öntőkokszot a kupolókemencékhez; a dezoxidáló szereket és tűzálló anyagokat rendesen fedél alatt tárolják. A szállítást követően a kezelésük minimális. A por alakú anyagok szigetelt silókban tárolhatók, és pneumatikusan szállíthatók, vagy szigetelt zsákokban kezelhetők, ahogy azt a 2.8 ábra mutatja.

2.8. ábra Pneumatikus szállítóeszközök és tartályok por alakú anyagokhoz
[237, HUT, 2003]

A homokot rendszerint ömlesztve szállítják, és közvetlenül a silókba továbbítják pneumatikus szállítással, szállítószalaggal vagy markolóval. A különleges homokok zsákokban vagy tartályokban érkezhetnek. A használt (öreg) homokot silókban tárolják regenerálás, és silókban vagy rakásokban további külső felhasználás vagy lerakás céljából.

A folyékony kötőanyagokat és olajtermékeket hordókban, nagy tartályokban vagy tartálykocsikban szállítják. Ezeket a szállító tartályokban tárolják, vagy ha vasúti tartálykocsikban érkeznek, közvetlenül a kijelölt tárolókba adagolják. A tartályok csővezetékkel közvetlenül össze vannak kötve a homok/gyanta/katalizátor keverőegységgel. Bizonyos katalizátorokat és koreagenseket gázalakban használnak, de ezeket is folyadékként szállítják, és hasonlóan kezelik, mielőtt porlasztják és a hordozógázzal összekeverik őket. A porlasztást zárt körülmények között, különböző módszerekkel végzik el.

A tűzálló anyagokat, leválasztó anyagokat és egyéb kisebb szállítmányokat zárt helyen tárolják.
A durva szilárd maradékanyagokat, mint használt tűzálló anyagok és salak külön halmokban tárolják, elkülönített tároló területen vagy ládákban. Kis villás targoncákkal mozgatják és kezelik. A finom szilárd hulladékokat a leválasztó egységekben gyűjtik össze big-bagekben vagy konténerekben, melyek átmenetileg tárolhatók lerakásra való elszállítás előtt. A különböző fajtájú anyagok okozta talajszennyezés elkerülésére specifikus intézkedéseket tesznek. A potenciális hatásokat a 2.5. táblázat sorolja fel.

Az olvasztókemencébe adagolt fémbetétet gondosan kiválogatják és mérik a helyes összetétel biztosítása érdekében. Az adag összetételét minden egyes alkotó átlagos kémiai összetétele, az olvasztás közbeni oxidációs veszteségek és az öntvény megkívánt végső kémiai összetétele alapján számítják. A különböző elegyalkotókat egy adagoló berendezésben (pl. fenékürítős adagoló edényes felvonóban, vibrációs adagolóban, ferde felvonós adagolóban) egyesítik egy buktató mágnessel, mely adagoló berendezés általában mérlegelő rendszerrel ellátott, hogy lehetővé tegye a helyes mennyiség összegyűjtését.

A kiegészítő ötvözőelemeket FeSi, FeMn, FeCr, vagy tiszta Cu, C, Ni alakjában adják hozzá az elegyhez. A legtöbb ötvözőt azonban a folyékony fémhez adják hozzá az oxidáció általi fémveszteségek elkerülésére. Az ötvözőelemek általában kis mennyiségekben vannak jelen az öntödében és mindig az épületen belül tárolják, lehetőleg az olvasztómű közelében.
[32, CAEF, 1997]

Tevékenységek	Gondot okozó szennyezők		Lehetséges hatások
Nyersanyag tárolás			
Hulladéktárolás – külső, gyakran a talajon	Laza anyagok a hulladékból- fémek és bevonatok		A talaj felületének helyi szennyezése
	Olajok- magukban foglalhatnak: - PAH (policiklikus aromás szénhidrogéneket) a belső égésű motorok olajaiból - PCB-k (poliklórozott bifenilek) (főleg aprított hulladékból, ha a PBC-kiválasztás nem történt meg sikeresen)		Kilúgozódás a talajvízbe és a közeli felszíni vizekbe
	Forgácsoló kenő folyadékok- klórozottak lehetnek		
Folyadékok földalatti tartályokban	Kőolaj-termékek, pl. tüzelőolaj, dízelolaj		Kilúgozódás után szivárgás a talajba a felszíni vizekbe
Nyersanyagkezelés, -átrakás és -használat			
Vegyi kötőanyag termékek- véletlen kicsöpögés vagy szivárgás	Fenolgyanták	0,5-5% szabad fenol tartalom	Vízben oldható; beszivároghat a felszín alatti vízbe Gyors degradálódás, ha kevesebb, mint 400 ppm. Koncentrált, nagyobb mennyiségű csöppenések lassabban degradálódnak a baktériumokra mérgező hatása következtében
	Oldószerhordozók a gyantákban	Pl. metanol 20 térf.%-ig	Többnyire vízben oldhatók, beszivároghatnak a felszín alatti vízbe
	Karbamid-gyanták	Aromás oldószerek[1]	Az oldószerek beszivároghatnak a felszín alatti vízbe
	Furán kikeményítők	Toluol, xilol, benzol-szulfon-savak	Beszivároghat a felszín alatti vízbe vagy megváltoztathatja a talaj tulajdonságait, pl. fémek mobilizálása
	Karbamid alapú gyanták	Ammónia	Beszivároghat a felszín alatti és felszíni vizekbe
	Szilikátgyanták	Alkálikus pH	Beszivároghat a felszín alatti vízbe vagy megváltoztathatja a talaj tulajdonságait, pl. fémek mobilizálása
Formabevonó anyagok	Izopropil-alkohol		Vízben oldható, beszivároghat a felszín alatti vízbe
Tüzelőanyagok, karbantartási termékek: –véletlen kicsöppenés vagy szivárgás (különösen a töltőhelyek körül) –szándékos lerakás a talajon	Tüzelőolajok, dízel, benzin PAH-al és SO_4^{2-} utánégetés; Kenő- és hidraulika olajok; Edző olajok; Transzformátor olajok (potenciálisan PCB-tartalommal)		Az olajok bemosódhatnak a felszín alatti és felszíni vizekbe. PAH és SO_4^{2-} lerakódás a levegőbe a tüzelőolajok égetéséből Az SO_4^{2-}-lemosódik a talajba PAH, és PCB-k hajlamosak abszorbeálódni a talajba
[1]Korábbi formulák PAH-t (főként naftalint) is tartalmaztak, de később naftalin-mentes formulákat fejlesztettek ki, így kiküszöbölték ezt a szennyezőt.			

2.4. táblázat Vasalapú öntödék nyersanyagaiból származó lehetséges felszíni víz, felszín alatti víz és talajszennyezések

[140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001], [225, TWG, 2003]

2.4. Olvasztás és fémkezelés

Az olvasztókemence kiválasztása fontos szempontja egy öntödei folyamat felállításának. Minden kemencetípusnak megvannak a saját tulajdonságai az adagolási követelményeket és ötvözési

lehetőségeket illetően, melyeknek fordítva visszahatásuk van a teljes öntödei folyamatra. Másrészt az olvasztandó fém típusa meghatározza, hogy mely kemencét lehet és melyet nem lehet használni. A különböző kemencetípusok alkalmazhatósága a 2.5. táblázatban van megadva.

	Kupoló	**Villamos ív**	**Csatornás Indukciós**	**Tégelyes Indukciós**	**Forgó-dobos**	**Láng-kemence**	**Aknás**	**Tégely/üst**
Vas	m	m*	h	m,h	m*	m		h
Acél		m		m				h
Alumínium			m,h	m,h	m	m	m	m,h
Magnézium								m,h
Réz			h	m,h		m		m,h
Ólom				m,h				m,h
Cink				m,h				m,h
*kevésbé szokásos								

2.5. táblázat A kemencetípusok alkalmazhatósága olvasztásra (m) és hőn tartásra (h)

A vasöntödék szabályozott összetételű és hőmérsékletű fémet igényelnek, olyan mértékben szállítva, mely elegendő a formázósor változó igényének kielégítésére. Az olvasztandó fémbetét általában saját visszatérő hulladékból, vásárolt öntvénytöredékből, acélhulladékból és nyersvasból áll, olyan ötvöző anyagokkal mint a ferroszilícium, ferrofoszfor vagy ferromangán. Az adagot szokásosan kupoló- vagy villamos indukciós kemencében olvasztják. Az indukciós kemencék fokozatosan nagyobb piacot nyernek a kupolókemencékkel szemben. A tégelyes indukciós kemencéket olvasztásra használjak. A csatornás indukciós kemencéket csak hőn tartásra használják. Fő alkalmazási területük a kupolókemencékkel kombinálva, az ún. duplex eljárásban van. Gáztüzelésű és olajtüzelésű forgódobos kemencék is használhatók, azonban használatuk kevésbé szokásos. A rövid idejű hőn tartást, szállítást és fémkezelést üstökben végzik.
Az acélt mind villamos ív, mind indukciós kemencében olvasztják. A nagy acélöntödék használhatnak villamos ívkemencét, de az indukciós kemencét általánosabban használják. Az ívkemencék alkalmasak olcsó hulladékból álló adagok használatára, mivel a finomítás a kemencében megy végbe. Mindazonáltal van egy korlát, mert mindig van valamennyi szén felvétel a grafit elektródákból, így nagyon kis széntartalmú (<0,03% C) rozsdamentes acél nem gyártható bennük. Az indukciós kemencében a finomítás nem lehetséges, így gondosan válogatott adagot kell használni, azonban minden típusú acél olvasztható benne. A rövid idejű hőn tartást, szállítást és fémkezelést üstökben végzik.

A fémöntödékben használt olvasztókemence az öntöde méretétől függ. A fémöntödék gyakran a különböző ötvözetek széles választékát használják és/vagy korlátozott olvasztási kapacitásuk van. Az olvasztást kis térfogatú kemencékben végzik, melyhez a tégelykemence a legalkalmasabb. Ezenkívül a nyomásos öntés a fő öntéstechnika. Ebben az esetben gyakran nincs szükség központosított olvasztásra, mert az olvasztó (és hőn tartó) kemence az öntőgépbe integrált. Az olyan nagyobb kapacitású fémöntödék, melyeknek szükségük van központosított olvasztásra (vagy az ésszerű), jellemzően indukciós, láng-, vagy aknás kemencéket használnak az olvasztásra, és azután szétosztják a folyékony fémet a hőn tartó kemencék és öntőüstök között.
[174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

2.4.1. Kupolókemencék

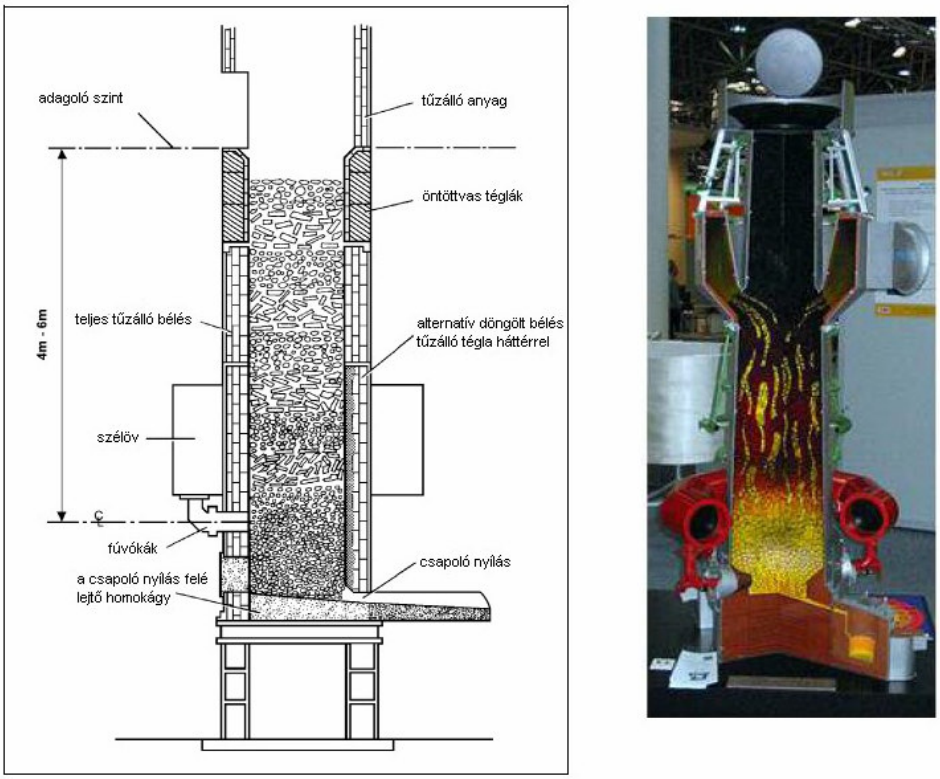
2.4.1.1. Hidegszeles kupolókemence

A kupoló egy tűzálló béléssel ellátott aknás kemence, ahol a fémbetétet a koksz égésével hevítik, mely az akna alsó részében megy végbe. A ventillátorok (fúvógépek) által szállított égéslevegőt (fúvószelet) a fúvóövbe fújják be bizonyos számú fúvókán keresztül. Egy gyűrű és szabályozó szelep lehetővé teszi az égéslevegő szabályozott és egyenletesen elosztott áramát a fúvókákon keresztül. A fémbetétet (nyersvas, acélhulladék, öntvénytöredék és saját visszatérő hulladék), kokszot, ötvöző elemeket (pl. FeSi, SiC), salakképzőt (SiO_2) és folyósító szert (pl. $CaCO_3$) az akna felső részén levő adagoló nyíláson keresztül adagolják be az aknába. Az égésgázok felfelé haladnak a medencéből és előmelegítik a lefelé mozgó fémbetétet mielőtt elhagynák a kemencét a kupoló kéményén keresztül, közben valamennyire lehűlnek (hőcserélés).

Amikor az előmelegített adag eléri az égési zónát (olvasztózónát) a fémes részek megolvadnak a nagy hőmérséklet következtében, és a beadagolt koksz égni kezd az oxigén jelenlétében.
A megolvadt vascseppek áthaladnak a kokszágyon, és összegyűlnek a medencének nevezett zónában, mely az olvasztózóna alatt van. Minden szennyezést a salak fog fel, mely többnyire SiO_2-ból, CaO-ból, Al_2O_3-ból és FeO-ból áll. A folyósító szerek csökkentik a salak olvadáspontját és viszkozitását. Kisebb sűrűségének következtében a salak a folyékony fém felszínén úszik a medencében. Amikor a folyékony vas a medencében elért egy bizonyos szintet, megnyitják a csapoló nyílást. A fém szakaszosan folyik a csapoló nyíláson keresztül, egy tűzálló béléssel ellátott csatornán át a külön gyűjtő edényekbe vagy üstbe. Változatként a folyékony vas folytonosan a hőn tartó kemencébe vezethető.

A salakot külön csapolják egy gát és egy magasabb szinten elhelyezett salakoló nyílás segítségével. Szakaszosan edényekben gyűjtik, vagy folyamatosan granulálják vízsugárral, vagy különleges granuláló berendezéssel.

Alapvető formájában, a kupolót hidegszeles kupolókemencének hívjuk. Ez az a kupoló, mely a szelet 600-900 mm vízoszlop-nyomással és rendes környezeti hőmérsékleten használja. A 2.9. ábra a hidegszeles kupolókemence és egy modell keresztmetszetének sematikus képét mutatja.



2.9. ábra Egy hidegszeles kupolókemence sematikus körvonala és miniatűr modellje
[44, ETSU, 1993], [237, HUT, 2003]

A CO-kibocsátás csökkentése és az energiahatékonyság érdekében megfontolható a hidegszeles kemencék forrószelesekkel való felváltása (ld. a 4.5.2. szakaszt). Azonban a közepes méretű, havonta 2000 tonna jó öntvénynél kisebb termelésű öntödék számára a forrószeles kupolókemence figyelembe vétele nehéz, annak nagy beruházási költségére való tekintettel. A forrószeles kupolókemence alkalmazása folyamatos olvasztásra is korlátozott, mivel másképpen túl nagyok az üzemeltetési költségek. A hidegszeles kupolókemence uralkodó bizonyos fajta öntvények termelésénél, pl. zománcozott vasöntvények, konyhai eszközök, fűtőberendezések, ellensúlyok. Ezek a típusú öntvények lehetővé teszik a nagymennyiségű öntöttvas hulladék használatát betétanyagként, egy olyan betétanyagét, mely még elegendő mennyiségben áll rendelkezésre a régi ipari Európa országaiban, s amely jól alkalmas a hidegszeles kupolókemencében történő olvasztáshoz.
[44, ETSU, 1993], [156, Godinot, 2001], [202, TWG, 2002]

2.4.1.1.1. Karbantartás

A kupolókemence egyik jellemző tulajdonsága, hogy az olvasztó és túlhevítő zóna tűzálló bélése (kvarc-agyag keverék) csak egy olvasztási kampányt bír ki. Az erős hő és a salak jelenléte a bélés kémiai bomlását és mechanikai kopását idézi elő, mely következésképp salakká alakul. A kupolókemencéket ezért rendesen párban építik. Amíg az egyik kemence olvaszt, a másik kibélelhető új tűzálló anyaggal, míg a működtetést a következő napon az újonnan bélelt kemencére lehet áthelyezni és így tovább.
[110, Vito, 2001]

2.4.1.1.3. Előnyök:

- a beruházási költség 125 000-150 000 EUR t/h olvasztási teljesítményenként, beleértve a porleválasztó berendezést,
- különböző fajta (olcsó) hulladék használható,
- a termikus hatásfok elfogadható, ha megfelelő intézkedéseket alkalmaznak.

2.4.1.1.4. Hátrányok:

- a termelésvezetés nem rugalmas,
- nehéz a termelés irányítása a rendszer lassúsága miatt,
- drága az adag nyersvassal és kevés acélhulladékkal,
- gyors ötvözetváltás nem lehetséges,
- kénfelvétel megy végbe a kupolókemencében,
- környezetterhelést okoz az öntöde, ui. sok a por, salak és tűzálló anyag hulladék,
- nagy porleválasztó berendezésre van szükség, a nagy füstgázáram miatt.

[110, Vito, 2001]

2.4.1.2. Forrószeles kupolókemence

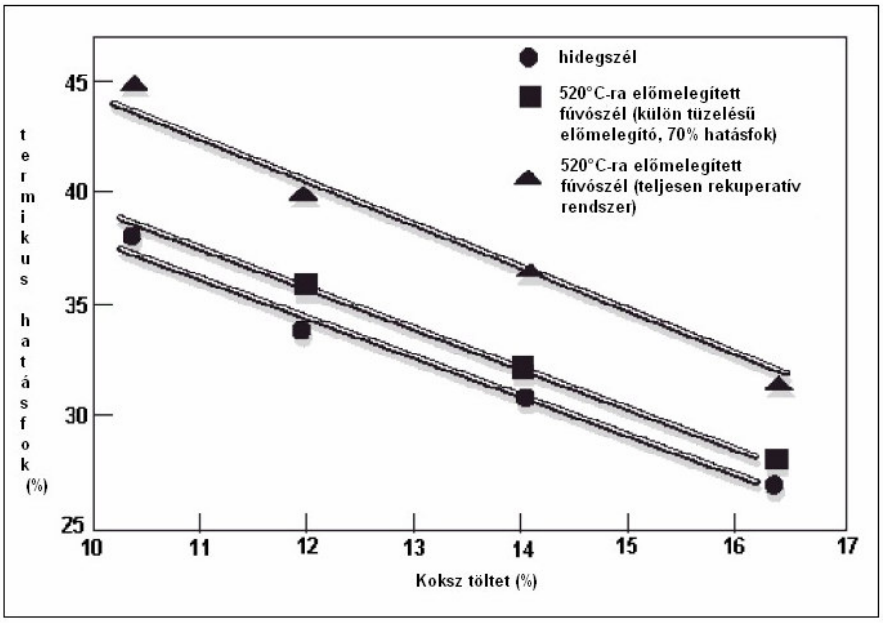
A kupolókemence hatásfokának optimalizálása érdekében, az égéslevegőt elő lehet melegíteni. Ezt az elvet használják a **forrószeles kupolókemencénél**, vagyis az előmelegített fúvószelet használó kupolónál.

A forrószeles üzem előnyeit a következőkben lehet összefoglalni:
- alacsonyabb kokszfelhasználás,
- megnövekedett fémhőmérséklet,
- megnövekedett olvasztási teljesítmény,
- alacsonyabb kénfelvétel,
- alacsonyabb olvasztási veszteség,
- megnövekedett szénfelvétel, evvel a nyersvas egy részének helyettesíthetősége acélhulladékkal az adagban.

Meg kell jegyezni, hogy nem az összes előnyt lehet egyszerre elérni. Például az acélhulladék arányának növelése az adagban megkövetelheti a kokszarány növelését a felkarbonizáláshoz; ez egyidejűleg csökkenti az olvasztási teljesítményt és növeli a kénfelvételt.
Az előmelegítés módszerei a következők:
- *rekuperatív előmelegítés:* ez magában foglalja a füstgázok maradék („látens") hőjének átadását az égéslevegőnek. A torokgázokat összegyűjtik a kemence tetején, összekeverik elegendő levegővel, és azután elégetik az égető egységben. Ez a CO exotermikus oxidációját idézi elő. Az elégetett gázokat keresztül vezetik egy hőcserélőn (rekuperátoron) ahol a hő átadódik a fúvószélnek. Jellemzően a fúvószelet 500-600˚C hőmérsékletre hevítik. Ennél nagyobb hőmérsékleten problémák lépnek fel a kemencepor és a rekuperátor felületének szintereződésével.
- *külső hevítés.* Itt a fúvószelet valamilyen külső módszerrel hevítik pl. gáz- vagy olajégővel, villamos ellenállással vagy plazmaégővel.

E két hevítési módszer kombinálása lehetővé teszi a fúvószél 1 000˚C hőmérsékletig való előmelegítését. Ezek a nagy hőmérsékletek azonban megkövetelik drágább tűzálló anyagok használatát, és túl nagy olvasztási hőmérsékletet okozhatnak.

A rekuperatív rendszerek magas energia és termikus hatásfokot biztosítanak. A levegő előmelegítésének hatását a termikus hatásfokra és a kokszfogyasztásra a 2.10. ábra szemlélteti. Meg kell jegyezni, hogy a kokszminőség hatással lehet az általános fúvási hatékonyságra.



2.10. ábra Az előmelegítés hatása a kupolókemence termikus hatásfokára
[44, ETSU, 1993]

A közepes méretű, 2 000 t/hó-ig terjedő jó öntvény termelésű öntödék számára nehéz a forrószeles kupolókemence választása, a nagy beruházási költség miatt. Ezekben az esetekben a hidegszeles kupoló marad az uralkodó bizonyos fajta termelésekhez. A forrószeles kupolókemence a legszélesebb körben alkalmazott olvasztó berendezés a tömeggyártó öntödékben, pl. az autóipari alkatrészeket készítőkben, a pörgetett öntvényeket és úti kellékeket gyártókban.
A forrószeles kupolókat rendesen hosszú olvasztási kampányú üzemeltetéshez alkalmazzák, a folyamat átállítások és a karbantartási idő valamint ráfordítás minimalizálása érdekében.
[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [156, Godinot,2001]

2.4.1.2.2. Előnyök:

- kevesebb kokszfogyasztás,
- nagy csapolási hőmérséklet,
- nagy olvasztási teljesítmény,
- kisebb kénfelvétel a kupolóban,
- a különböző fajta, gyengébb minőségű, olcsó vasalapú hulladékok használatának lehetősége,
- több acélhulladék használható a nyersvas nagyobb szén felvétele eredményeként.

2.4.1.2.3. Hátrányok:

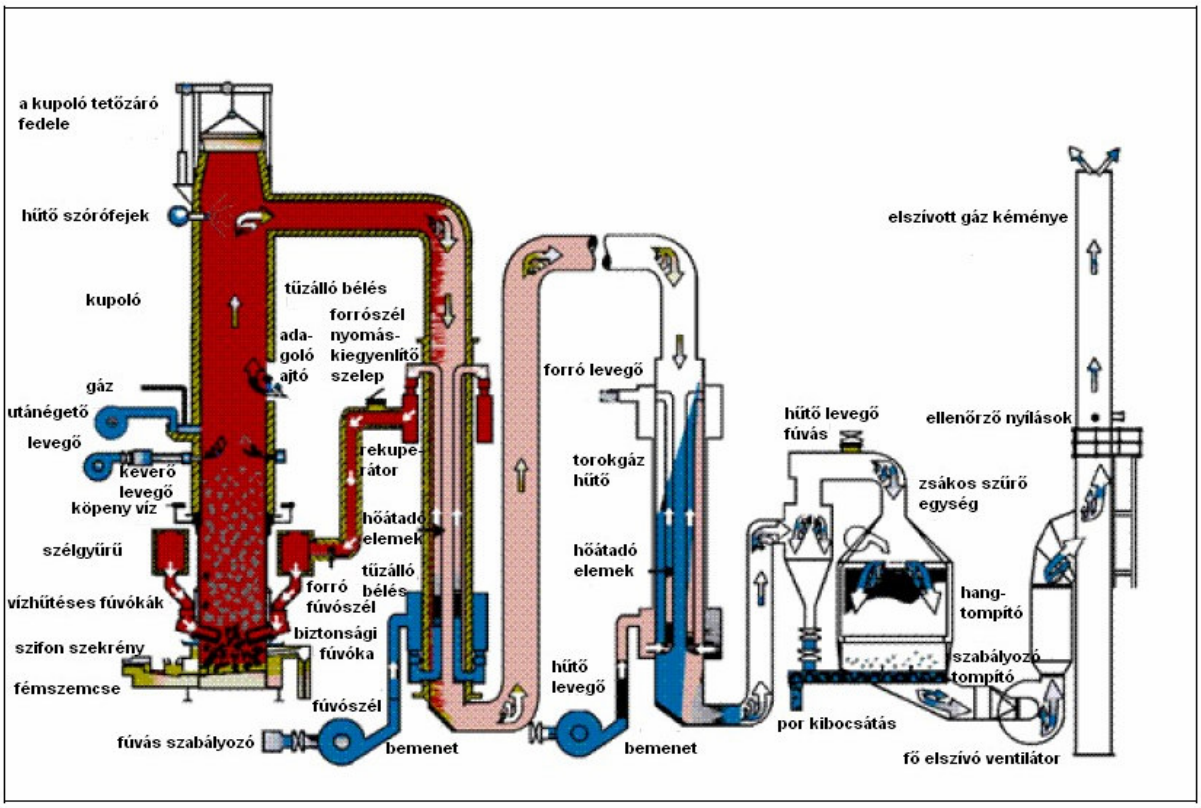
- nagyon drága beruházás, a megkívánt kiegészítő környezetvédelmi intézkedések következtében,
- nehéz termelésigazgatás a rendszer lassúsága következtében,
- csak vasötvözetekre van korlátozva, gyors ötvözetváltás nem lehetséges,
- az öntöde által okozott környezetterhelés, vagyis sok por, salak és tűzálló béléshulladék,
- nagy porleválasztó berendezésre van szükség a nagy füstgázáram miatt.

[110, Vito, 2001]

2.4.1.3. Hosszú kampányú kupolókemence

A **hosszú kampányú kupolókemence** általában egy vízhűtéses, tűzálló bélésű kupoló, mely lehet forrószeles és hidegszeles is. Az ilyen kupolókemencéket naponta egy, kettő vagy három műszakban üzemeltetik, és gyakran csak egy egységként használják. Ennek a formának több hetes vagy hónapos kampány élettartama van. Megjegyzendő, hogy ezt a kemencefajtát csak nagy termelésű öntödékben célszerű használni, és jelenleg Magyarországon nem használatos.

A bélés nélküli kupoló sokkal hosszabb kampány élettartamot tesz lehetővé, de a hőveszteségek a kemenceköpenyen keresztül jelentékenyek lehetnek. További folyamatos fejlesztéseket végeznek a tűzálló anyagokkal a gyakorlatban, melyek javítják a hosszú kampányú kupolókemence élettartamát és költséghatékonyságát. Egy hosszú kampányú kupolókemence sematikus ábrázolása látható egy, az aknában elhelyezett utánégető égővel, a 2.11. ábrán.



2.11. ábra Egy hosszú kampányú kupolókemence sematikus bemutatása

[150, ETSU, 1998]

A hosszú kampányú üzemeltetés lehetővé tételére a következő intézkedéseket kell tenni:

- ellenállóbb tűzálló bélés alkalmazását az aknában, a feneken és a medencében,
- a kemence vízhűtésének alkalmazását: ez kis értéken tartja a falazat hőmérsékletét, és így megakadályozza a medence bélésének gyors elhasználódását.

Vízhűtéses fúvókák, melyek ezáltal mélyebben behatolnak a kemence aknájába, alkalmazása is további gazdasági előnnyel jár. Itt az égési zóna nincs közvetlen kapcsolatban a kemencebéléssel. A vízhűtést más okokból is használják, mint a tűzálló anyag fogyasztás csökkentése, mint pl.:

- az olvadék tartósságának kiterjesztése,
- a kemence belső átmérője növelésének lehetővé tétele, és így nagyobb olvasztási teljesítmény lehetővé tétele.

A bélés nélküli üzemeltetésnél az adag közvetlen kapcsolatban van a vízhűtéses acél kemenceköpennyel. A bélés nélküli üzemet csak viszonylag nagy kapacitású kupolóknál alkalmazzák, olvasztási kampányokhoz. Ez a következőket eredményezi:

- csak egy kupolóra van szükség,
- a kupoló csak belső javítást igényel, egy vagy több hetes üzemeltetés után,
- a napi alapkoksz fogyasztás csökken,
- a monitoring könnyebb a kampány alatt, az állandó átmérő és az állandóbb olvasztási körülmények miatt.

A hosszú kampányú kupoló egyik különleges típusa a koksz nélküli kupoló. Ezt a 4.2.1.4. szakaszban tárgyaljuk.
[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [110, Vito, 2001], [150, ETSU, 1998]

2.4.1.4. A légszennyezés természete

A kupolókemencéket az anyagok széles választékával lehet adagolni, melyek közül sok tartalmazhat olyan laza részecskéket, mint a rozsda, homok és nem fémes anyagok. Az öntödei koksz morzsolódhat, és kis részecskéket képezhet, ugyanúgy a folyósító anyagok is. A morzsolódás és mechanikai súrlódás az adag-előkészítés és maga az adagolás alatt is részecskéket hoz létre, melyek közül néhány azonnal emittálódik.
Az olvasztás alatt az adag abráziója (elmorzsolódása) a tűzálló béléssel szemben tovább folytatódik, és ez is port képez.

A részecskék képződésének harmadik forrása a kokszhamu, mely az olvasztózónában képződik, s melyet nem visz magával a salak.
A különböző forrásokból származó szemcsés anyagot, ha elég könnyű magával ragadhatják a kupoló füstgázai. Bizonyos körülmények között a metallurgiai folyamatok során füst keletkezhet az olvasztózónában, mely látható füstgomolyhoz vezet a kupoló kéményénél. A metallurgiai füst részecskéi szubmikron nagyságú, gömb alakú korom agglomerátumokból és olyan fémoxidokból állnak, mint pl. a ZnO, PbO stb., ha ezek a fémek jelen vannak az adagolt vas vagy acélhulladékban, mint pl. a galvanizált vagy festett hulladékban.
A füstkibocsátás nő a koksz és a szennyezők arányának növekedésével az adagban, a fúvószél hőmérsékletével és az oxigén-befúvás arányával.

A széntartalmú füst lebegő anyag, mely a szerves anyagok tökéletlen égéséből származik a kupolóban. A hulladékok olyan szennyezői, mint az olaj és zsír, fa, textíliák és gumi, olajos párákat képeznek a kéménygázokban A párák és részben elégett szerves anyagok kellemetlen szagokat okozhatnak.

A hulladék tisztasága és természete jelentékeny hatást gyakorol az kibocsátások természetére. A koksz égése CO_2-, CO- és SO_2-tartalmú szagos gázokat képez. A kokszadag csökkentése (a termikus hatásfok növelésével) vagy (részleges vagy teljes) helyettesítése földgázzal segíthet ezen anyagok szintjének csökkentésében.

2.4.2. Villamos ívkemence

A villamos ívkemence egy adagonként olvasztó kemence, mely egy nagy, tál alakú, tűzálló bélésű medencéből áll. A széles kemencealak lehetővé teszi a zömök betétanyagok kezelését, és hatékony reakciókhoz vezet a salak és a fém között. A köpeny átmérője jellemzően 2 és 4 m között van. Ahogy a 2.12. ábra mutatja a kemence tűzálló bélésű fedéllel van ellátva, melynek három nyílása van a grafitelektródák számára. Az elektródákat karok tartják, melyek fölfelé és lefelé való mozgást tesznek lehetővé. A legtöbb kemencének tetőadagolása van: a tető és az elektródák oldalirányú elmozdításával a kemence felülről adagolhatóvá válik egy fenékürítős adagolóedény vagy mágnes használatával. A fémes betétet villamos ívvel hevítik, mely a háromfázisú váltóáram által a három elektróda között képződik. Ezek az adag fölött vannak elhelyezve, mely maga semlegesként működik.

2.12. ábra Villamos ívkemence
[237, HUT, 2003]

A kemencét buktatással csapolják, kényszerítvén a fémet arra, hogy kifolyjon a csapoló-csatornán. A csapoló nyílással szemben egy kezelő-ajtó lehetővé teszi a lesalakolást és próbavételt a csapolás előtt.

A kemence bélése lehet savas (SiO_2-alapú tűzálló anyag), vagy bázikus (MgO alapú tűzálló anyag). A bázikus bélés lehetővé teszi a valójában mindenféle acélhulladék használatát. A kemence használható erősen ötvözött és ausztenites mangánacél gyártására is. Ha nagy foszfor- és kéntartalmú hulladékot használnak, rendszerint égetett meszet és mészkövet adnak hozzá foszfortalanítás és kéntelenítés céljából. A savas bélést megtámadnák ezek a vegyületek. Ezért a savas bélésű kemencéket kis kén- és foszfortartalmú hulladékok olvasztására használják csak.

A villamos ívkemencéket csaknem kizárólag acél olvasztására használják. Csak nagyon ritka esetekben használják ezeket öntöttvas gyártására, mely megkívánja a szénpor hozzáadását az olvadékhoz. Az acélöntödék számára tervezett villamos ívkemencék 1,5-50 t kapacitásúak. Szakaszosan üzemeltethetők, és alkalmasak széles skálájú összetételű acélok olvasztására. Nagy hőmérsékletű acélokat tudnak biztosítani, jellemzően egytől két óráig terjedő olvasztási idővel,

miközben 80%-ig terjedő termikus hatásfokot érnek el. Az energiafelhasználás 500-800 kWh/t olvasztott acél között mozog, a kemencekapacitás, a forró fém-fogyasztás, az alkalmazott finomítási technikák, a csapolási hőmérséklet és a porleválasztó berendezés függvényében. A teljes olvasztási idő jellemzően 1-4 óra.

2.4.2.1. Olvasztás és finomítás a savas bélésű villamos ívkemencével

A savas bélés (SiO_2) kémiai természete következtében ennek a kemencének finomítási képességei a dekarbonizálásra korlátozottak. Következésképp nagy gondot kell fordítani a betétanyag kiválasztására, az elfogadható kén- és foszforszintre, mivel ezek az elemek nem távolíthatók el a savas olvasztási technikával. A betét kiegyensúlyozott mennyiségű nyersvasból, öntödei visszatérő hulladékból és vásárolt hulladékból áll. A szenet a betétben elég magas szinten tartják úgy, hogy olvasztás után 0,2-0,4%-al a végső szint felett legyen.

A dekarbonizálás oxigén fürdőbe befúvásával kezdődik. Ez erős fürdőmozgást idéz elő, miközben a szén kiég az olvadékban. Egyidejűleg a „fővés" kiégeti a Si-t és kiöblíti a H_2-t és N_2-t a fémfürdőből. Minden szennyezőt (oxidokat) felfog a salak. Olvasztás közben homokot (SiO_2) lehet hozzáadni a salak helyes összetételének létrehozásához. Amikor a szén eléri a helyes koncentrációt, leállítják az oxigén-befúvást, és szilíciumot és mangánt adnak a fürdőhöz a fővés leállítására.

A salak eltávolítása után ellenőrzik a fém összetételét és kiigazítják azt, ha szükséges. Végül a fémet dezoxidálják alumínium vagy más dezoxidáló szer fürdőhöz vagy a fémsugárhoz adásával csapolás közben, annak megakadályozására, hogy CO-buborékok keletkezzenek megdermedés közben. Kiegészítő kéntelenítés és/vagy foszfortalanítás végezhető egy AOD (argon-oxigén-dekarbonizáló) vagy VODC (vákuum-oxigén-dekarbonizáló) konverterben (ld. a 2.4.9. és 2.4.10. szakaszt).
[32, CAEF, 1997], [161, UK Environment Agency, 2002]

2.4.2.2. Olvasztás és finomítás a bázikus bélésű villamos ívkemencével

Az alkálikus, MgO-alapú bélés ebben a kemencében lehetővé teszi a fém magában a kemencében történő finomítását. Ezért lehetséges a kemencét a hulladékok és öntödei visszatérő hulladék valójában minden kombinációjával tölteni. A bázikus béléses gyakorlatot akkor használják, ha a vásárolt hulladék nagyobb foszfor- és kéntartalmú a kívánatosnál.

Az olvadék foszfortalanítását időszakosan mész hozzáadásával végzik beolvasztás közben. Az oxigénbefúvás hatására a fürdőben foszfortartalmú oxid képződik, mely a salakba kerül, más fémoxidokkal és szennyezőkkel együtt. A mész a salakot nagyon bázikusan tartja, mely stabilizálja a foszforos oxidokat. Egyidejűleg kiég a szén. Elegendő reakcióidő után, az oxigén-befúvást leállítják és a salakot teljesen eltávolítják.

A kéntelenítés egy második fázisban történik, hasonlóan, de nagyobb hőmérsékleten. Ismét meszet vagy mészkövet adnak az olvadékhoz, reagálva kénnel oldhatatlan CaS t képezve, melyet a salak magába foglal. Szén, alumínium, vagy FeSi periodikus hozzáadása csökkenti a fémoxidokat (pl. mangán-, króm-oxidokat), és emellett csökkenti ezeknek az elemeknek veszteségeit a fémfürdőben. Minden más szennyezőt (oxidokat) felfog a salak, és távozik a végső lesalakolással.

Finomítás után ellenőrzik a fém összetételét, szükség szerint kiigazítják. Végül a fémet dezoxidálják alumínium vagy más dezoxidáló szer hozzáadásával a fürdőhöz csapolás előtt, hogy megakadályozzák CO-buborékok képződését megszilárdulás közben. További fémkezelést lehet alkalmazni AOD vagy VODC konverterben (ld. a 2.4.9. ill. 2.4.10. szakaszt), ha az ötvözet végső összetétele ezt megkívánja.
[32, CAEF, 1997], [161, UK Environment Agency, 2002]

2.4.2.3. A légszennyezés természete

A villamos ívkemence kibocsátásai az adagolásból, olvasztásból, finomításból és a kemence csapolásából erednek.

Adagolás közben por és piszok bocsátódik ki a nyitott kemencetestből. Amikor forró kemencét adagolnak (pl. különösképpen olvadt tócsával történő olvasztásnál), az éghető anyagok, mint zsír, festék vagy olaj meggyullad, és füstfelhő emelkedik fel az elégett vagy részlegesen elégett szerves anyagokból, és por részecskékből. A kemencebélés mechanikus abráziója is képez további port.

Az olvasztás közben a hulladék hevítése oxidfüstöt képez, mely jelentékenyen nő a dekarbonizáló kezelés közben. Az oxigéngáz befúvása a folyékony fémbe jelentékeny mennyiségű vasoxid-füstöt fejleszt, mely piros füstfelhő alakjában hagyja el a kemencét. A salakképző anyagok hozzáadása növeli a kemence kibocsátását, de csak kis mértékben és rövid ideig.

Kisebb kibocsátásra kerül sor a folyékony fémnek a hőn tartó kemencébe való átszállítása közben.

Az olvasztási műveletek közbeni kibocsátásokat elsődleges vagy primer kibocsátásoknak nevezzük. Másodlagos, vagy szekundér kibocsátás az adagolás és csapolás közben keletkező füst és por.

A kibocsátások természete és mennyisége, a por- és füstkibocsátások különböző forrásai tekintetében, a fent leírtak demonstrálják, hogy nagy különbségek vannak az egyes öntödék között, az adagolt anyag, az alkalmazott adagolási eljárás, az adag összetétele, a finomító kezelések és az olvadékhoz hozzáadott adalékok függvényében. Mivel szenet és más tüzelőanyagot nem égetnek el a kemencében, a kibocsátások egyedül ezektől a paraméterektől függenek.

2.4.3. Indukciós kemencék

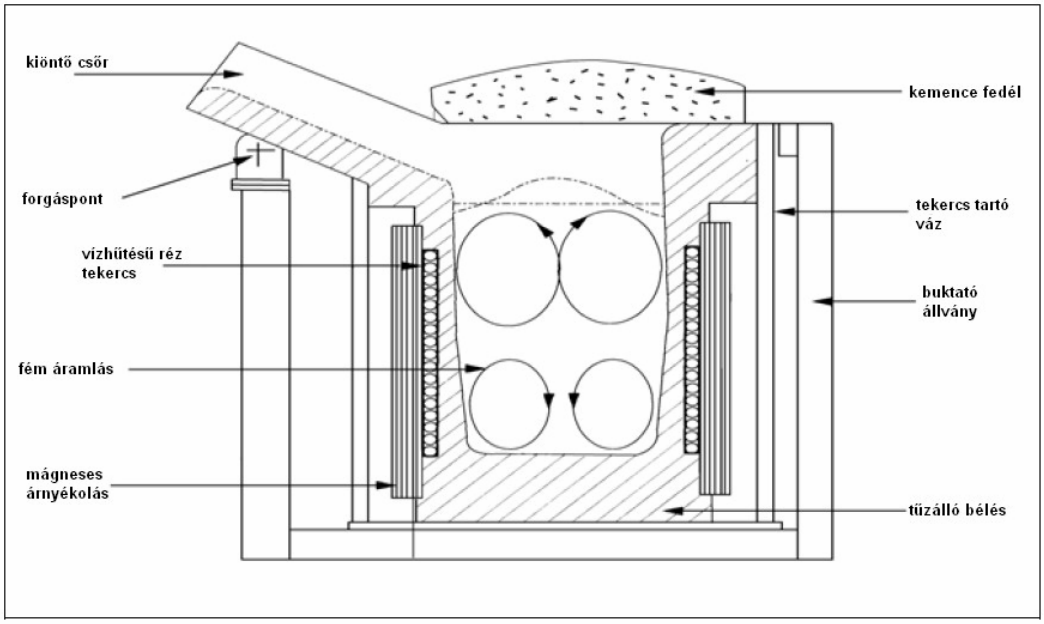
Indukciós kemencéket használnak mind vas- és acélolvasztásra, mind színesfémolvasztásra. Számos típusú indukciós kemence áll rendelkezésre, de valamennyi úgy üzemel, hogy felhasználja azt az erős mágneses teret, melyet villamos áram indukál egy, a kemence körül elhelyezett tekercsen való áthaladás közben. A mágneses tér ezzel szemben feszültséget hoz létre, következésképp villamos áramot a megolvasztandó fémen keresztül. Az indukciós kemencék széles körű választékban és különböző nagyságokban készülnek. Mivel nincs érintkezés az adag és az energiahordozó között, az indukciós kemence alkalmas acél, öntöttvas és színesfémolvasztásra egyaránt, ameddig alkalmas bélésanyag található.

A vízhűtéses rendszerek helyes működése alapvető a tekercs túlhevülésének megakadályozása szempontjából. A vízhűtéses rendszereket ezért úgy tervezik, hogy a megbízhatóságnak legmagasabb szintjét biztosítsák, és így különböző termosztátokat és áramlásmérőket építenek be.
[42 US EPA, 1998], [47, ETSU, 1992], [110, Vito, 2001]

2.4.3.1. Tégelyes indukciós kemence

2.4.3.1.1. Leírás

A tégelyes indukciós kemence adagonként olvasztó (szakaszos) kemence, mely vízhűtéses réztekercset tartalmaz és belül hőálló anyaggal van bélélve. Kívül szigetelt és acélköpenybe van zárva. A kemencetest vázra van építve, mely buktató készülékkel ellátott. A tégelyes indukciós kemence rendszerint tűzálló bélésű vödör alakú edény, mely fölül nyitva van az adagoláshoz és a salakolási művelethez (ld. a 2.13. ábrát).



2.13. ábra A tégelyes indukciós kemence általános elrendezése
[47, ETSU, 1992]

A kapacitás szerint a kemencét emelőmágnessel, felvonóvödörrel, vibrációs szállítóval vagy kézzel adagolják. Az öntödék nagy száma indukciós kemencét használ viszonylag kis sorozatok gyártásához nagy összetétel választékban. A kemencekapacitások 10 kg és 30 t között változnak. A tekercset hálózati, közép- vagy nagyfrekvenciás (50, 250 vagy 1 000 Hz) váltóárammal táplálják. A beépített áramsűrűségtől és az olvasztási gyakorlattól függően a termikus hatásfok meghaladhatja a 80%-ot, de általában 60 és 70% között mozog. Ha a villamos áramfejlesztő hatásfokát is figyelembe vesszük, akkor a teljes hatásfok 15-20%-ot tesz ki, mely nagyon kicsi más kemencetípusokéhoz képest.

A tégelyes indukciós kemencék tervezhetők 50 Hz-el kezdődően bármely frekvencián való üzemeltetésre. A folyékony fém indukciós hevítése fürdőmozgást idéz elő. Minél kisebb a primer áram frekvenciája, annál erősebb a fürdőmozgás. Ezért a hálózati frekvencián, 50 vagy 60 Hz-en dolgozó kemencében erősebb az örvénylés, mint nagyobb frekvencián működőben. Az erős örvénylés miatt a hálózati frekvenciás kemencébe bevitt áramerősség 250 kW/t kapacitásban korlátozott. Nagyobb frekvenciáknál az áramsűrűség ennek a szintnek három-, négyszeresére növelhető.

A működtetés frekvenciája az árambehatolásra is hatással van. Minél nagyobb a frekvencia, annál kisebb a behatolási mélység. Ez hatással van az adagolt darab minimális nagyságára és a hatékony

kemencenagyságra is. Az 50 Hz-es kemencék nem praktikusak 750 kg-nál kisebb kapacitásokhoz 10 kHz-nél 10 mm-nél kisebb átmérőjű darabok is hevíthetők, akár mindössze 5 kg kapacitású kemencék is használhatók. Megbízható frekvencia-átalakítók lehetővé tették olyan különleges egységek kifejlesztését is, ahogy az a 2.6. táblázatban látható. A frekvenciát általában 250-350 Hz-ben korlátozzák (variálható frekvenciák esetében), mert a nagyobb frekvenciáknál a fém homogenizálódása nem kielégítő. Nagyobb frekvenciát különleges esetekben használnak, pl. nagyon kis kemencék esetében. A 2.14. ábra különböző méretű tégelyes indukciós kemencéket mutat.

Frekvencia (Hz)	Alkalmazás
70	Sárgaréz forgács
100	Alumínium kaparék
100-150	Öntöttvas fúróforgács
250	Alumínium extrudálási kaparék
250	Öntödei visszatérő vas- és acélhulladék
500-1000	Acélolvasztás és nedves öntöttvas fúróforgács olvasztása
1000-3000	Rézötvözetek széles választéka
3000	Precíziós öntés
10000	Ékszeripar

2.6. táblázat Rendelkezésre álló indukciós kemencék alkalmazási területe az alkalmazott frekvencianagyságok szerint
[174, Brown, 2000]

2.14. ábra Tégelyes indukciós kemencék
[237, HUT, 2003]

A vízhűtéses rendszerek alapvetők a tégelyes indukciós kemencék működtetéséhez. A tekercs hűtése védi mind a tekercset, mind a szigetelést a termikus sérüléstől, nemcsak a rendes üzem közben, hanem a hűlés ideje alatt is, amikor az áramot lekapcsolták, és a kemencét kiürítették. Számos típusú hűtés áll rendelkezésre, zárt köröket tartalmazók hőcserélővel, vagy nyílt elpárologtatós rendszerűek. A hűtőrendszer megléte megnyitja a lehetőséget a belső energia-visszanyeréshez.
[32, CAEF, 1997], [47, ETSU,1992], [110 Vito, 2001], [174, Brown,2000], [176, ETSU, 1998], [202, TWG, 2002]

2.4.3.1.2. Olvasztási gyakorlat

A tégelyes indukciós kemencét használják olvasztásra, de nem használható finomításra. Ezért az acélöntödékben az indukciós kemencét „helyes” összetételű nyersanyaggal adagolják, vagyis olyannal, amely megfelel az olvadék megkívánt összetételének; ezért főként acélhulladékot használnak. Ha szükséges a fém finomítható olvasztás után AOD konverterben, vagy különleges üstkezeléssel (ld. a 2.4.12. szakaszt).

A nagy energiájú kemencék lehetővé teszik a „csapolás és adagolás” módszerrel való olvasztást. Itt a kemencét teljesen üresre csapolják, majd hideg anyaggal adagolják a következő ciklus megkezdéséhez. Az „olvadt tócsa” módszert használják a kisebb áramerősségű (hálózati frekvenciás) kemencéknél, ahol az olvadék mintegy egyharmadát csapolják le a hideg betétanyag hozzáadása előtt. A jobb elektromágneses kapcsolódás miatt a folyékony olvadék és a tekercs között a kevésbé sűrű szilárd (hideg) adaghoz képest, a teljesítmény jelentékenyen nő, amikor az utóbbi módszert használják a kisebb frekvenciás kemencéknél.

A 0,2%-nál nagyobb reaktív elemeket (Al, Ti és Zn), tartalmazó acélfajták nem olvaszthatók olyan oxidáló környezetben, mint a levegő. Ezek inert atmoszférájú vagy vákuumos olvasztási és öntési módszereket igényelnek. Ezt úgy kaphatjuk meg, hogy az indukciós kemencét vákuum alá, vagy légmentes körülmények közé helyezzük. A vákuum alá helyezés az olvadék nagyon jó gáztalanítását eredményezi. Az erősen oxidálható elemeket vákuum alatt vagy inert gázzal való visszatöltés után adják hozzá.

Az indukciós kemencék kitűnő olvasztó egységek, de általában kevésbé hatékony hőn tartók. Amikor csak olvasztásra használják őket, a folyékony fémet többnyire átszállítják egy hatékony hőn tartó kemencébe, mihelyt az elérte a megkívánt hőmérsékletet. Sokféle típusú tégelyes indukciós kemence áll rendelkezésre, rögzített vagy elmozdítható tégelyekkel. Az alumíniumhoz mind csatornás, mind tégelyes indukciós kemencék rendelkezésre állnak, olvasztásra és hőn tartásra egyaránt. Mindamellett a csatornás típust ritkán használják, a csatorna nyitva tartásának nehézsége és az olvadt tócsa állandó fenntartásának szükségessége miatt.
[32, CAEF, 1997],[48, ETSU, 1994]

2.4.3.1.3. Előnyök:

Számos előnyére való tekintettel az indukciós kemencét egyre növekvő mértékben alkalmazzák. Fő előnyei a következők:

- nagyobb a rugalmassága az ötvözeteknél és az olvasztás-vezetésnél,
- rövid olvasztási idők,
- kisebb az öntöde okozta környezetterhelés,
- kevés karbantartás, a tűzálló bélés élettartama függvényében,
- jó folyamatvezérlés: számítógép támogatás és teljesen automatikus üzemeltetés lehetséges, mely lehetővé teszi az optimális hőmérsékletszabályozást,
- maximális termikus hatásfok lehetséges, ha a paramétereket helyileg számítják és állítják be,
- a fürdő erős mozgása homogénné teszi az olvadékot,
- lehetővé teszi az adagolást, próbavételt és lesalakolást a hőn tartás során, bár kis hatásfokkal (azonban réz és alumínium esetében nagy hatásfokú hőn tartást jelentettek).

2.4.3.1.4. Hátrányok:

- a helyi áramszolgáltató monopóliuma miatt az üzemeltető teljesen függő helyzetben van a helyi villamos hálózat kapcsolási viszonyaitól, az energiaköltségektől és minden lehetséges külön költségtől (csúcsidei korlátozás, stb.),
- az energiaköltségek nagyobbak, mint fosszilis tüzelőanyagok használata esetén,
- az indukciós kemence olvadék-tisztítási lehetősége korlátozott a kismennyiségű salak és a salak és az olvadék közötti viszonylag kis érintkezési felület miatt. Ez jó minőségű, és így

drágább betétanyag használatát igényli, mint a kupolókemence és villamos ívkemence esetén,
- a beszerelés nagy beruházást igényel, habár az üzemeltető megtakaríthat kiegészítő környezetvédelmi beruházást. A tonnánkénti kemence kapacitásra eső nettó költség 375 000 EUR körül van.
- más olvasztási technikák alkalmasabbak óránként 15 tonnánál nagyobb kapacitásokhoz. A gyártani kívánt ötvözettől függően a forrószeles kupolókemence és a villamos ívkemence jöhet számításba.
- kis hatásfoka van hőn tartás alatt, a vízhűtéses tekercs hőveszteségei miatt.

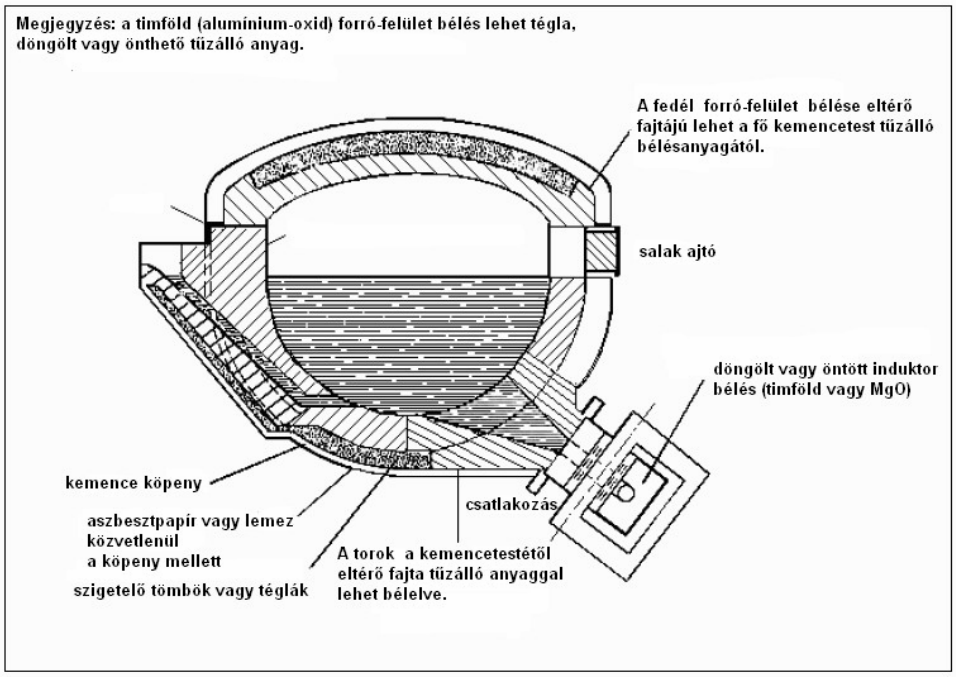
[110, Vito, 2001]

2.4.3.2. Csatornás indukciós kemence

2.4.3.2.1. Leírás

Ezt a kemencetípust főként hőn tartási célokra használják, azonban kombinált olvasztó- és hőn tartó aggregátként is használható.

A csatornás indukciós kemence egy nagy, termikusan szigetelt edényből áll, mely szigetelt tetővel van ellátva az adag befogadására (2.15. ábra). A fenék egy vagy több U csatornával van ellátva. Ezek körül a csatornák körül vízhűtéses indukciós tekercs van, mely hevíti és körforgásra készteti a fémet. Az indukciós áram helyi hálózati frekvencián üzemel. A kemence általában hidraulikusan buktatható állványra van szerelve a csapoláshoz és a karbantartási műveletekhez. Nyomásos és nem buktatható kemencék is használatosak.



2.15. ábra Egy csatornás indukciós kemence tipikus elrendezése

[55, ETSU, 1993]

A működés lehetővé tételére minimális mennyiségű olvadt fémet kell tartani a tégelyben és a csatornában. A tégelyt kapacitásának egyharmadáig megtöltve kell tartani. Általában két értéket említenek, amikor a hőn tartó kemence kapacitását meghatározzák, ez a teljes kapacitás és a

hasznos kapacitás; pl. 60/35 t. A két érték közötti különbség az a mennyiség, melyet benn kell tartani a kemencében.

A hűtővíz és a kemencefalazat által okozott hőveszteségek kisebbek a tégelyes indukciós kemence hőveszteségeihez viszonyítva. A kemencének öntőcsatornával való ellátása a „teáskanna" elv szerint, lehetővé teszi az olvadék oxidációjának és a tűzálló bélés elhasználódásának csökkenését.

A tégely nagy befogadó képességének köszönhetően, az olvadék összetételbeli eltérései kiegyenlítődnek. Ez az elv azonban ellene hat a kemence rugalmasságának, mert más olvadék összetételre való áttérés hosszú átmeneti periódust igényel. A gyakorlatban ezért az olvadék összetételét általában állandónak tartják.

2.16. ábra Csatornás indukciós kemence
[237, HUT, 2003]

A csatornás indukciós kemence legfőbb alkalmazási területét a vasöntödék hőn tartó kemencéjeként találja meg. A 2.16. ábrán látható erre példa. Ezt a kemencét kell választani duplex üzemeltetéshez kupolókemencével párban. A kapacitás 5-től több mint 100 tonna között változik. A hőn tartó kemence pufferként szolgál az olvasztó és öntő üzem között. Fontos teljes mértékben felbecsülni az öntödei és termelési követelményeket annak megfontolásához, hogy alkalmazzanak-e hőn tartó kemencét. Lehetnek költség és energia szempontjából hatékonyabb módszerek is a követelmények eléréséhez, és tanácsos alaposan megvizsgálni a lehetséges megoldásokat döntéshozatal előtt. Alumíniumhoz a csatornás típust ritkán használják a csatorna nyitva tartásának nehézsége és az olvadt tócsa állandó fenntartásának szükségessége miatt.

Az output követelmények fontos mérlegelések tárgyát képezik a csatornás kemence nagyságának eldöntésénél. Kisebb kemence választása előnyös lehet. Habár a kisebb kemence kevésbé hatékony, a hatékonyságban elszenvedett veszteséget kiegyenlítheti a kisebb éves áramfelhasználás a nagyobb kemencével szemben. [48, ETSU, 1994], [55, ETSU,1993], [110, Vito, 2001]

2.4.3.2.2. Előnyök:

- a hőn tartó kemence nagy termikus hatásfoka,
- az ötvözőelemek minimális kiégése,
- kis karbantartási igény.

2.4.3.2.3. Hátrányok

- minimális mennyiségű folyékony fémet —mely azonban jelentékeny része lehet a kemence kapacitásának— kell fenntartani a kemencetestben, a helyes villamos működés biztosításának érdekében,
- a kemencével nem lehet hidegen indulni a hurokban elérhető korlátozott áramsűrűség miatt,
- nehéz a csatorna elhasználódásának kijelzése,
- a véletlen lyukadások potenciális veszélye, mivel az indukciós tekercs alul van,
- az érintkezést a hűtővíz és a fém között nehéz megakadályozni.

[110, Vito, 2001]

2.4.3.3. A kibocsátások természete

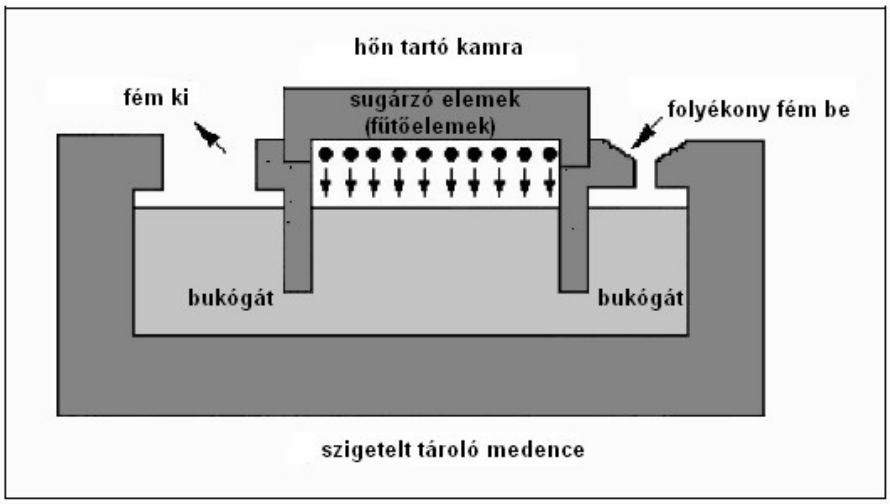
Mivel nem égetnek szenet vagy folyékony és gáznemű tüzelőanyagot az indukciós kemencében és nincs finomítás sem, a kibocsátás egyedül az adagolt betét tisztaságától és összetételétől függ. A kibocsátás két nagyobb kategóriáját lehet megkülönböztetni. Az első és nagyobb kategória a betét tisztaságával van összefüggésben, pl. a rozsda, piszok, öntödei homok, festék, olaj, galvanizált vagy forrasztott fém, mind olyan elemekkel, melyek szerves vagy kibocsátást keltenek por és füst (szerves vagy fémes) alakjában. A második kategória a nagy hőmérsékleten végbemenő kémiai reakciókkal van összefüggésben (pl. a fém hőn tartása és összetételének beállítása közben), mely kohászati füst keletkezéséhez vezet az oxidáció következtében.

Kiegészítésképp a tűzálló bélés (a savas SiO_2 alapú, semleges Al_2O_3 alapú, bázikus MgO alapú) is hozzájárulhat kismennyiségű porrészecskékkel a kibocsátáshoz.

Nehéz átlagos kibocsátás-értékeket megjelölni, mivel a betét tisztasága, ami öntödéről öntödére változik, fő meghatározója a kibocsátásnak.

2.4.4. Sugárzó tetőboltozatú (ellenállás fűtésű) kemence

A sugárzó tetőboltozatú kemence egy kis energiájú hőn tartó kemence, erősen szigetelt doboz kivitellel, a szigetelt boltozatra felfüggesztett ellenállás fűtőelemekkel. Főként nyomásos öntésű, központi olvasztóművel ellátott színesfémöntödékben (alumíniumöntödékben) használják. A jellemző egységek 250-1 000 kg kapacitásúak, 5-12 kW csatlakozó teljesítménnyel. A kimeregető és adagoló medencék tűzálló anyag falakkal vannak elválasztva a fő fürdőtől, csatlakozásokkal a feneken, lehetővé téve a tiszta fémnek egyik területről a másikba való áramlását. A 2.17. ábra sematikus képet ad a sugárzó tetőboltozatos elvről.



2.17. ábra Sugárzó boltozatú kemence
[48, ETSU, 1994]

A sugárzó tetőboltozatos kemencék előnyei a következők:
- nincs tégelyre szükség,
- nagyon kicsik az energiaköltségek,
- szoros hőmérsékletvezérlés,
- tiszta, hűvös csendes munkakörülmények.

Habár a legtöbb kis energiájú hőn tartó kemence egyedi öntőgépeket szolgál ki, néhány nagyobbat pufferként használnak nagy olvasztók és gépkemencék között. Ez utóbbi lehetővé teszi az olvasztó jobb kihasználását, mely ritkán hatékony hőn tartó.

Néhány öntöde nagy sugárzó tetőboltozatos kemencét használ nagyobb energiával, olvasztóként, például kis nyomású öntéshez folyékony fém előállítására. Néhány gyártó olyan változatú sugárzó tetőboltozatos kemencét épít, mely teljesen szigetelhető és nyomás alá helyezhető gázzal, adagoló kemenceként való használatuk érdekében. Az adagoló kemencék pontos fémlövéseket nyújtanak a nyomásos- vagy kokillaöntéshez, és versenyeznek bizonyos mértékig a mechanikus üstrendszerekkel, mint automatikus öntőberendezésekkel. Feltéve, hogy gondosan vannak karbantartva és használva, a sugárzó tetőboltozatos kemencék hatékonyan képesek vezérelni a hőmérsékletet, a lövések tömegét, és javítani tudják a hozamot.
[48, ETSU, 1994]

2.4.5. Forgódobos kemence

2.4.5.1. Leírás

Ez a kemencetípus Magyarországon öntöttvas előállítására nem használatos. A forgódobos kemence egy vízszintes, hengeres edény, melyben a fémbetétet a kemence egyik végén elhelyezett égővel hevítik. A füstgázok a kemence másik végén távoznak. A szükséges hő fejlesztésére folyékony tüzelőanyagot vagy földgázt használnak levegővel vagy tiszta oxigénnel kombinálva.

Buktató berendezés teszi lehetővé a kemence emelését bizonyos szögben, vagy függőleges helyzetbe. Ez a helyzet lehetővé a kemence adagolását fenékürítős edénnyel, vagy vibrovályúval, valamint a bélés javítását vagy felújítását. Hevítés és olvasztás közben a kemence lassan forog, hogy lehetővé tegye a hőátadást és hőeloszlást. A kemence atmoszféráját a levegő (oxigén)/tüzelőanyag arányával szabályozzák.

Amikor a fém már megolvadt, az összetétel ellenőrzése és beállítása után, a csapoló-nyílást a kemence elején megnyitják és az olvadékot üstökbe ürítik. Kisebb sűrűsége miatt a salak a fémfürdőn úszik a kemencében, és végül a csapoló-nyíláson keresztül a salaküstökbe távolítják el.
Az olvasztási ciklus 1,5 órától néhány óráig terjed. Folyamatos folyékony fém gyártásához az öntödék 2-4 forgódobos kemencét szerelnek fel, melyeket egymást követően üzemeltetnek. A forgódobos kemence termikus hatásfoka igen nagy, 50-65 %, a kapacitástól függően. Ezt a nagy hatásfokot elégető közegként oxigén használatával érték el.
[32, CAEF, 1997]

2.4.5.2. Olvasztási gyakorlat

Öntöttvas olvasztásához a kemencét nyersvassal, öntödei visszatérő hulladékkal, acélhulladékkal, salakképzőkkel (pl. homokkal, mésszel), és karbonizáló anyaggal (pl. grafittal) adagolják. Az olvasztási ciklus enyhén oxidáló és rövid lánggal (levegő-tényező, λ=1,03) kezdődik, mely a legnagyobb energia bevitelt adja. A kemencét lépésenként forgatják 90°C-on keresztül, és a forgatás irányát időről időre változtatják. Így a kemencefalak az adaggal konvekció útján hőt cserélnek. Mihelyt az adag megolvadt, a lángot csökkentik az ötvözőelemek túlzott oxidációjának megakadályozására. Túlhevítés és hőn tartás közben hosszú és redukáló lángot (λ=0,9) alkalmaznak, és a kemence mozgását teljes és folyamatos forgatásra változtatják. A salakréteg hőszigetelést biztosít és megakadályozza az ötvözőelemek kiégését. Az olvadék összetételének és hőmérsékletének ellenőrzése és beállítása után a csapoló nyílást megnyitják, és a fémet üstökbe csapolják. A salak a fémfürdőn úszik, azt külön összegyűjtik és eltávolítják, miután a vasat lecsapolták.

A tűzálló bélés élettartama erősen függ a túlhevítés hőmérsékletétől és az adag összetételétől. Az adagolási műveletnél mechanikus behatásokat és a hideg indítást el kell kerülni. A kemenceatmoszféra, a hőn tartási idő, a forgatás sebessége és az égő helyzete szintén hatással van a tűzálló bélés élettartamára. Rendes körülmények között a bélés élettartama 100-300 olvasztási ciklus.
[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001]

2.4.5.3. Metallurgia

A forgódobos kemencét sok év óta használják a fémolvasztáshoz. Ebben az alkalmazásban a hagyományos olajégők viszonylag kis olvasztási hőmérsékleteket tudnak nyújtani. Az oxigén-levegő égők kifejlesztése lehetővé tette a vasolvasztás bevezetését, viszonylag nagyobb acélhulladék használatával és grafit karbonizáló alkalmazásával. A forgódobos kemence jelentékeny hátránya, hogy leégeti a Fe-t, C-t, Si-t, Mn-t és a S-t is. Ezeket a veszteségeket pótolni kell olvasztás alatt vagy után ötvözőelemek hozzáadásával. Ezen elemek felvételének hatékonysága általában nagyon kicsi. Koncentráció-különbségek léphetnek fel a fém eleje és vége között, a tengelyirányú mozgás hiánya, a sugárzás, valamint a széles fürdőfelszín fölötti atmoszféra inhomogenitása miatt.
[110, Vito, 2001]

2.4.5.4. Alkalmazás

Az adagonként való olvasztás jellege következtében a forgódobos kemence azonos rugalmasságot nyújt, mint a tégelyes indukciós kemence a vasöntödében. A beruházási költségei azonban kisebbek. Egy 5 tonnás kemence 500 000-600 000 EUR-ba kerül, melynek 30%-a az elszívó és porleválasztó rendszer. A forgódobos kemence jó alternatívája a kis teljesítményű hidegszeles kupolókemencének is, nagyobb rugalmassága és alacsonyabb környezetvédelmi költségei következtében. Forgódobos kemencéket használnak 2-20 t olvasztási mennyiségekhez 1-6 t óránkénti olvasztási teljesítményekkel.
[110, Vito, 2001]

2.4.5.5. Előnyök:

- a gyors ötvözetváltás lehetséges,
- az olvasztás szennyeződésmentes, pl. kénfelvétel nélküli,
- kicsi a beruházási költsége,
- kis porleválasztó rendszer elegendő, mivel kicsi a füstgázáram,
- könnyű karbantartani.

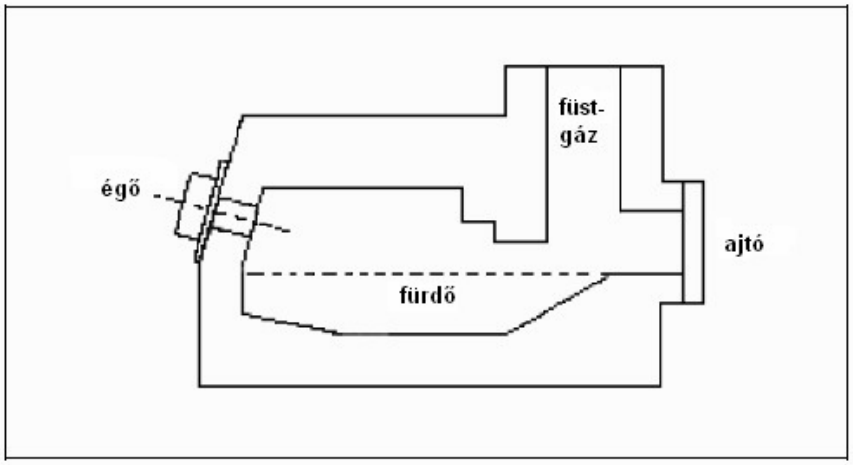
2.4.5.6. Hátrányok:

- a C, Si, Mn könnyű leégése,
- a gáz- és oxigén-felhasználás nagy lehet, ha nem üzemeltetik folyamatosan,
- az energiafelhasználás nő, ha több acélhulladékot adnak az adaghoz.

[110, Vito, 2001]

2.4.6. Lángkemence

A lángkemencét kimeregető kemenceként is ismerik. Ez egy álló kemence közvetlen fűtéssel. Olaj- vagy gázégőkből származó forró levegőt és égési gázokat fújnak a fém (olvadék) fölé, és elszívják a kemencéből. A lángkemence fő alkalmazási területe a színesfémolvasztás. Egy tipikus kemencekivitel látható a 2.18. ábrán.



2.18. ábra Lángkemence keresztmetszete
[175, Brown, 1999]

Ez egy tűzálló bélésű négyszögletes vagy kör alakú fürdőjű kemence, melyet a falra vagy a boltozatra szerelt égőkkel fűtenek. A tüzelőanyagok különböző változatait használják, és kiegészítő oxi-tüzelőanyag égők használhatók az olvasztási teljesítmény növelésére. Az elégetett gázokat jellemzően elszívják és kezelik, ezért ezt a kemencét részben szigetelik. Burkolatok és fedett vályúk biztosítják az elszívást csapolás és adagolás közben. A kemencék a fémfajták és alkalmazások függvényében számos konfigurációban készíthetők. A változatok lehetnek lejtős és oldalmedencés kemencék, különleges olvasztási célokhoz (a gázok hozzávezetése végett) fúvókákkal és lándzsákkal felszerelve. A kemencék néha buktathatók az öntéshez vagy fémfúváshoz. A lángkemence olvasztási hatásfoka általában nem nagy az égőből való gyenge hőátadás miatt. A hatásfok a gyakorlatban javítható oxigéndúsítás használatával, vagy gáz és szilárd tüzelőanyag kombinációjával a láng hosszának kiterjesztésére. Ezeket a kemencéket adagonkénti olvasztásra, finomításra vagy különböző fémek hőn tartására használják. A lángkemencéket főként nagy mennyiségű fém olvasztására használják. [155, European IPPC Bureau, 2001].

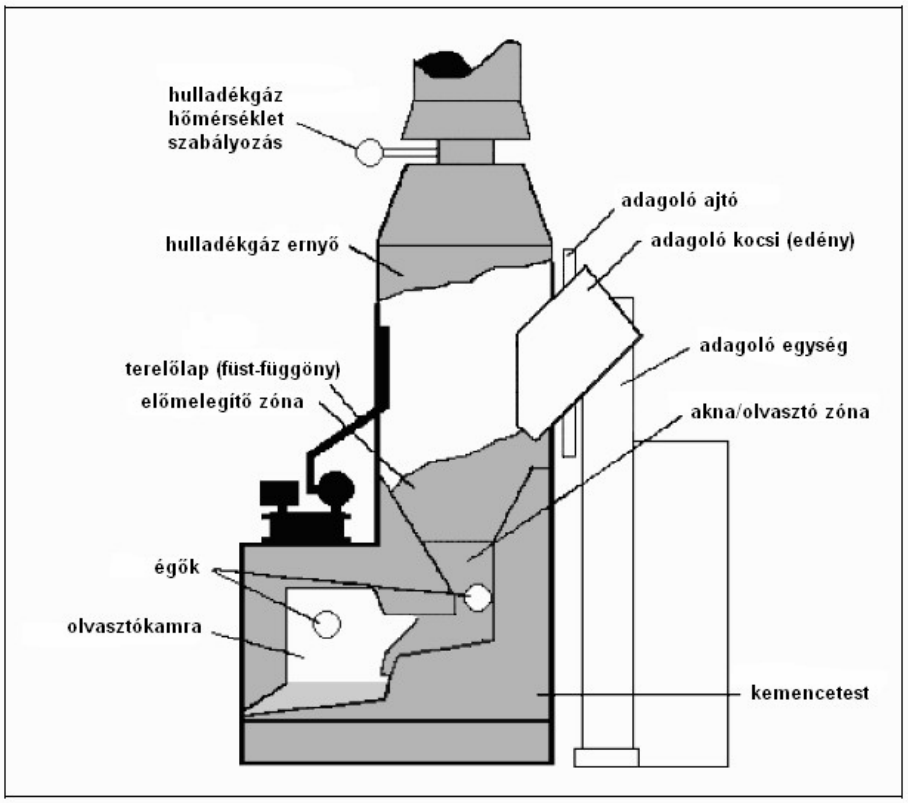
A nagy lángkemencék gyorsan olvasztanak, és kezelni tudják a nagy kiterjedésű betétanyagokat, de a közvetlen kapcsolat a láng és az adag között nagy fémveszteséghez, gázfelvételhez és jelentékeny oxidszennyezéshez vezet. A hőmérsékletvezérlés is nehéz lehet. Ezeket a nehézségeket jó gyakorlattal bizonyos mértékben le lehet győzni. A tapadvány például eltávolítható megfelelő folyósító technika alkalmazásával, és a modern égők alkalmazása csökkenti a hőmérsékletszabályozás problémáit. Csapolás, szűrés és gáztalanítás után további kezelés végezhető, amint a fémet továbbították a hőn tartó kemencébe.
[42, US EPA, 1998], [48, ETSU, 1994], [155, European IPPC Bureau, 2001], [175, Brown, 1999]

2.4.7. Aknás kemence

2.4.7.1. Leírás

Ez a kemencetípus jelenleg hazánkban nem használatos. Ez egy egyszerű függőleges kemence gyűjtő medencével (a kemencén belül vagy kívül) és égőrendszerrel az alacsonyabb végén, és anyag adagoló rendszerrel a tetején. Az égők általában gáztüzelésűek. A fémet a kemence tetején adagolják, és az az aknában lefelé haladtában olvad meg. Általában független tüzelőanyag/levegőszabályozás biztosított, minden egyes égőhöz. Folyamatos CO és hidrogén

kijelzés is van minden egyes égősorhoz, és ez kijelzi az égési gázokat minden egyes égőnél, felváltva. Az égési gázokat általában elszívják és tisztítják. Néha utánégetőt is használnak a képződött szén-monoxid, olaj, VOC (szerves kémiai összetevő) és dioxinok lebontására. Az olvasztózóna feletti oxigén hozzáadást használták utánégés létrehozására az akna felsőbb szintjén.
A kemencét tiszta fémek olvasztására használják, de néha szerves anyagokkal szennyezett fémek is használhatók. Ha olajos fémet adagolnak a kemencébe, az áthalad az adagoló terület és az égők között lévő hőmérsékletlépcsőn. A kis hőmérséklet részben elégett szerves anyagokból álló ködöt képezhet. Az aknás kemencét a betétanyag előmelegítésére is használják olvasztás előtt. Ennek a kemencének tipikus képviselője látható a 2.19. ábrán.



2.19. ábra Aknás kemence
[48, ETSU, 1994]

Ezt a kemencetípust csak színesfémek, főként alumínium olvasztására használják. Bonyolult szerkezete és a tűzálló bélés felújításának nehézsége következtében ezt a kemencét csak kis olvadáspontú fémek olvasztására használják. Ezért a kemencebélés karbantartásának igénye nagyon korlátozott. A tűzálló bélés jellemző élettartama 4-8 év.

Modern, számítógép-vezérlésű égőrendszerekkel ellátott kemencetípusok 650 kWh/t olvasztott alumínium energiafelhasználást érnek el (720˚C-on). Az elméleti energiaszükséglet 320 kWh/t. A termikus hatásfok ezért 50%.

Az aknás kemence egy folyamatosan olvasztó, nagy, 0,5-5 t/h kapacitású kemence, 50 t-ig terjedő hőn tartó kapacitással. Hőn tartó funkciója következtében az ötvözetváltás nehéz.
[48, ETSU, 1994], [155, European IPPC Bureau, 2001]

2.4.7.2. Előnyök:

- a hosszú előmelegítés következtében az adag jól megszárad az olvasztás megkezdődése előtt,
- viszonylag kis beruházási és üzemeltetési költségek. Az üzemeltetési költségek kis értéken tarthatók a hatékony előmelegítés, az automatikus vezérlés és a tűzálló bélés hosszú élettartama következtében.
- A műszaki előnyök a következők: kis gázfelvétel, kiváló hőmérsékletszabályozás és kis fémveszteség.

2.4.7.3. Hátrányok:

- nem rugalmas a lehetséges ötvözetváltás szempontjából.

[110, Vito, 2001]

2.4.8. Tégelykemence

2.4.8.1. Leírás

Ezek egyszerű tégelyek, melyeket kívülről fűtenek gáz vagy olajégetéséből származó gázokkal, villamos árammal vagy kisebb hőmérsékletekhez termikus folyadékkal. Nincs lánggal való közvetlen érintkezés, így az ún. helyi forró pontok keletkezése elkerülhető a tégely fenekén, és így jó hőmérsékletszabályozás tartható fenn az olvadékban, és az oxidáció és fém elpárolgása is elkerülhető.

Ezt a kemencetípust csak színesfém-olvasztásra használják. A közvetett fűtés következtében (a tégely falán keresztül), nincs leégés és gázfelvétel. Ezeket a kemencéket kis mennyiségű (adagonként kevesebb, mint 500 kg) folyékony fém előállítására, és kis kapacitásokhoz használják. Példa kemencék láthatók a 2.20. ábrán.

2.20. ábra Tégelykemencék

[237, HUT, 2003]

A tégelyt kézi erővel, daruval, vagy automatikusan buktatják a folyékony fém formába öntéséhez. A rézalapú ötvözetekhez csak grafit vagy karborundum (szilíciumkarbid) tégelyeket használnak, míg az alumíniumhoz öntöttvas tégely is használható.

A vas- és acélöntödékben a fém hőn tartására, szállítására és kezelésére használt tégelyeket üstöknek nevezzük.
[110, Vito, 2001], [126, Teknologisk, 2000], [225, TWG, 2003]

2.4.8.2. Olvasztási gyakorlat

A hideg betétet a tégelybe juttatják, és megkezdik a hevítést teljes energiával a betét megolvasztása érdekében. Az olvadási hőmérsékletnél 5-10˚C-nál kisebb hőmérsékleten az energiát lekapcsolják, és a betét tovább hevül a tégely hőtehetetlensége (termikus inerciája) következtében. Ezután a hőmérsékletet szinten tartják szabályozó rendszer használatával. Lesalakolás után el lehet végezni a fémkezelést. Ez magában foglalja az oxigén eltávolítást, a gáztalanítást, a szemcsefinomítást és az illó fémek beállítását, mint pl. cink és magnézium. A salakot ekkor még egyszer eltávolítják mielőtt öntésre kerülne sor. A tégely rendszeres felújításán kívül más karbantartásra nincs szükség. A felújítási idő elsősorban az olvasztott ötvözettől függ. Gyakori ötvözetváltás gyorsabb tégely-elhasználódást okoz. A kis olvadáspontú ötvözetekhez használt SiC tégelyek hasznos élettartama130-150 adag. Nagy olvadáspontú ötvözetek esetében a hasznos élettartam 50-80 adag. A termikus hatásfok 750-3 000 kWh/t alumínium között mozog, vagyis 15-30%.
[34, Binninger, 1994], [110, Vito, 2001], [226, Teknologisk, 2000]

2.4.8.3. Előnyök:

- egyszerű technológia,
- kis karbantartás,
- rugalmasság az ötvözetváltás szempontjából.

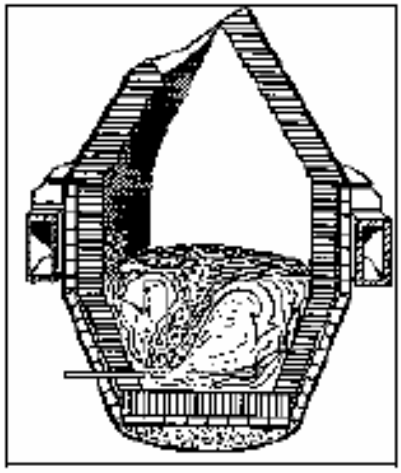
2.4.8.4. Hátrányok:

- kis hatékonyság és termelési kapacitás.

[110, Vito, 2001]

2.4.9. Argon-oxigén-dekarbonizáló (AOD) konverter az acél finomításához

Az AOD konverter egy különleges gyártóeszköz az acél finomításához. A folyékony acélt közvetlenül az olvasztókemencéből (általában villamos ív- vagy indukciós kemencéből) szállítják a konverterbe. Ahogy azt a 2.21. ábra mutatja, a fém finomításához oxigén (a szén és szilícium eltávolítására) és argon (az örvénylés fenntartására) gázt injektálnak a konverterbe a konverter alján elhelyezett fúvókákon keresztül. A konverter buktató mechanizmussal ellátott, a töltés és ürítés lehetővé tételére. Pontos kémiai összetételű acél gyártható az AOD használatával, de nagy költséggel. Ezt a rendszert az USA kivételével nem alkalmazzák széles körben az acélöntödékben, a technika a magyar acélöntödékben jelenleg használatos.



2.21. ábra Argon-oxigén dekarbonizáló (AOD) konverter
[237, HUT, 2003]

A finomítási eljárás első fázisa a dekarbonizálás, mely a konverterbe oxigén befúvatását jelenti. Ez olyan finomítási művelet, mely a betétanyag széntartalmát a megkívánt tartományban tartja. A dekarbonizálás az oxigén fürdőbe való beinjektálásával kezdődik. Ez erős örvénylést okoz, miközben a szén az olvadékból kiég. Egyidejűleg a „fövés" kiégeti a szilíciumot és kiöblíti a hidrogént és nitrogént a fémfürdőből. Minden szennyeződés (oxidok) a salakba kerül. Olvasztás közben mész adagolható a konverterbe azért, hogy a salak megfelelő bázicitása elérhető legyen. Amikor a széntartalom eléri a megkívánt koncentrációt, leállítják az oxigénbefúvást és mangánt, valamint szilíciumot adnak hozzá a fövési reakció leállítására, különösképpen rozsdamentes acélok esetében. Az oxigén argonnal vagy nitrogénnel történő hígítása segíti a szén oxidációját az olyan fémes elemekével szemben, mint a vas, króm, stb., igen jó fémkihozatalhoz vezetve. Ezt követően Al-t, Si-t és mészkövet adnak a fémhez és argont fújnak be a kén eltávolítása érdekében. A folyamatos gázinjektálás élénk örvénylést idéz elő és elősegíti a salak és fém keveredését, mely 0,005%-nál kisebb kéntartalom elérését teszi lehetővé. A kezelt fém maradék gáztartalma (hidrogén és oxigén) nagyon kicsi. Minden szennyeződés a salakba kerül és eltávolítódik azzal együtt. A hőmérséklet és az összetétel beállítása után a fémet üstökbe csapolják az öntéshez.
[174, Brown, 2000], [32, CAEF, 1997]

2.4.10. Vákuum oxigén dekarbonizáló konverter (VODC) acél finomításához

A VODC úgy működik, hogy folyékony fémet juttatnak a konverterbe, melyet vákuum szivattyúhoz, gázfúvókához és argongáz forráshoz csatlakoztatnak. A jobb minőség elérésére két különböző folyamatot hajtanak végre a rozsdamentes acélok vákuum kezelése során.

Először az oxigén fürdőbe vezetésével az acélt dekarbonizálják. Ezzel egyidejűleg valamennyi argont is injektálnak a konverterbe. A konverter vákuumszivattyút használ a szén-monoxid parciális nyomásának olyan mértékűre csökkentéséhez, hogy hatékony dekarbonizálást lehessen elérni úgy, hogy túl sok króm kerülne eközben oxidálásra. Ez az első folyamat hasonló az AOD dekarbonizáláshoz, de kevesebb argonra van szükség a kisebb teljes gáznyomásnak köszönhetően, és a folyamat is hatékonyabb. Az oxidált krómot a folyékony acélba alumíniummal visszaredukálják. A második folyamat a gáztalanítás. A konvertert erős vákuum alá (1-5 mbar) helyezik vízgyűrűs szivattyú és gázfúvókák használatával. A gyenge argon buborékoltatását folytatják az eljárás során a hatékony fürdőmozgás fenntartására. A nagyon kis nyomáson, az olyan gáznemű szennyezők, mint a hidrogén és nitrogén, hatásosan távolíthatók el a fűrdőből. E folyamattal egyidejűleg a teljes oxigéntartalom és kéntartalom is drasztikusan csökken, mely kedvező hatású az acél mechanikai tulajdonságaira is.

A gyengén ötvözött acélt általában csak gáztalanítják.

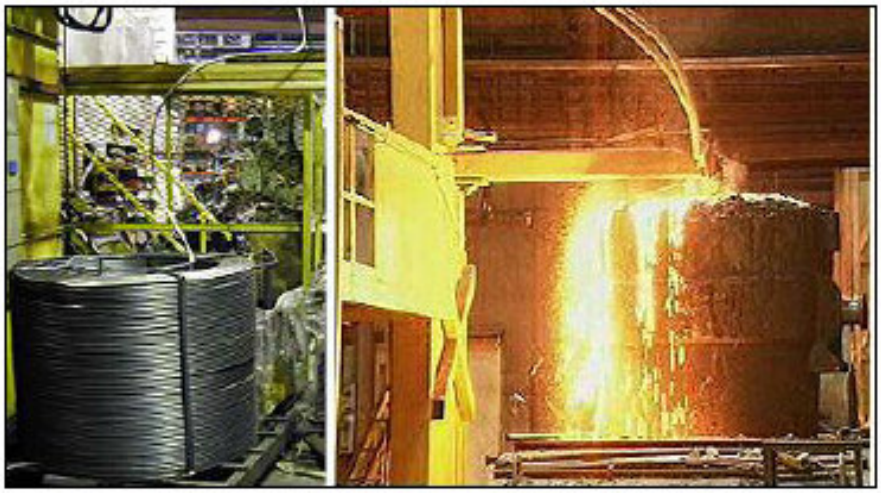
A VODC eljárás olyan különleges acélminőséget ad, melyet más módszerekkel nem lehet elérni. Az összes oxigéntartalom is alacsonyabb, mint a tipikus, villamos ívkemencében olvasztott és AOD kezelt acélok esetében, mert a VODC eljárás során az oxidzárványok nagy mennyiségét és az oldatlan oxigén zömét is eltávolítják az olvadékból a gáztalanítási fázisban. A technika a magyar acélöntödékben nem használatos.

[202, TWG, 2002]

2.4.11. Az acél fémkezelése

Jó öntvényminőség garantálása érdekében, az öntött acélnak további kezelésre van szüksége a szennyeződések és a hibák lehetséges okainak kiküszöbölésére:

- *Dezoxidálás.* Az oxigén oldódik a folyékony acélban FeO alakjában. A megdermedés közben az oxigén vegyülhet a C-vel az acélban és CO-t képezhet. Ez a folyamat azután megváltoztatja az acél összetételét, és porozitást okoz. A dezoxidálás ezért mindig szükséges. A dezoxidálást olyan elemmel végzik, amely megköti az oxigént. A Si, CaSi, Ti, Zr és Al lehetséges dezoxidálók, melyek közül az Al a legerősebb és leggyakrabban használt. Az alumíniumot pálca vagy huzal alakjában adják a fürdőhöz (ld. a 2.22. ábrát). A kezelést általában a kemencében vagy az üstben végzik. A képződő alumínium-oxid oldhatatlan az olvadékban és a salakba kerül.



2.22. ábra Dezoxidálás alumíniumhuzal használatával
[237, HUT, 2003]

- *Szulfid-képződés.* Ahogy az acél szakítószilárdsága nő, úgy nő a kén káros hatása. A kén oldható a folyékony acélban, de megdermedéskor MnS-ként kiválik. A kiválások különböző formákat ölthetnek, és különböző hatásuk van. A szulfidok formája kapcsolatban van a dezoxidálás után maradó alumíniumtartalommal. A maradék Al mennyiség lehetővé teszi a III típusú szulfid képződését.

[110, Vito, 2001], [174, Brown, 2000]

2.4.12. Az öntöttvas kezelése

2.4.12.1. Ötvözés

Olvasztás közben bizonyos elemek az olvadékban oxidálódnak, és elvesznek a salakban. Az olvasztási szakasz végén az összetétel kiigazítását el kell végezni annak érdekében, hogy garantálják a helyes végső minőséget. Az ötvözetlen öntöttvasnál ezt a következő elemeknél kell elvégezni: C, Si, Mn, S és P. Ha különleges tulajdonságok kívánatosak, különleges ötvözőelemeket lehet hozzáadni, az alumíniumtól a cirkonig, 1-30%-ig terjedő mennyiségben. A hozzáadást a folyékony vasba végzik, mivel ez csökkenti az oxidációs veszteségeket.

Az ötvözőket lehet a kemencébe, a folyékony fémsugárba öntés vagy csapolás közben, a szállító üstbe a folyékony fém beöntése előtt hozzáadni.
[110, Vito, 2001]

2.4.12.2. Homogenizálás

Az ötvözőelemek hozzáadása szennyezőket vihet be a folyékony vasba, pl. oxidok, szulfidok vagy karbidok. Ezeknek a vegyületeknek a káros hatását csökkentendő, a fémet túlhevítik 1 480-1 500˚C-ra. Azonban a túlhevítés grafitkiválást okozhat megdermedés közben. A homogenizálásnak a következő pozitív hatásai vannak:

- az oxidok (FeO, SiO_2, MnO) redukálása C-vel, CO buborékokat képezve. Az olvadékon keresztülhaladva ezek a buborékok eltávolítják a hidrogént és nitrogént az olvadékból.

- nagy hőmérsékleten és erős fürdőmozgás közben a szennyező-anyagok koagulálnak, és gyorsabban felszállnak a fürdő felszínére, ahol a salak magába foglalja azokat.

[110, Vito, 2001]

2.4.12.3. A kupolókemencében olvasztott vas kéntelenítése és felkarbonizálása

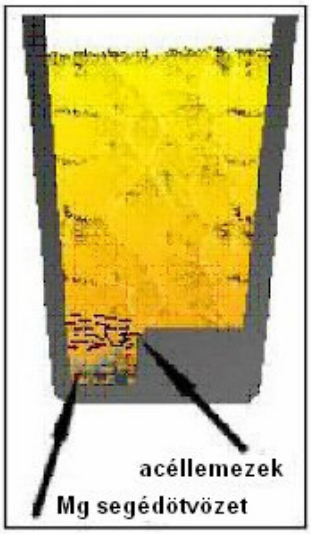
A folyékony fém és a koksz bensőséges érintkezése következtében, a kupolóban olvasztott vasnak viszonylag nagy a kéntartalma. A kénfelvétel a folyékony vas sűrűfolyását eredményezi, és karbidos kristályosodását is elősegíti, így a kén az öntöttvas legkárosabb szennyezője.

Ezenkívül, ha az öntöttvasat Mg-al kezelik (ahogy az a következő szakaszban le van írva) gömbgrafitos öntöttvas készítéséhez, a ként semlegesíteni kell, a túlzott magnéziumfogyasztás megelőzése érdekében. Ezt különböző módszerek használatával végzik. A porózus dugós eljárásnál nitrogén- vagy argongázt használnak a fürdő mozgatására és CaC_2-port adnak a fémhez. A folyékony fémmel való érintkezés hatására CaS keletkezik, melyet a salakkal eltávolítanak. A kezelt fém azután az előgyűjtőbe folyik, ahonnan lecsapolják további kezelésre.

2.4.12.4. Az olvadék grafitgömbösítő kezelése

Gömbgrafitos öntöttvasat magnézium tiszta fém (FeSiMg vagy NiMg segédötvözet alakjában) folyékony vashoz adásával kapunk. Ezt megelőzően kéntelenítő kezelés lehet szükséges a sikeres grafitgömbösítés biztosítására. A Mg jelenléte az olvadékban olyan megdermedést idéz elő, melynél a grafit mikroszkopikus gömböcskék alakjában válik ki. Ez növeli a mechanikai tulajdonságok értékét, mint pl. a szilárdságét és a képlékenységét (duktilitás).
Számos technikai megoldás ismert a Mg folyékony vasba vitelére:

- *A ráöntéses technika.* Ez a legegyszerűbb módszer, melynél a folyékony vasat az üst fenekén elhelyezett magnéziumötvözetre öntik.
- *A sandwich eljárás.* Itt a magnéziumötvözetet egy különlegesen kialakított üst fenekére helyezik, letakarják acéllemezekkel vagy ferro-szilíciummal, ahogy az a 2.23. ábrán látható. A folyékony vasat az üstbe öntik, ahol a segédötvözetet fedő réteg megolvadása után a reakció beindul.



2.23. ábra Sandwich eljárás a grafitgömbösítéshez

[237, HUT, 2003]

- *A Tundish Cover eljárás.* Ez egy javított sandwich technika, ahol az üstöt fedéllel letakarják, miután a Mg ötvözetet behelyezték az üst aljára. A beömlő medencébe öntött folyékony vas a konkáv nyíláson keresztül az üstbe folyik, ahol a reakció végbemegy.
- *A merülőharangos eljárás.* Merülőharang használatával a magnéziumötvözetet a folyékony vasba merítik, ahol a reakció végbemegy.
- *A Georg Fischer konverteres eljárás.* Ez az eljárás különleges üstöt alkalmaz, mely szorosan le van zárva, miután a folyékony vasat beöntötték. A konvertert azután függőleges helyzetbe buktatják lehetővé téve a magnéziumötvözet reakcióját a vassal. Amikor a reakció véget ért, a konvertert visszabuktatják vízszintes helyzetébe, és a fedelet eltávolítva a vasat lecsapolják.
- *A maghuzalos injektálás.* Nagyon finom magnéziumport görgetnek egy acéllemez burkolatba, töltött huzalt képezve. Ezt a huzalt injektálják vezérelt mechanizmussal a karcsú üstbe, ahol a magnéziumot kibocsátják.
- *Az átfolyásos eljárás.* A fémet különlegesen kiképzett reakciókamrába öntik, ahová előzőleg a magnéziumötvözetet elhelyezték.
- *A duktilátor.* Ennél az eljárásnál a fémet olyan reakciókamrába öntik, ahol a folyékony vasat elektromos árammal erős örvénylésre kényszerítik. A magnéziumötvözetet ebbe az örvénybe injektálják inert gáz segítségével. A kezelést nagy fémmennyiségekkel lehet elvégezni öntés előtt, vagy öntés közben.
- *Az inmold eljárás.* Ennél az eljárásnál a magnéziumötvözetet tabletta formájában közvetlenül a forma üregébe (a beömlő rendszerbe) helyezik. A reakció a forma megtöltése közben megy végbe, biztosítva a jó kihozatalt.

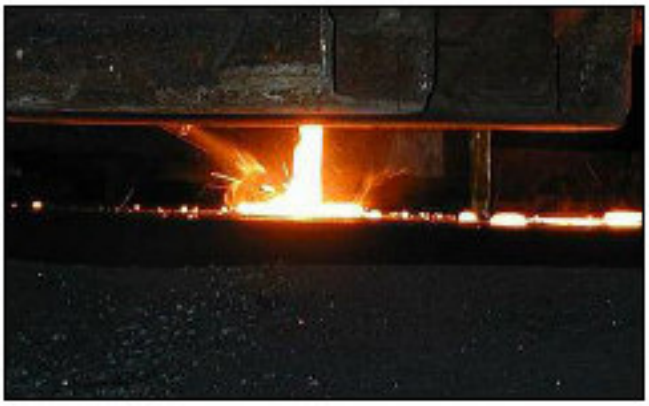
Kezelés után a fémet meghatározott időn belül (10-15 perc) a formába kell önteni, mert a magnézium hatása gyorsan lecseng és ekkor a kezelés megismétlése válik szükségessé, vagy a kezelés hatástalan marad.

2.4.12.5. Az olvadék beoltása

A durva alakú grafit jelenléte a fémes alapszövetben az anyag gyenge mechanikai tulajdonságait okozza. Finom kristályos szövetszerkezet elérése érdekében az olvadék beoltása öntés előtt szükséges. Ez az eljárás kristálycsírákat juttat a fémolvadékba. Szokásosan granulált FeSi-t használnak erre a célra. Ca, Al és ritkaföldfémek is gyakran előfordulnak a beoltó-anyagban.

Számos technika használható a folyékony vas beoltásához:

- *Injektálás csapolás közben.* A beoltó-anyagot közvetlenül a fémsugárba injektálják csapolás közben.
- *Injektálás öntés közben.* A beoltó-anyagot közvetlenül a fémsugárba injektálják a fém formába öntése közben (ld. a 2.24. ábrát).
- *Töltött huzal injektálása az olvadékba* (ld. a 2.4.12.4. szakaszt).
- *Inmold eljárás.* (ld. a 2.4.12.4. szakaszt)



2.24. ábra Beoltás öntés közben
[237, HUT, 2003]

2.4.12.6. Fémkezelés

Három fő fémkezelési (vagy finomítási) művelet van az **alumíniumolvasztási** folyamatban. Ezek a következők.

- *Gáztalanítás.* Az alumíniumolvadék oldja a hidrogént, mely hűlés közben kiválik, és porozitáshoz vezet a kész öntvényben. A hidrogént ezért el kell távolítani. Ez inert gáznak a fürdőn keresztülbuborékoltatásával történik. A jó gáztalanító módszerek során nagy ellenállási idejű és nagy felületű buborékok képződnek. Az alumínium gáztalanítását főként forgólapátos eszközök segítségével végzik: gyorsan forgó keverők felhasználásával végzik a nitrogéninjektálást. A gáztalanítást gyakran kombinálják a fürdő tisztításával. A tisztítás az olyan alkálifémek és alkáli földfémek eltávolítására használják, mint pl. a Ca. A tisztítást Cl_2-gázzal végzik. A hexaklór-etán használata erre a célra az EU-ban tilos. Nitrogén és 3% Cl_2 gáz keverékét használják általában az egyidejű gáztalanításhoz és tisztításhoz. Alternatív gáztalanítási módszerek tablettákat, porózus fejű lándzsákat és a hőntartó kemencében elhelyezett porózus téglákat használnak.
- *Módosítás és szemcsefinomítás.* Az alumíniumötvözeteknél ez általában kis mennyiségű fém olvadékhoz adását jelenti. Ezek az adalékok szabályozzák a szemcsenagyságot és módosítják a megdermedő fém szövetét, és így javítják az öntvény mechanikai tulajdonságait. Nátriumot és stronciumot használnak a módosításhoz, míg a szemcsefinomítást titánnal, titán-boriddal, cirkonnal vagy szénnel érik el. Ezt a kezelést többnyire a gáztalanítással kombinálva végzik az erre szolgáló fémkezelő állomáson.
- *Folyósítás.* Ez rendszerint fluorid-alapú szilárd folyósító-szerek olvadékhoz adását jelenti, a szilárd szennyezők eltávolítására.

[164, UK Environment Agency, 2002], [175, Brown, 1999], [178, Wenk, 1995]

Négy fő fémkezelési (finomítási) műveletet végeznek a **magnéziumolvasztási** eljárásokban. Ezek a következők:

- *Szemcsemódosítás.* A magnéziumötvözetek szemcsemódosító eljárásai szokásosan cirkont és korábban hexaklór-etánt használtak. A hexaklór-etán használata erre a célra tilos az EU-ban.
- *Folyósítás.* Általában alkálifémeket, alkáli földfémeket, kloridokat és fluoridokat tartalmazó folyósító-szerek olvadékhoz adását jelenti, a szilárd szennyezők eltávolítására.
- *Gáztalanítás.* A magnéziumos eljárásokhoz nitrogén- vagy argongáz bekeverése történik gáztalanítás és oxid-eltávolítás céljából. A magnéziumötvözetek gáztalanítására argon és klórtartalmú gázok keveréke is használható, ahol az argon a hordozógáz.

- *Oxidáció-szabályozás.* A berillium jelenléte az olvadékban finomítja a szemcséket, és megállítja az oxidációt. A kész magnézium 15 ppm tömegű berilliumot tartalmazhat. Egy névlegesen 5% berillium tartalmú alumínium/berillium segédötvözet adható a folyékony magnéziumötvözethez ennek a koncentrációnak elérésére. Az oxidáció-szabályozás is elérhető a fém felületének olyan hordozógázzal való betakarásával, mint pl. a 4%-ig terjedő kén-hexafluorid tartalmú szén-dioxid vagy argon. Jelenleg az SF_6 egyetlen folyósítószer mentes alternatívája az SO_2. Az SO_2 jelentősen olcsóbb, mint az SF_6, de legnagyobb hátránya az, hogy mérgező, és ennek eredményeként a műveletet zártabban szükséges végezni. Mostanáig csak az öntödék egyharmada használja Európában az SO_2-t. Esetenként az oxidáció szabályozása elérhető kénpor szórásával az olvadék felszínére. Ezt a 4.2.7.1. szakaszban tárgyaljuk

A magnéziumöntés jelenleg még csak kezdeti stádiumban van Magyarországon. Tekintettel a tömegcsökkentési célkitűzésekre, különösen a járműiparban, a magnéziumöntés gyors elterjedésére lehet számítani hazánkban is.

Három fő fémkezelési (finomítási) műveletet végeznek a **rézolvasztási** eljárásban. Az olvadt réz oldja az oxigént és hidrogént, mely víz formájában egyesülhet. Ez viszont porozitást képezhet az öntvényben. Így gáztalanítást és dezoxidálást alkalmaznak a hidrogén ill. az oxigén eltávolítására. Az alkalmazható fémkezelési műveletek a következők.

- *Dezoxidálás.* A dezoxidálást olyan reagens hozzáadásával végzik, mely leköti az oxigént és folyékony salakot képez. Gondot kell fordítani a dezoxidációs termékek bezáródásának elkerülésére a megszilárdult öntvénybe, és a maradék dezoxidáló által az ötvözet tulajdonságaira gyakorolt ellenkező hatás kialakulásának elkerülésére. A foszfor a legáltalánosabban használt dezoxidáló szer. Alternatívái a magnézium, mangán, kalcium, szilícium és a bór.
- *Gáztalanítás.* A hidrogén inert gáz fürdőn való átbuborékoltatásának hatására távozik. Mind argon, mind nitrogén használatos. A technika hasonló az alumíniumnál alkalmazotthoz.
- *Folyósítás.* Az alumínium az ötvözetekben oxidálódhat, és oxidhártyát képezhet. Ez problémát okozhat az öntésnél. Nem alumínium-alapú ötvözetekben a nyomokban jelenlevő alumínium hibákat okozhat, ezért el kell távolítani folyósítószerek használatával. A folyósítószereket a felszín takarására is használják, az oxidáció, a cinkveszteségek és a hidrogénfelvétel megakadályozására olvasztás közben. Különleges folyósítószerek állnak rendelkezésre minden egyes fajtájú kezeléshez.

[165, UK Environment Agency, 2002], [182, Closset, 2002]

2.5. Formázás és magkészítés

A formázás forma készítése, amelybe a folyékony fémet öntik. Bizonyos formáknak különleges tulajdonságokkal kell rendelkezniük, kiváló minőségű öntvények gyártásához, például:

- az öntőminta alakjának pontos visszaadása nagy méretpontossággal,
- sima felület adása az öntvénynek a túlzott kikészítési munka elkerülésére,
- az olyan öntvényhibák elkerülése, mint a repedések, patkányfarok-képződések, tűlyukacsosság stb.

Éppúgy, ahogy a forma meghatározza az öntvény külső alakját, a mag meghatározza a belsőt, és azokét a részekét, amelyek nem kaphatók meg közvetlenül a formázással.

A formák két nagy, családba sorolhatók:

- **elvesző (egyszer használható) formák:** ezek külön készülnek minden egyes öntvényhez, és öntés után szétrombolják őket. A formák általában homokból készülnek, és a homok lehet kémiai kötőanyagú, agyag kötőanyagú, vagy kötőanyag nélküli. A precíziós öntvények is ebbe a családba tartoznak.
- **állandó (többször használható) formák:** ezeket a kokillaöntéshez, kis nyomású öntéshez, nyomásos (nagy) öntéshez és pörgetett (centrifugál) öntéshez használják.

A vas- és acélöntvényekhez használt magok gyakorlatilag mindig homokból készülnek. A használt kötőanyag kiválasztása olyan tényezőktől függ, mint az öntvény nagysága, a termelési teljesítmény, az öntvény anyaga, az ürítési tulajdonságok stb.

A homokban történő formázásnál a forma készülhet kézi vagy gépi tömörítéssel, pl. rázás, sajtolás , levegőütköztetés („air impact"), vibrálás stb. Amikor a forma már elég szilárd, elválasztják a mintától, melyet azután újra lehet használni új forma készítéséhez.

A magok általában ugyanolyan technikával készülnek, mint a formák, de a kis és közepes nagyságú magokat gyakran fújják vagy lövik, fa-, fém- vagy műanyag magszekrényekbe.

A színesfém-öntészetben a rézötvözetek mintegy 30%-át homokformában készítik. A könnyűfémöntvényeknek csak mintegy 10%-át öntik egyszer használható formában.

A minták, fémformák és kokillák gyakran szakosodott külső beszállítóknál készülnek. Ezek a tevékenységek az öntödei háttéripari ágazatokban találhatók. A jelentékenyebb öntödék általában rendelkeznek saját mintakészítő üzemmel.
[2, Hoffmeister et al., 1997], [32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001]

2.5.1. Nyersanyagok

2.5.1.1. Az öntödei formázó-anyagok tűzálló alapanyagai

Bármilyen kötőanyagot használnak, a formák és magok készítéséhez használt tűzálló anyagok fizikai és kémiai tulajdonságai öntés közbeni jellemzőikre és viselkedésükre vonatkoznak. Ez nem meglepő, mert ezek az anyagok a használt formázó anyagok 95-99%-át teszik ki.

Minden típusú homok árának négy tényezője van — a kinyerés, az előkészítés, a csomagolás és a szállítás. A szállítási költségek a különböző régiókban változnak. A különböző típusok átlagos vételára széles körben változik. Egy 1995. évi kérdőívre adott válaszok szerint a kromit- és cirkonhomok tonnánkénti ára 9-szerese ill. 14-szerese volt a kvarchomokénak. Portugáliában a homok ára a vásárolt mennyiség szerint változik, de Portugáliában olcsóbb, mint Spanyolországban, Franciaországban vagy Olaszországban. A portugál árak (2003. évben) az AFS 55 szárított homok tonnájaként 20-25 EUR szállítási költség között változtak. A Cseh Köztársaságban (2003. évben) a kvarchomok ára 10-20 EUR/t között mozgott, a vásárolt mennyiség, a csomagolás és a homok kezelésének függvényében. A kromithomok ára 250-300 EUR/t, a cirkonhomoké 250-400 EUR/t.
[72, ETSU, 1995], [225, TWG, 2003]

Az öntödei célra használt tűzálló homokok különböző típusait a következő fejezetek ismertetik.

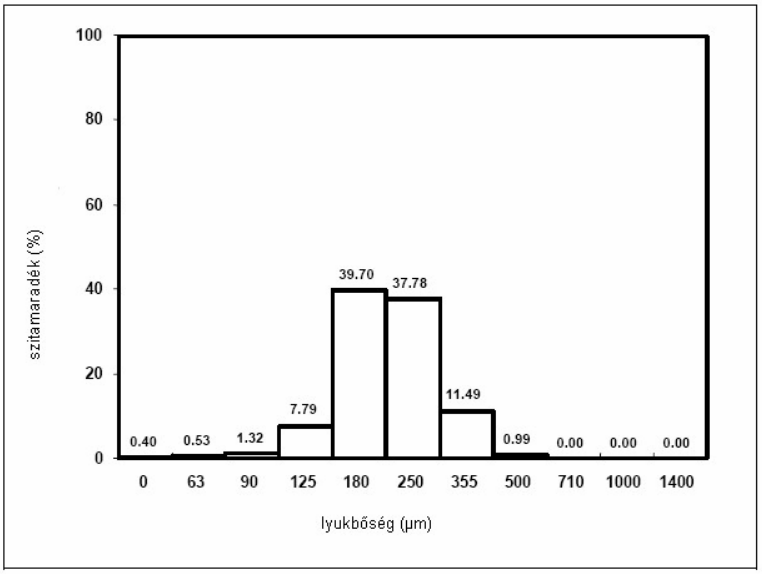
2.5.1.1.1. Kvarchomok

Ez a homoktípus a legáltalánosabban használt, főként széleskörű előfordulása és viszonylag alacsony ára miatt. A kvarchomok ásványi „kvarcból" (SiO_2) áll, mely többé-kevésbé tiszta, származásától függően. Száraz fajsúlya 2,5-2,8 kg/dm^3 között változik. Száraz halomsűrűsége (vagy laza térfogattömege) 1,4-1,6 kg/dm^3.

A kvarchomok hőtágulása a forma mozgását idézi elő öntés és hűlés közben. Ezért különleges adalékokat használnak, különösképpen a magok készítéséhez, az öntési hibák elkerülésére. Ezek lehetnek: fűrészpor, vas-oxid vagy kiégett öntödei homok. A földpátot tartalmazó homoknak kisebb a hőtágulása, mint a tiszta kvarchomoknak, és alacsonyabb a szinterezési pontja, de széles körben használják az öntvények hőtágulási hibáinak minimalizálására.

A kvarchomok semleges és minden kötőanyaggal és rendes öntészeti ötvözettel kompatibilis. A belélegezhető kvarcrészecskék (RPM) frakciója az IARC által rákkeltőnek nyilvánított [233, IARC, 1997]. Ez egészségügyi és biztonsági kérdés. Tanulmányok készülnek arról, hogy nem képezi-e egyben légszennyezés tárgyát is. A kvarc mennyiségét a porban az input anyagok kvarctartalmával határozzák meg.

A nyersformázási technológiában, a szemcsenagyság eloszlásának szabályozása nagyon fontos. A 2.25. ábra a kvarchomok jellemző szemcseeloszlását mutatja. A szemcseeloszlást az AFS-szám (AFS=American Foundry Society) számításához használják. Ez megadja a homok átlagos finomságát. Minél nagyobb az AFS-szám, annál finomabb a homok. Egy alternatív osztályozási rendszer alapja a közepes szemcsenagyság.



2.25. ábra Az öntödei kvarchomok tipikus szemcseeloszlása
[110, Vito, 2001]

A finomabb homok több szemcsét tartalmaz grammonként, és így nagyobb a fajlagos felülete. Ez több kötőanyag hozzáadását igényli ugyanazon szilárdság eléréséhez. Az üzemeltetők ezért a legdurvább homok használatára törekszenek, mely még jó felületi minőséget ad. A szabvány AFS-számok 50 és 60 közöttiek. Nagyon sima felületekhez finom homokra van szükség, itt jellemzően 90-110 közötti AFS finomsági számú homokot használnak. Finom homokokat használnak bizonyos esetekben a formabevonatok helyettesítésére is.
[110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.1.1.2. Kromithomok

A kromit egy krómérc, $FeO\text{-}Cr_2O_3$ elméleti képlettel, mely tartalmaz más olyan alkotókat is, mint a magnézium- és alumínium-oxid. Öntödei használatra való alkalmasságához szilícium tartalmának 2%-nál alacsonyabbnak kell lennie, kis hőmérsékleten való szintereződésének megelőzésére. Jellemzői a következők:

- sűrűség: 4,3-4,6 a kvarchomok 2,65-ével szemben,
- elméleti olvadáspont: 2 180˚C, de a szennyezők jelenléte ezt 188˚C-ig csökkenti,
- termikus diffuzivitása: több mint 25%-al nagyobb, mint a kvarchomoké,
- hőtágulása: szabályos, átmeneti pont nélkül, és kisebb, mint a kvarchomoké,
- pH: nagyon bázikus, 7-10.

A kromithomok hőállóbb, mint a kvarchomok. Termikusan stabilabb, és nagyobb a hűtőhatása. A kromithomok jobb felületi minőséget ad nagy öntvényeknél. Ezért nagy öntvények gyártására használják, és olyan területeken, ahol hűtőhatásra van szükség.
[32, CAEF, 1997]

2.5.1.1.3. Cirkonhomok

A cirkon egy cirkónium-szilikát, $ZrSiO_4$. A cirkon a legelterjedtebb cirkónium-érc. Jellemzői a következők:

- sűrűség: 4,4-4,7 a kvarchomok 2,65-ével szemben,
- olvadáspont: >2 000˚C,
- termikus diffuzivitása: több mint 30%-al nagyobb, mint a kvarchomoké,
- hőtágulása: szabályos, átmeneti pont nélkül, és kisebb, minta kvarchomoké.

A cirkonhomok általános jellemzői hasonlóak a kromithomokéhoz, de a cirkonhomok jobb felületet ad, ha finomabb fajtát használnak. Ezek a fizikai és termikus tulajdonságok indokolják a cirkonhomokok formázáshoz és magkészítéshez használatát bonyolult formázási feladatok megoldása esetében, magas ára ellenére is.
[32, CAEF, 1997], [72, ETSU, 1995]

2.5.1.1.4. Olivinhomok

Az olivinhomokok olyan ásványi csoportot képeznek, melyek forszteriteket, fayalitokat és egyebeket tartalmaznak Az olivinhomokok jellemzői a következők:

- olvadáspont: forszterit: 1 890˚C, fayalit: 1 205˚C,
- sűrűség: 3,2-3,6,
- pH: 9 körül.

Ezt a homokot bázikus pH-ja nem teszi alkalmassá savas katalizátorú kötőanyag rendszerekhez való használatra.

Az olivinhomokot természetes szikladarabok zúzásával készítik, mely megmagyarázza eltérő jellegzetességeit. Általában ausztenites mangánacél öntvények formázásához és magkészítéséhez

használják. A mangán miatt szilícium nem lehet benne, mert ez a két alkotó reagál egymással, nagyon olvadó vegyületet alkotva. A jelentett vételár Spanyolországban 130 EUR/t (2002).
[32, CAEF, 1997], [210, Martinez de Morentin Ronda, 2002]

2.5.1.2. Kötőanyagok és egyéb vegyszerek

2.5.1.2.1. Bentonit

A bentonit szürkészöld, lemezes szerkezetű agyag. Víz hozzáadásával az agyag szerkezete a vízmolekulák adszorpciója következtében megduzzad. Az agyag így feldolgozhatóvá válik, és szétterjeszthető a homokszemcsék bevonására keverés közben.

A természetes kalcium-bentonitból „aktiválható" nyers szódával történt kezelés után „szódával aktivált bentonit"-ot készítenek, amit széles körben használnak a vas- és acélöntödékben Európa-szerte, mert tulajdonságai megközelítik a természetes nátrium-bentonitét.

A természetes nátrium-bentonitok erősen duzzadnak vízzel való keverésükkor. Fő jellemzői nagy száraz szilárdsága a nyersformában, a víztartalom-változásokat jól tűrő képessége, kiégéssel szembeni nagy ellenálló képessége és nagy hőmérsékleteken tartóssága. Mivel az USA-ból importálják, ahol általánosan használt, magas ára használatát nagy értékű acélöntvények gyártására vagy aktivált kalcium-bentonittal kevert használatra korlátozza.

A folyékony fém nyershomok-formába öntése a formázóhomokot jelentékeny hőhatásnak teszi ki. Ez a hő eltávolítja a nedvességet a homokból, tönkreteszi az agyagkötésű szerkezetet (és az adalékokat). Ha öntés és hűlés közben a bentonit a deaktiválásinál kisebb hőmérsékleten marad, fennmarad a lemezes szerkezet, valamint a duzzadóképesség és a kohéziót létrehozó képessége. A deaktiválási hőmérséklet bentonit-típusonként változik.
A bentonitok ára 70-250 EUR/t, a csomagolástól és a termék típusától függően (Cseh Köztársaság, 2003).
[32, CAEF, 1997], [73, ETSU, 1995], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.5.1.2.2. Gyanták

Az elmúlt néhány évtized alatt egy sor vegyi kötőanyagot fejlesztettek ki. Ezek egy- vagy többalkotós rendszerek, melyeket az öntödei homokkal úgy kevernek össze, hogy a homokszemcséket gyantafilm vonja be. A keverés után megindul a kikeményedési reakció, homokszemcséket megkötve és formaszilárdságot adva. A gyantákat kikeményítési módszereik szerint osztályozzuk:

- hidegen kötő gyanták,
- gáz hatására keményedő gyanták,
- melegen kötő gyanták.

A különböző gyantatípusokat a 2.5.6. szakaszban tárgyaljuk. A 2.7. táblázat áttekintést ad a különböző gyanták alkalmazhatóságáról.

Kikeményítés	Gyantatípus (kereskedelmi név)	Formázás	Magkészítés	Kezelési hőmérséklet	Kikeményítési idő (*)	Fémfajta	Sorozatnagyság
Hidegen kötő	Furán	Közepes-nagy	Valamennyi	10-30˚C	10-120 min	Vas, acél, fém	Kis-nagy
	Fenolos	Nagy	Nem	10-30˚C	10-180 min	Vas, acél	Kis-nagy
	Poliuretán („Pepset/ penzex”)	Kis-közepes	Valamennyi	10-30˚C	5-60 min	Vas, acél, fém	Kis-nagy
	Rezol-észter („Alfaset”)	Kis-nagy	Valamennyi	10-30˚C	5-400 min	Vas, acél, fém	Kis-nagy
	Alkid-olaj	Nagy	Valamennyi	10-30˚C	50 min	Acél	Kis
	Szilikát-vízüveg	Közepes-nagy	Nem	10-30˚C	1-60 min	Vas, acél, fém	Kis-közepes
Gáz kikeményítésű	Fenol/furán[1] („Hardox”)	Kis	Igen	10-30˚C	<60 s	Vas, acél, fém	Minden
	Poliuretán („Cold-box”)	Kis	Igen	10-30˚C	<60 s	Vas, acél, fém	Minden
	Rezol („Betaset”)	Kis	Igen	10-30˚C	<60 s	Vas, acél, fém	Minden
	Akril/epoxi („Isoset”)	Nem	Igen	10-30˚C	<60 s	Vas, acél, fém	Minden
	Szilikát	Kis	Igen	10-30˚C	<60 s	Vas, acél, fém	Minden
Hőre keményedő	Olaj	Kis	Igen	180-240˚	10-60 min	Vas, acél	Kis
	„Warm-box”	Ritkán	Igen	150-220˚C	20-60 s	Vas, acél	Közepes, nagy
	„Hot-box”	Ritkán	Igen	220-250˚C	20-60 s	Vas, acél, fém	Közepes, nagy
	Héj „Croning”	Igen	Igen	250-270˚	120-180 s	Vas, acél, fém	Nagy

(*) vagyis kivevési idő, amikor a forma/mag elegendő szilárdságot ér el ahhoz, hogy le/ki lehessen venni a mintáról ill. magszekrényből

[1]20 t/nap-nál kisebb kapacitásokhoz nem használatos

2.7. táblázat Áttekintés a különböző gyantatípusokról és azok alkalmazhatóságáról
[110, Vito, 2001]

2.5.1.2.3. Szénpor

A szénport rendszerint a vasöntvények formázásához használt nyershomokhoz adják hozzá. A szénport kis mennyiségű gyantával és olaj termékekkel lehet keverni. Öntés közben a termikus degradáció „fényes szenet” képez, mely javítja az öntvény felületi minőségét és az ürítési tulajdonságokat. A szénport három célból adják a homokkeverékhez:

- inert atmoszféra létrehozására a forma üregében öntés közben, a szerves vegyületek elégésével, mely viszont lassítja a fém oxidációját (salakképzést),
- a fém kvarcszemcsék közé behatolásának csökkentése, grafitfilm kialakításával, mely sima öntvényfelületet is képez,
- ürítés során az öntvény felületén maradó homokmennyiség csökkentése.

A kezelés során képződő fekete és ragadós poron kívül a szénpor tartalmazhat vagy öntés közben létrehozhat policiklikus aromás szénhidrogéneket (PAH) is.

Acélöntvényekhez nem használnak szénport a szénfelvétel miatt. Ebben az esetben általában olyan gabonanemű kötőanyagokkal helyettesítik, pl. keményítővel vagy a dextrinnel.

Különböző típusú szénpor-helyettesítők léteznek. Ezek erősen illó, nagy fényes szén-tartalmú anyagok és agyagok keverékei. Általában környezetkímélőbbek, mint a szénpor, vagyis kevesebb füstöt képeznek öntés közben, habár néhány szénporpótló több policiklikus aromás szénhidrogént hoz létre.
[174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

2.5.1.2.4. Gabonanemű kötőanyagok

Gabonanemű kötőanyagokat főként acélöntödékben használnak, a nyershomok szilárdságának és szívósságának növelésére. A gabonanemű kötőanyagoknak két fő típusa van: a keményítő és a dextrin. A keményítő az alapvető anyag, számos növényi anyagból készül, melyek közül a kukoricakeményítőt használják legáltalánosabban öntödei célokra. A dextrin a keményítő repolimerizált formája, melyet a keményítő egymást követő savas és termikus kezelésével készítenek.

A keményítő segíti a hőtágulási hibák csökkentését, mivel ahogy kiég, lehetővé teszi a homokszemcsék deformálódását a forma deformálása nélkül. A gabonaneműek növelik a nyersszilárdságot, a száraz szilárdságot és szívósságot, de csökkentik az omlékonyságot. A dextrin javítja az omlékonyságot és a nedvesség visszatartást, megakadályozva a formák kiszáradását és az élek morzsálódóvá válását.

A gabonaneműek hozzáadása nem javítja az erózióval, sem a fém penetrációjával szembeni ellenállást.
[174, Brown, 2000], [175, Brown, 1999]

2.5.1.2.5. Vas-oxid

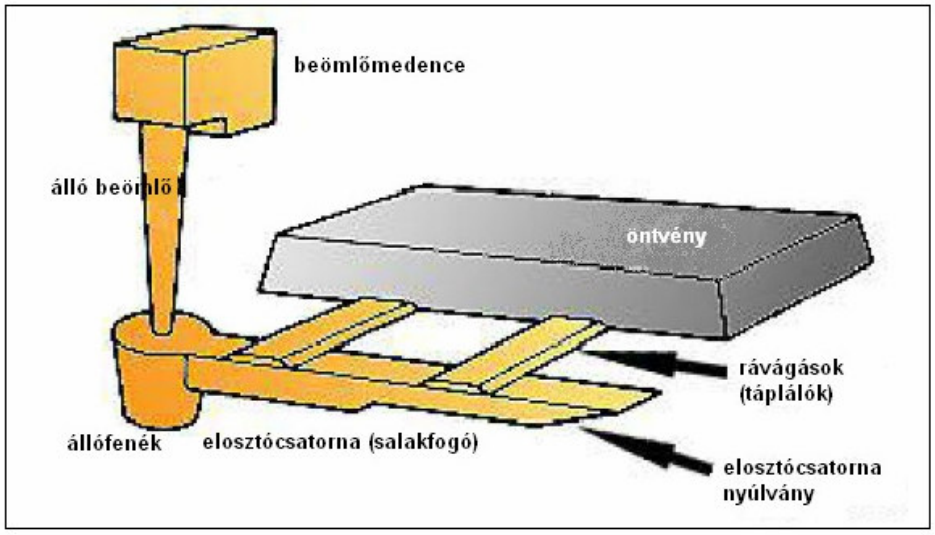
A vas-oxid a kvarccal nagy hőmérsékleten reagál és kis olvadáspontú vegyületet, fayalitot képez. Ez az üveges, plasztikus termék összesüti a szemcséket. Főként maghomok készítéséhez használják, erek képződésének csökkentésére.
[110, Vito, 2001]

2.5.1.3. Beömlők, rávágások, táplálók és szűrők

A beömlő-rendszer különböző részei a 2.26. ábrán láthatók. A rendszer a következő feladatokat látja el:

- szabályozza a fém beáramlását a forma üregébe azzal a sebességgel, mely az öntvényeken a hidegfolyási hibák elkerüléséhez szükséges,
- megakadályozza a fém örvénylését a formába való belépésnél,
- megakadályozza a folyékony fémben jelenlevő salak és szennyezők belépését a formába,
- megakadályozza a fémáram a magokkal és formarészekkel történő nagy sebességű ütközését,
- elősegíti a termikus gradiensek (hőlépcsők) kialakulását az öntvényben, mely elősegíti az ép öntvények gyártását,

- lehetővé teszi az öntvény könnyű leválasztását a beömlő-rendszerről.

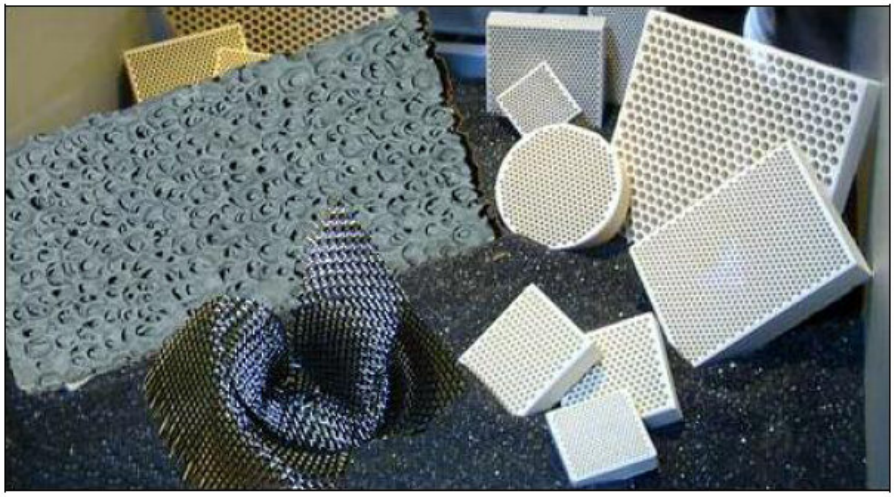


2.26.ábra A beömlőrendszer részei
[237, HUT, 2003]

A beömlőrendszer tervezésénél szükséges az öntendő fém különböző salak- és fölzékképződési tulajdonságainak figyelembe vétele, pl.:

- a lemezgrafitos öntöttvasban valamennyi kemencesalak jelen lehet, de az olvadék nem tartalmaz oxidációból származó zárványokat,
- a gömbgrafitos öntöttvas tartalmaz magnézium-szilikát és szulfid-zárványokat, melyek a gömbösítő kezelésből származnak,
- az acél hajlamos az oxidációra és a salakképződésre,
- az alumínium-ötvözetek (és alumínium-bronzok) mind hajlamosak a fölzékképződésre, oxidfilm formájában minden, levegőnek kitett fémfelületen.

Zárványok képződhetnek az acélban a salak elnyeléséből, a kemence vagy üst tűzálló bélésének eróziójából, vagy a dezoxidálásból. Ma széles körben használnak szűrést a jelenlevő zárványok csökkentésére. A kerámiaszűrők bevezetése még egyszerűsítéseket is lehetővé tett a beömlő-rendszerek tervezésében. Különböző típusú szűrők láthatók a 2.27. ábrán.

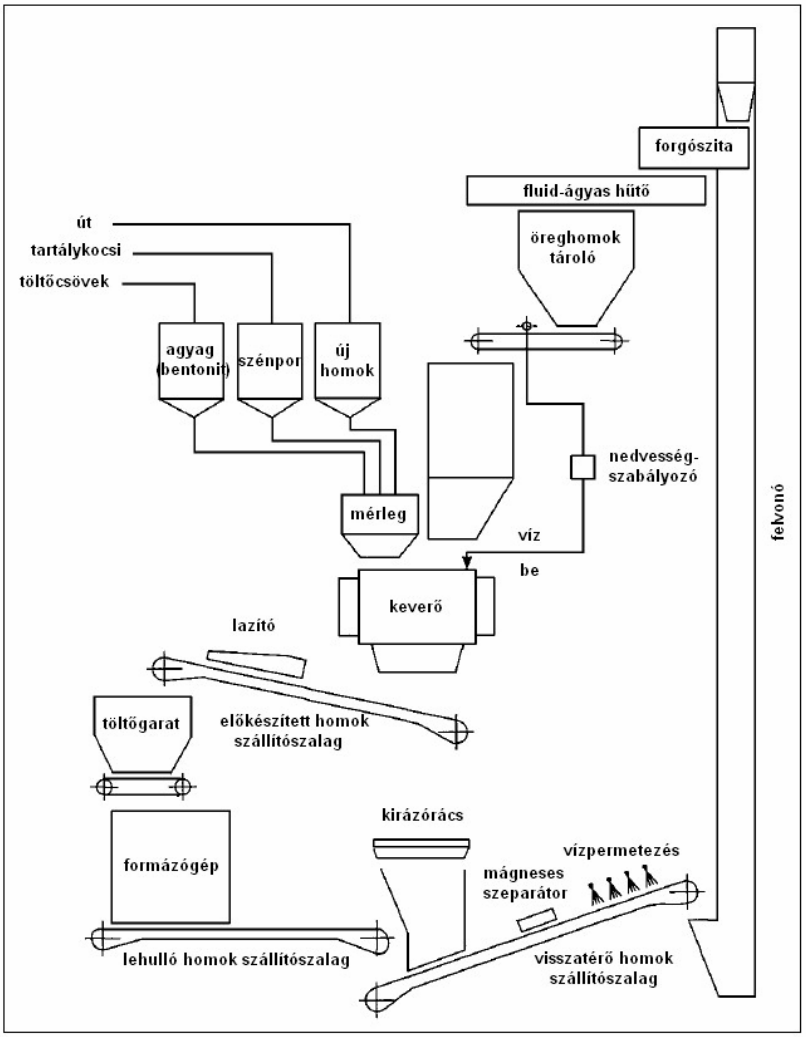


2.27. ábra Különböző típusú szűrők
[237, HUT, 2003]

2.5.2. Homokelőkészítés (szállítás, rostálás, hűtés, keverés)

2.5.2.1. A homok újra felhasználhatóvá tétele a nyershomok formázásban

A nyershomok formázás egyik legnagyobb előnye, hogy a formák ürítéséből származó öreghomok újra használhatóvá tehető többszöri használathoz. A jellegzetes nyershomok üzem elrendezési vázlata látható a 2.28. ábrán, és néhány példa a homokkeverőkre a 2.29. ábrán.



2.28.ábra Egy tipikus nyershomok előkészítő üzem folyamatábrája
[174, Brown, 2000]

2.29. ábra Különböző típusú homokkeverők
[237, HUT, 2003]

Mivel a homok rendszerint tartalmaz fémes elemeket, mint pl. fáncok, elcsöppenések, elfolyások, az álló beömlők részei, vagy éppen kisebb öntvényrészek, ezeket először mind el kell távolítani mágneses szeparátorok segítségével. Ha a mágneses vasanyagok szeparálása nem érhető el vagy nem lehetséges, a szeparálás örvényáramos szeparátorokkal végezhető el. A maradék homokrögöket szét kell zúzni. Fontos, hogy a homokot ne zúzzuk szét, a homok és a bentonit szétválásának megakadályozása érdekében.

A homokot általában hűteni kell az előkészített homok nedvességtartalmának lehető legállandóbb szinten tartása érdekében, a párolgási veszteségek elkerülésére. A hűtést gyakran fluidágyon végzik, mely egyben lehetővé teszi a homok portalanítását is, a finom szemcsék eltávolításával.

A homokot azután rostálják a maradék rögök eltávolítása céljából, és tárolják a szükséges adalékokkal (új homokkal, agyaggal, vízzel stb.) való keverés előtt, a nyershomok előkészítésére és újra felhasználására.
[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.5.3. Formázás természetes homokkal

Néhány öntöde természetes kötőanyagú homokot használ. Ez az a homok, mely bányászott állapotában már tartalmaz természetes mennyiségű agyagot. Csak vizet kell hozzáadni kötőképességének aktiválásához. Ha szükséges, némi adalékot is lehet belekeverni. A természetes homok hozzávetőleges összetétele található a 2.8. táblázatban.

Összetevők	Hozzávetőleges %
Kvarchomok	80
Agyag	15
Víz	5

2.8. táblázat A természetes homok összetétele

A természetes homok, ahogy készre kevert állapotában előfordul a természetben, nem támaszt olyan nagy követelményeket a keverő-berendezésekkel szemben, mint a szintetikus homok. Főként kis fémöntödékben (pl. rézötvözet-öntödékben) használják, és nem használják vas- és acélöntödékben.

2.5.4. Formázás agyagkötésű (bentonitkötésű) homokban (nyershomok formázás)

A nyershomok formázás a legelterjedtebb formázási eljárás. A nyershomokot általában nem használják magkészítésre. A magokat vegyileg kötött homokkeverékekkel készítik. A nyersformázás az egyetlen eljárás, melynél nedves homokkeveréket használnak. A keverék mintegy 85-95% kvarc- (vagy olivin vagy cirkon) homokból; 5-10% bentonitból (agyag); 3-9% olyan szénféleségből, mint (kő)szénpor, nyersolaj-termékek, kukorica-keményítő vagy faliszt; és 2-5% vízből áll. Az agyag (bentonit) és a víz kötőanyagként hat, összeköti a homokszemcséket. A szénféleségek kiégnek, amikor a folyékony fémet a formába öntik, redukáló atmoszférát képezve, mely megakadályozza a fém oxidációját megdermedés közben. A 2.9. táblázat áttekintést ad a különböző anyagú öntvényekhez alkalmazott adalékokról.

Az öntvény anyaga	Adalékok a nyershomok előkészítéshez
Gömbgrafitos öntöttvas Lemezgrafitos öntöttvas Tempervas	Bentonit Gabonanemű kötőanyag* Szénpor
Acél	Bentonit Gabonanemű kötőanyag*
Alumínium és egyéb könnyűfém	Bentonit Gabonanemű kötőanyag*
Magnéziummal ötvözött alumínium	Bentonit Bórsav
Magnézium	Bentonit Kénpor Bórsav
Nehézfém (rézalapú)	Bentonit Gabonanemű kötőanyag* Szénpor
*Választható adalék	

2.9. táblázat Az adalékkeverékek összetétele nyershomok előkészítéshez (víz kivételével)
[36, Winterhalter et al., 1992]

A nyershomok-formázásnak, ahogy azt a széleskörű alkalmazása mutatja, számos előnye van az egyéb formázási rendszerekkel szemben. Az eljárás használható mind a vas- és acél, mind a színesfémöntéshez, és bármely más eljárásnál szélesebb termékkörhöz. A nyershomokot például használják az öntvények teljes terjedelmének gyártásához, a kis pontos öntvényektől a nagy, 1 tonnás tömegig terjedő öntvényekig. Ha az egyenletes homoktömörítést és a homok tulajdonságainak pontos szabályozását fenntartják, nagyon szoros tűréseket lehet elérni. Az eljárásnak megvan az az előnye is, hogy viszonylag rövid időre van szükség a forma elkészítéséhez sok más eljáráshoz képest. Ráadásul, az eljárás viszonylagos egyszerűsége ideálisan alkalmassá teszi gépesített eljárásra.

Habár a kézi formázás is használatos még, a gépi formázás a legelterjedtebb. Két egymást követő műveletet kell a formázógépnek teljesítenie, az első a homok tömörítése, melyet a mintának a tömörített homoktól való elválasztása követ. A legáltalánosabban használt eljárások a következőkben leírt működési elvekből következnek.

A sajtoló formázógépek nyomást alkalmaznak a homok tömörítésére, melyet vagy sajtoló fejjel, vagy többdugattyús sajtoló-fejjel fejtenek ki. A formázás csak sajtolással kevésbé hatásos, ahogy a félforma mélysége növekszik. Ezekben az esetekben a gépasztal ill. a formalap rázása növeli a homok tömörségét.

Az ütköztetéses (air-impact) formázásnál a homokot gravitációval juttatják a formaszekrénybe, és egy gyorsan működő szelep által kibocsátott sűrített levegő hirtelen lökésével tömörítik. Az eljárás a formát jól és egyenletesen tömöríti, különösen a mintát körülvevő homokban.
A formaszekrény nélküli formázás, mind függőleges, mind vízszentes osztással, lenyűgöző termelési teljesítményeket ér el. Nagy formapontosság érhető el, de ez az eljárás hatékony beállítást és kiváló minőségű mintákat követel meg a kívánt célok eléréséhez.
[32, CAEF, 1997], [42, US EPA, 1998]

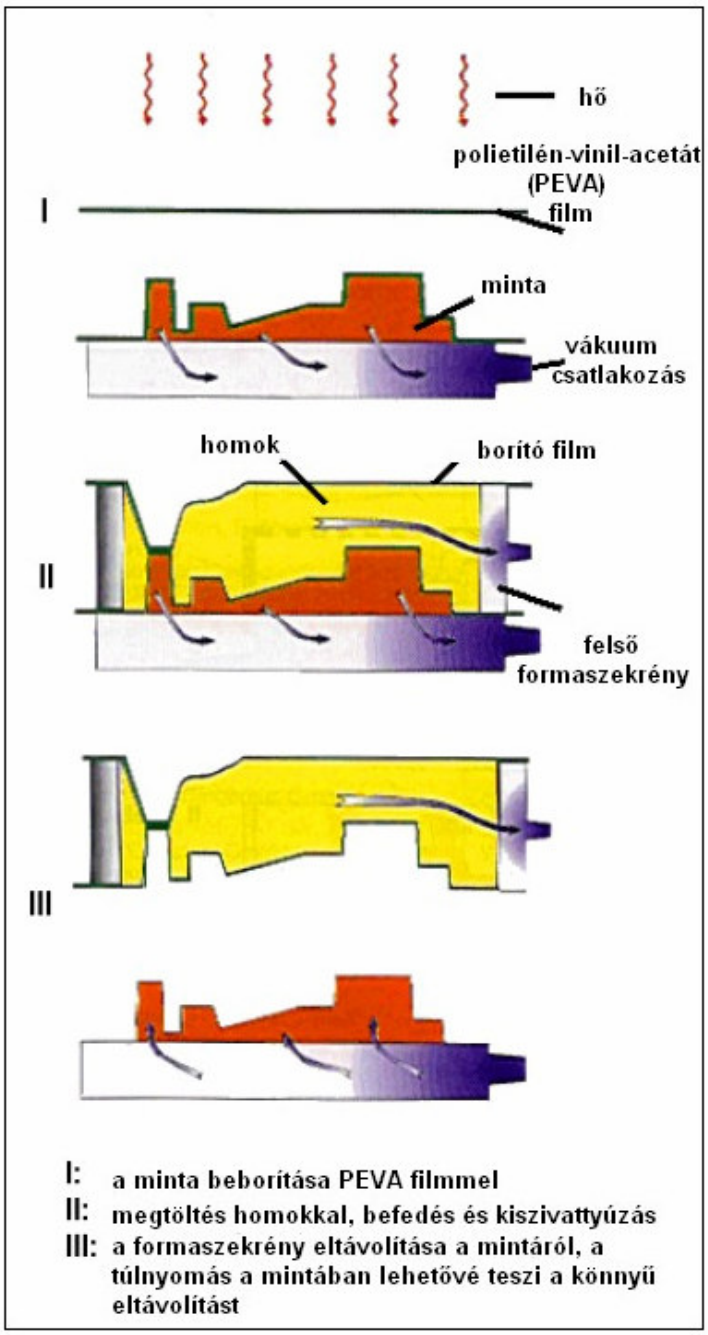
2.5.5. Formázás kötőanyag nélküli homokban (Vákuumformázás=V eljárás)

Ez az eljárás száraz homokot használ, vibrációs tömörítéssel, kötőanyag hozzáadása nélkül, a homokot két polietilén lemez között tartva részleges vákuummal.

A félforma készítését a 2.30. ábra mutatja be. Az eljárás egymást követő lépései a következők:

- A minta levegőtömör kamrához rögzített, a kamra vákuumszivattyúhoz van csatlakoztatva. A minta kis átmérőjű szellőző furatokkal csatlakozik a levegőtömör kamrához.
- Vékony, 75-100 mikron vastag polietilén-vinil-acetát (PEVA) filmet 85˚C hőmérsékletre melegítenek.
- A filmet, mely a hő hatására kitágult, a mintára helyezik és a levegőtömör kamrán keresztül vákuummal rögzítik a minta felületén.
- Olyan formaszekrényt helyeznek a mintára, melyben vákuumot lehet létrehozni, és megtöltik száraz homokkal.
- A homokot vibrálással tömörítik, lesimítják, majd egy második PEVA filmet helyeznek a homokra.
- A levegőt kiszívják a formaszekrényből, és ezzel egy időben vákuumot létesítenek a levegőtömör kamrán keresztül; a vákuum megmerevíti a homokot, és a félforma azután levehető a mintáról.
- A másik félformát hasonlóképpen készítik el, azután a két félformát összerakják és összezárják, a vákuumot továbbra is fenntartva mindkét félformában.
- A fémet most beöntik, a két félformát továbbra is vákuum alatt tartva, míg az öntvény annyira le nem hűl, hogy ki lehessen üríteni a formát.
- Az ürítés egyszerűen a vákuum lekapcsolásával történik: a homok kifolyik a formaszekrényből egy rácson keresztül, és portalanítás, valamint az el nem égett műanyag részek eltávolítása után visszaforgatható.

[174, Brown, 2000]



2.30. ábra Vákuumformázás
[179, Hoppenstedt, 2002]

2.5.6. Formázás és magkészítés vegyi kötésű homokkal

A magkészítéshez elsősorban vegyi kötésű rendszereket használnak. A magok más fizikai jellemzőket követelnek meg, mint a formák; ezért a magkészítéshez használt kötőanyag rendszerek eltérőek lehetnek a formázáshoz használtaktól. A magoknak ellen kell állniuk azoknak a nagy erőknek, melyek felléphetnek, amikor a folyékony fém megtölti a formát, és később eltávolíthatónak kell lenniük a megszilárdult öntvény gyakran szűk üregeiből. Ez azt jelenti, hogy a kötőanyag rendszernek olyan erős, kemény magokat kell biztosítania, melyek összeomlanak, hogy lehetővé tegyék eltávolításukat, miután az öntvény megszilárdult. Ezért a magokat jellemzően kvarchomokból (és estenként olivin-, cirkon-, vagy kromithomokból) és erős vegyi kötőanyagokból

készítik. A homok-kötőanyag keveréket a magszekrénybe juttatják, ahol az a kívánt alakban megkeményedik, és azután eltávolítják. A kikeményítés vagy kezelés vegyszerrel, katalízises reakcióval vagy hőhatással történik.

A 2.10. táblázat a különböző magkészítési eljárások viszonylagos megoszlását mutatja a német autóipari öntödékben, 1991-ben. Ez azt mutatja, hogy az aminos cold-box és a hot-box rendszerek voltak uralkodóak a piacon. Az autóipari öntödék több mint 90%-a használja az aminos cold-box rendszert. Az egyéb eljárásokat (Croning, CO_2-szilikát) kiegészítésként használják, különleges követelményű (méret, vastagság) magokhoz.
[42, US EPA, 1998], [174, Brown, 2000]

Rendszer	Szám
Aminos cold-box	44
Hot-box	10
Héj / Croning	9
CO_2-szilikát	3

2.10. táblázat Németország 48 autóipari öntödéjében használt magkészítő eljárások megoszlása
[174, Brown, 2000]

2.5.6.1. Hidegen kötő eljárások

A hidegen kötő homokok kezelése környezeti hőmérsékleten hatásos. A folyamat akkor indul be, amikor az előírás szerinti utolsó alkotót beadják a keverékbe. A kötés azután néhány perctől több óráig folytatódik, az eljárástól, a kötőanyag mennyiségétől és a kikeményítő reagens erősségétől függően.

Ezeket az eljárásokat gyakrabban használják formázáshoz, mint magkészítéshez, különösképpen közepes vagy nagy méretű öntvényeknél.

2.5.6.1.1. Fenolgyantás, savas katalizátoros eljárás

Az eljárás 1958 óta van használatban. Mivel az alkotók viszonylag olcsók, főként nagy darabok készítésére használják. Alkalmazható minden ötvözettípushoz. Ezeknek a gyantáknak kikeményítése nehezebb és kevésbé egyenletes, mint a furán-gyantáé.

A gyanták fenol-formaldehid (PF) gyanták, vagy karbamid-formaldehid/fenol-formaldehid kopolimerek (UF/PF), mindketten „rezolok”, egynél nagyobb formaldehid/fenol aránnyal.
A katalizátorok erős szulfonsavak, paratoluol, xylol vagy benzol-szulfon savak, néha kénsav hozzáadásával, rendszerint hígított formában használva.

2.5.6.1.2. Furángyantás, savas katalizátoros eljárás

Ezeket az öntödékben először 1958-ban bevezetett kötőanyagokat általában formázáshoz és magkészítéshez használják, közepes és nagy darabok kis és közepes sorozatban való gyártásához, minden ötvözettípushoz. Csak bizonyos típusokat használnak acélöntéshez, mivel repedések, fáncok képződése és tűlyukacsosság fordulhat elő. Az eljárás az alkalmazásban és a tulajdonságokban rugalmas. A furfuril-alkoholnak (FA) az a hátránya, hogy mint a piacon (stratégiailag) alapvető termék, ára igen változó. A furános kötőanyagok a fenolosokkal összehasonlíthatók abban a

tekintetben, hogy kötésmechanizmusuk és savas katalizátoruk hasonló. Furángyantás eljárással készült magok néhány példája látható a 2.31. ábrán.

2.31. ábra Furán-gyantás homokból készült magok
[237, HUT, 2003]

Savas katalizátor hozzáadása a furán-gyantához exotermikus polikondenzációt okoz, amely megkeményíti a kötőanyagot. Különböző formulációjú furán-gyanták állnak rendelkezésre, melyek mind furfuril-alkoholra alapozottak:

furán-gyanta	(FA)
karbamid-formaldehid-furfuril-alkohol	(UF-FA)
fenol-formaldehid-furfuril-alkohol	(PF-FA)
karbamid-formaldehid-fenol-furfuril-alkohol	(UF-PF-FA)
rezorcinol-furfuril-alkohol	(R-FA)

Szilánt is majdnem mindig adnak hozzá a gyanta-homok kötés elősegítésére. A katalizátorok erős szulfon-savak, paratoluol, xylol vagy benzol-szulfon savak, néha kénsav hozzáadásával, rendszerint hígított alakban használva.

2.5.6.1.3. Poliuretános (fenolos izocianátos) eljárás

Ezt az eljárást kisebb mértékben használják formázásra és magkészítésre, az acélöntvények kivételével, mert repedések és tűlyukacsosság fordulhatnak elő alkalmazásával. Ez azonban megelőzhető vas-oxid hozzáadásával, és a formák és magok szárításával. Bizonyos országokban (pl. Svédországban) ezt a kötőanyagtípust 25 éve nem használják, a munkakörnyezetre gyakorolt hatása miatt.

Az eljárás poliaddíciós reakcióra alapoz a fenolgyanta és egy izocianát (többnyire MDI=metil-diizocianát) között, melyet piridin-származékkal katalizálnak; s eredményül poliuretán szerkezet jön létre. Minden alkotó magas forráspontú, aromás és/vagy poláris oldószerek (vagyis alifás oldószer) oldatában van. A vízzel való szennyezést szigorúan el kell kerülni, mert a víz erősen reagál az izocianáttal.

2.5.6.1.4. Rezol-észteres (észter-kikeményítésű alkálikus fenolos) eljárás

Ezt az eljárást kis- és középsorozatok termeléséhez használják. Minden ötvözettípushoz használható, de különös jelentősége a könnyebb ötvözeteknél van, könnyű üríthetősége miatt. A nitrogén hiánya a vegyülő reagensekben az acélöntvényeknél előnyös.

A gyanta alkálikus fenolos rezol oldat, mely reagál a folyékony észterrel. A gyanta és az észter instabil komplexet képez, gélesedést okozva. A komplex szétválik és a gyanta keresztpolimerizációját idézi elő, só és alkohol keletkezésével.

Az eljárásban a kötési sebesség nem a hozzáadott kikeményítő arányával van beállítva, hanem különböző fajták használatával. A keményedési idő néhány perc és több mint egy óra között változhat. A mechanikai tulajdonságok közvetlenül a megkeményedés után gyengék, de a tárolás során javulnak.

2.5.6.1.5. Alkid-olajos eljárás, sütés nélkül

Ezt az eljárást főként acélöntödékben egyedi öntvényekhez vagy kis sorozatokhoz használják. A jó felületi minőség és jó formaleemelési tulajdonságok előnyét nyújtja, azonban drága.

Olajmódosítású poliésztert kevernek izocianáttal, poliuretán-gyantát képezve, mely lassan szilárdul. A forma szilárdulását katalizátorral gyorsítják és 150˚C-ra való felmelegítéssel fejezik be.

2.5.6.1.6. Észter-szilikátos eljárás

Ezt az eljárást főként acélöntödékben használják, közepes és nagy öntvények közepes és kis sorozatokban való gyártásához. Hasonló a sütés nélküli alkid-olajos eljáráshoz. Mindazonáltal gyenge ürítési tulajdonságai vannak és kisebb a mechanikai ellenállása, mint a szerves gyantakötésű rendszereknek.

A szilikát-észter homok szilárdítása egy közbenső lépcsőn keresztül történik, mely az észter alkálikus szilikát-oldattal történő hidrolíziséből áll. Ez a hidrolízis glicerint és ecetsavat képez, mely szilikátgélt választ ki, kezdeti kötést kialakítva. A további szilárdulás kifejlődik, ahogy a maradék szilikát szárad.

2.5.6.1.7. Cementformázás

Ezt az eljárást csak nagyon nagyméretű öntvényekhez használják. Alkalmazása közművekhez gyártásához használatos. Nem okoz semmiféle károsanyag-kibocsátást a formázás vagy a magkészítés közben.

2.5.6.2. Gáz-kikeményítésű eljárások

Ezeknél az eljárásoknál a kezelést gáz halmazállapotú katalizátorok vagy kikeményítők injektálásával végzik. A kezelés sebessége nagyon nagy lehet, mely lehetővé teszi nagy termelési

teljesítmény elérését. Korlátozott méretű formák és magok készítésére alkalmas, közepes és nagysorozat ill. tömeggyártáshoz. Használatuk az utóbbi néhány évben folyamatosan terjedt.

A gáz-kikeményítésű eljárások nagy részének a kémiai háttere hasonló a hidegen kötő eljárásokéhoz. A katalizátorok gáz alakja miatt néha szükséges a kibocsátott káros anyagok összegyűjtése és kezelése.

2.5.6.2.1. Cold-box (amin kikeményítésű fenol-uretán) eljárás

Ezt az eljárást általánosan használják 100 kg-ig terjedő tömegű magok és kis formák készítéséhez. Nagyon sima öntvényfelületet ad és méretpontossága igen jó. A magok eltávolítási tulajdonságai kitűnőek, a homok regenerálható. Ez az az eljárás, mely legáltalánosabban használatos a magkészítéshez. Egy példa cold-box mag látható a 2.32. ábrán.

2.32. ábra Cold-box eljárással készült mag
[237, HUT, 2003]

Ennek a poliuretán-alapú eljárásnak kémiai háttere nagyon hasonlít a poliuretán hidegen kötőéhez, például abban, hogy fenol-gyantát és izocianátot (MDI) alkalmaz. Csak a katalizátor különbözik; itt tercier amint használnak, mint pl. trietil-amin (TEA), dimetil-etil-amin (DMEA), dimetil-izopropil-amin (DMIA) vagy dimetil-propil-amin (DMPA). Az amint pára alakjában alkalmazzák, sűrített levegőt, nitrogént vagy CO_2-t használva hordozógázként. Mind a gyanta, mind az izocianát magas forráspontú, aromás és/vagy poláris oldószerek oldatában van. A vízzel való szennyezés szigorúan elkerülendő, mert az erősen reagál az izocianáttal és gyengíti a kötőanyagot.

Az amint generátor segítségével juttatják be, melyben hordozógáz, lehetőleg inert gáz van telítve amin párával, vagy injektorral, mely kiméri a művelethez szükséges megfelelő mennyiségű amint, amit sűrített levegő, vagy gáz alakú nitrogén szállít a homokhoz. A kötőanyaghoz való hozzáadás aránya a homok tömegének 1-2%-a között változik, a gyanta: izocianát 50:50 aránya mellett.

Az amin csak katalizátor, és nem használódik el a reakcióban. Kezelés után a formában vagy magban marad, és ki kell onnan hajtani. A kihajtási időtartam jelenleg 10-15x nagyobb, mint az amin-injektálásáé. A kezeléshez szükséges amin mennyisége mintegy 0,05%-a a homok tömegének, de jellemzően 0,10-0,15%-ot használnak.

Az eljárás egyik változatában, a „Cold-box Plus" eljárásban, a magszekrényt 40-80˚C hőmérsékletre fűtik, körforgalomban tartott forró vízzel. Ez még jobb mechanikai tulajdonságú magokat eredményez, de nagyobb közbenső időkkel jár. [110, Vito, 2001]

2.5.6.2.2. Rezol-észteres (alkálikus fenol-metil-formiát kikeményítésű) eljárás

Ez az eljárás viszonylag új. Előnyei és hátrányai hasonlóak azokéhoz a hidegen kötő eljárásokéhoz, melyekből származik. Mivel ára viszonylag magas, az eljárást többnyire magkészítésre használják. Habár nehézségeket jelentettek a használt homok visszaforgatásában, ezt az eljárást széles körben alkalmazzák, főként ürítési tulajdonságai, a repedések, patkányfarkok és tűlyukacsosság megelőzésének alkalmassága miatt, és kis bűzkibocsátására tekintettel. Az eljárás az ötvözetek és sorozatok minden típusához használható, de főként könnyűfém- és szuperötvözetekhez (könnyű üríthetőség) és acélhoz (a repedések kis kockázata) használják.

A gyanta alkálikus fenolos rezol, mely reagál a metil-formiáttal és metil-alkoholt és alkálikus formiátot képez. A fenol-gyanta gél alakjában kicsapódik, ez köti össze az összes vegyületet. További keresztkapcsolódás még nagyobb szilárdsághoz vezet tárolás közben.

A metil-formiát folyékony környezeti hőmérsékleten, lévén forráspontja 32˚C, de jellemzően 80˚C-ra fűtött levegő hatására gázosodik; mely egyben hordozói szerepet is ellát a folyamatban. A gázosítási periódust mindig levegővel való átöblítés követi, melynek célja a metil-formiát egyenletes eloszlatása a homok tömegében.

2.5.6.2.3. SO_2-al kikeményített furán-gyantás eljárás

Ez az eljárás már nem széles körben használt, habár alkalmas az alkalmazások széles körében a kis és közepes formák és magok gyártására minden ötvözethez. A kéntartalmú katalizátor okozhat némi metallurgiai problémát a gömbgrafitos vasöntvények felületén. Fontosabb előnyei az előkészített homok hosszú felhasználhatósági ideje, jó mechanikai tulajdonságai, jó üríthetősége és a repedések megakadályozása az öntvényeken. Mindazonáltal hatékony bevezetése korlátozott a gyanta ragadós jellege és azon gondok következtében, melyeket a kén-dioxid szilárdítóként való használata jelent.

Az eljárás mintegy 80% furfuril-alkohol tartalmú furán-gyantát használ. Mindkét gyanta polimerizálódik savas körülmények között. Ezeket a gyantákat homokkal oxidáló reagensekkel, (szerves peroxidok és hidrogén-peroxid) szükséges összekeverni. A reakció a peroxidok és az injektált kén-dioxid között kénsavat képez, mely gyors polimerizációt hoz létre. Az elgázosítási periódust mindig egy átöblítési periódus követi, melynek célja a fölös, nem reagált kén-dioxid eltávolítása a homok tömegéből.
[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.5.6.2.4. SO_2-kikeményítésű epoxi/akrilgyantás (szabad gyök kezelésű) eljárás

Ez az eljárás sok előnnyel rendelkezik: jó tömöríthetőség, az előkészített homok hosszú magpadi élettartama (a keverőket és a lövő-fejeket nem kell tisztítani), jó mechanikai tulajdonságok, nitrogén-, fenol- vagy formaldehid-mentesség, jó üríthetőség és a repedések képződésétől való mentesség. Azonban a kötőanyag alkotók magasabb költsége mégis jelentős hátrány.

Az eljárást nem a gyanta típusa jellemzi, hanem térhálósodásának elve, mely szabad gyökökön keresztül történik. A gyantának tartalmaznia kell szén kettős kötéseket; poliészter-akril-, poliészter-uretán- vagy poliészter-epoxigyanták használhatók. Ezek a gyanták általában kis molekulasúlyúak, és közel 50%-ban (tömeg%) szerves oldószerekben oldottak. Az oldatban szabad (le nem kötött) oldószer-mennyiség is rendelkezésre áll. Szerves peroxiddal vannak keverve, mely a reakció

iniciálójaként hat. A kezeléshez a kén-dioxidot a homokon keresztül inert gáz hordozza, mint pl. szén-dioxid vagy nitrogén.

Az elgázosítási időszakot mindig átöblítési időszak követi a kezeléshez használt inert gázzal, melynek célja a nem reagált fölös kén-dioxid eltávolítása a homok tömegéből.

2.5.6.2.5. CO_2-al szilárdított nátrium-szilikátos (vízüveges) eljárás

Ez az eljárás valódi előnyökkel jár: olcsó, könnyen kezelhető és környezeti szempontból tiszta. A szerves kötőanyagokkal szemben a munkások egészsége és a művelet megbízhatósága szempontjából is előnyös. Használata mégis veszített népszerűségéből olyan műszaki okok következtében, mint a gyenge tömöríthetőség, hajlam az omlékonyságra, a gyenge mechanikai szilárdság, érzékenység a morzsolódásra és nedvességfelvételre és a gyenge regenerálhatóság. A vízüveg használata a tisztítási költségeket is növeli. A magok teljes szilárdságukat csak a száradás után érik el. Ez a tulajdonsága csökkenti alkalmazhatóságát az automatizált eljárásokban. A technológia főként kis öntödékben elterjedt.

A szilikátot általában nátrium-szilikátként használják, mely koncentrációjával (száraz szilárd tartalom) és moduluszával (szilícium-dioxid/nátrium-oxid arány: SiO_2/Na_2O) van meghatározva. A modulusz 2,0-2,8 közötti tartományban mozog, leginkább 2,0-2,3 között. Ezt a szilikátot keverik 2-4% közötti mennyiségben homokkal, illetve az ürítést és a mageltávolítást megkönnyítő adalékokkal, mely adalékokat általában előre bekevernek a szilikátba.

A szilárdítás szén-dioxiddal végzett elgázosítással történik. A CO_2-mennyisége ne lépje túl a homok tömegének 1-2%-át, 10-60 másodperces elárasztási idő mellett. A kezelt formák és magok nem igényelnek átöblítést.
[126, Teknologisk, 2000], [152, Notzon and Heil, 1998]

2.5.6.2.6. CO_2 kikeményítésű alkalikus fenol-gyantás eljárás

Ezt az eljárást először 1989-ben vezették be, és azóta folyamatosan fejlesztik. Használata nem terjedt el széles körben.

A gyanta alkálikus fenol-gyanta, mely nagy, megközelítően 14-es pH-nál stabilizált összekötő alkotót tartalmaz. A kikeményítés szén-dioxiddal való elgázosítással történik, mely eloszlik a gyanta víz oldószerében, így csökkentve annak pH-ját és aktiválva az összekötő alkotót.

2.5.6.3. Melegen kötő eljárások

Ezekben az eljárásokban a kötés a homok-gyanta keverék hevítésével, vagy gyakrabban, a keverék a fűtött mintaberendezéssel való érintkezésével történik. Olyan nagy méretpontosságot nyújt, mely csak kiváló minőségű (fém) minták használatával érhető el, mely nagyon drága lehet. Ezért a melegen kötő eljárásokat csak korlátozott nagyságú magok gyártására használják, főként tömeggyártásban. Használatuk, mely nagyon széles körben volt elterjedt éveken keresztül, hanyatlóban van, mivel gázzal szilárdító eljárásokkal helyettesítik őket.

A melegen kötő eljárásokat nagyobb kibocsátási problémák jellemzik. Melegítés során a gyanták és katalizátorok ártalmas, ammóniát és formaldehidet tartalmazó vegyi anyagokat bocsátanak ki, mely kellemetlen szagoknak lehet forrása. Számos technikát próbáltak ki ezeknek a problémáknak a megoldására, de ezek egyike sem bizonyult hatásosnak.

2.5.6.3.1. Fenol- és/vagy furán-gyanta alapú hot-box eljárás

Ez az eljárás nagy méretpontosságú és jó mechanikai szilárdságú magokat eredményez, de ennek elérésére a kezelőnek nagyon pontosan kell ismernie és ellenőriznie a gyártási folyamatot. Az eljárás korlátai elsősorban a gyanta-, az energia- és a mintaköltségek, valamint a rossz munkakörülmények. Jelenleg kis és közepes méretű magok tömeggyártásához használják.

A gyanta kötőanyag és a hő által aktivált katalizátor homokkal előre össze van keverve, és ezt a keveréket fújják vagy lövik a fűtött mintára vagy magszekrénybe, ahol azt mintegy 5-60 másodpercig bakelizálják.

A gyanták széles választéka használható, mint a következők:

furán-gyanta	(FA)
karbamid-formaldehid-furfuril-alkohol	(UF-FA)
fenol-formaldehid	(PF)
fenol-formaldehid-furfuril-alkohol	(PF-FA)
karbamid-formaldehid-fenol-formaldehid	(UF-PF)
karbamid-formaldehid-fenol-furfuril-alkohol	(UF-PF-FA)

A katalizátorok ásványi savak ammónium-sói, néha karbamid adalékkal a szabad formaldehid csökkentésére. Ezenkívül más adalékok is használatosak, szilánok, vas-oxidok, tartósítók és szilikon olaj.

A gyanta hozzáadási aránya 1,2-3,0% között (az átlag 1,8%) változik a homok tömegére vonatkoztatva. A katalizátor hozzáadási aránya 10-25% között (az optimum 20%) változik a gyanta tömegére vonatkoztatva. A mintát többnyire 220-290°C hőmérsékletre fűtik fel, melynek optimuma 230-250°C. Ha túl nagy hőmérsékletet használnak a szilárdítási idő megrövidítését megkísérelve, a magok felülete megéghet, mely a magok öntés közbeni törékenységét okozza.

2.5.6.3.2. Warm-box eljárás

Ez az eljárás nagyon hasonló a hot-box eljáráshoz, és hasonló termelési technikákat használ. Csak a gyanta típusa tér el, lehetővé téve kisebb kezelési hőmérséklet alkalmazását. Ez a gyantafajta azonban jelentékenyen drágább, mint a hot-box eljárásnál használt. Ezért a warm-box eljárás valamennyi valódi előnye ellenére, nem talál széleskörű alkalmazásra.

A kötőanyag furfuril-alkohol alapú, jellemző összetétele mintegy 70% furfuril-alkoholt, vagy a furfuril-alkohol alacsony polimerét tartalmazza. A katalizátorok aromás szulfon-savak réz-só származékainak vizes vagy alkoholos oldatai. A katalizátorok megkülönböztető tulajdonságai kitűnő stabilitásuk környezeti hőmérsékleten, és viszonylag kis bomlási hőmérsékletük, mely 150-170˚C. Ennek megfelelően a szerszám hőmérsékletét 180˚C körül lehet tartani, mely a hot-box eljárással szemben 15-25% energia-megtakarítással jár.

2.5.6.3.3. Héj (Croning) eljárás

Ez az eljárás az egyedüli az összes formázó és magkészítő eljárás között, mely olyan előre bevont homokot használ, mely közvetlenül kapható a beszállítótól használatra kész állapotban, habár a homok előre bevonását végezheti maga az öntöde is.

A homokot fűtéssel kezelik fémformán vagy magszekrényben, kikeményített felületi réteget hozva létre. A fel nem hevített vagy kezeletlen homokot a minta vagy magszekrény megfordításával lehet eltávolítani, és azután ismét fel lehet használni, A kikeményített homok „héjat" képez, melyről az eljárás a nevét kapta.

Az eljárás nagy méretpontosságot, jó öntvényfelületet és jó ürítési, mageltávolítási tulajdonságokat biztosít, valamint lehetővé teszi az előre bevont homok csaknem korlátlan tárolását. Az eljárás korlátai az előre bevont homok drágasága és a mintaberendezés költségei. Használata a kis és közepes méretű formák és magok tömeggyártására korlátozódik. Példa magok és forma láthatók a 2.33. ábrán.

2.33. ábra Héjmagok (Croning magok) [fent] és héjformák (Croning formák) [lent]
[237, HUT, 2003]

A homokszemcsék bevonására használt gyanta fenol „novolac" gyanta 1-nél kisebb formaldehid/fenol aránnyal. Hexametilén-tetramint adnak a gyantához katalizátorként. A „hexa" felbomlik 2 alapalkotójára: formaldehidre és ammóniára. Amikor az előre bevont homok a fűtött mintával vagy magszekrénnyel érintkezésbe kerül, a hexametilén-tetramin felbomlik és a formaldehid a gyanta térhálósodását hozza létre, kialakítva a jellegzetes erős kötést.

2.5.6.3.4. Lenmagolajos eljárás

Ez az ősrégi eljárás valószínűleg a legrégebbi a vegyileg kötő eljárások közül. Nagyon könnyű a használata, nem igényel bonyolult mintákat, és jól ellenáll a patkányfarok és repedések képződése ellen. Széles körben elterjedt eljárás különlegesen kis méretű magok gyártásához.

Ezek a homokok száradó olajok keverékével vannak kötve, melyek általában nagy részben lenmagolajból állnak, gyakran dextrin és néhány százalék víz hozzáadásával. Az olaj hozzáadásának mennyisége a homok tömegének 0,8-4%-a között változik. A keverékhez szárító szereket is lehet hozzáadni. A szilárdulás a szárítószerek által tartalmazott telítetlen zsírsavak okozta térhálósodással megy végbe, melyet az atmoszférikus oxigén idéz elő, s mely meggyorsítható a szárítókemencében 190-240° C közötti, 1-2 órás hőntartás hatására.

2.5.6.3.5. Alkid-olajos, sütéses eljárás

Ez az eljárás hasonló a korábban leírt, sütés nélküli alkid-olajos eljáráshoz, az egyetlen különbség ebben az esetben a darabok hőkezelése a szilárdulás meggyorsítása érdekében.

2.5.6.4. A vegyi kötésű homokformák és homokmagok bevonása

Az öntészet célja hibamentes, kiváló minőségű öntvények készítése, melyek csak minimális tisztítást, kikészítést és javítást igényelnek. Ennek elérésére szükséges a forma, amag és folyékony fém közötti kölcsönhatás öntés közbeni minimalizálása. A nem hibátlan öntvények gyártását okozhatják a homok hőtágulása, a döngölési (tömörítési) hibák, a homok morzsolódása, a fémpenetráció, a vegyi bomlás, kölcsönhatás a kötőanyagok és a fém között stb. Gyakran előnyös a forma vagy a mag bevonása valamilyen tűzálló réteggel a sima öntvényfelület elérésére és az öntvénytisztítási költségek csökkentésére.

2.5.6.4.1. A bevonatok összetétele

A bevonatok használatra kész termékek, vagy vízben vagy alkoholban oldandó massza alakjában állnak rendelkezésre. A gyakorlatban fekecseknek ill. kokillamázaknak is nevezik ezeket. Szokásosan a következő alkotókból állnak:

- egy vagy több tűzálló töltőanyag, pl. síkpor, pirofillit, csillám, cirkon, magnezit, kvarc, stb.,
- elkészítő folyadék, mely lehet alkohol (pl. izopropil-, etilalkohol) vagy víz,
- nagy hőmérséklettűrő kötőanyagok, mint bentonitok, gyanták, bórsav,
- áramlástani szerek, mint bentonitok vagy szintetikus polimerek,
- adalékok, felületaktív anyagok , habzás-fékezők, gombaölő szerek stb.

2.5.6.4.2. Bevonási eljárások

A bevonatokat a formákon vagy magokon különböző módokon lehet alkalmazni:

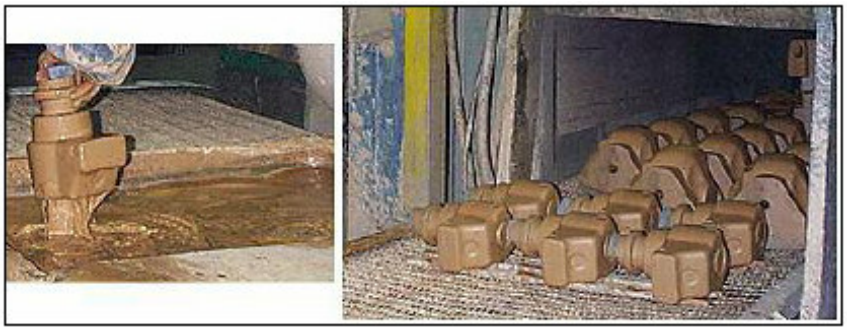
- ecseteléssel, kis magoknál és helyi alkalmazásoknál,
- bemártással, bonyolult alakú magoknál; ezt az eljárást gyakran automatizálják,
- beszórással, általában levegő nélkül,

- elárasztásos bevonással, nagy és közepes méretű formáknál és magoknál.

Ha alkoholos bevonatokat alkalmaznak, a munkaterületet szellőztetni kell a tűz- vagy robbanásveszély elkerülése érdekében. A bevonattal ellátott formákat és magokat többnyire kiégetik, mely korlátozza a kibocsátásokat. Ha nem kiégetik, akkor elszívás alatt szárítják, amellyel a VOC- (illékony szerves vegyületek) kibocsátást ellenőrzés alatt tartják. Alkohol alapú bevonattal való elárasztás és azt követő leégetés vagy szárítás látható a 2.34. ábrán.

2.34. ábra Elárasztásos bevonás alkohol alapú bevonó anyaggal, azt követő leégetéssel vagy szárítással
[237, HUT, 2003]

A vizes bevonatok szárítása fűtéssel történik szárító kemencében, forró levegő, infravörös sugárzás vagy mikrohullám használatával. Magok bemártásos bevonása és azt követő forró levegős szárítása látható a 2.35. ábrán. A vizes alapú bevonatok nem okoznak környezeti problémákat, sem bevonás, sem szárítás közben. Ebből az okból kifolyólag a vizes bevonatok ma egyre növekvő mértékben kezdik kiszorítani az alkohol alapúakat. Mindazonáltal alkalmazásuk technikai kényszerekkel találja szembe magát, a bevonat minősége, folytonossága és a szárítás kényszere tekintetében. A vizes és alkohol alapú bevonatok témáját a 4.3.3.5. szakaszban részletesen tárgyaljuk.
[143, Inasmet and CTIF, 2003]



2.35. ábra Bemártásos bevonás víz alapú bevonó anyaggal, azt követő szárítás forró levegős kemencében
[237, HUT, 2003]

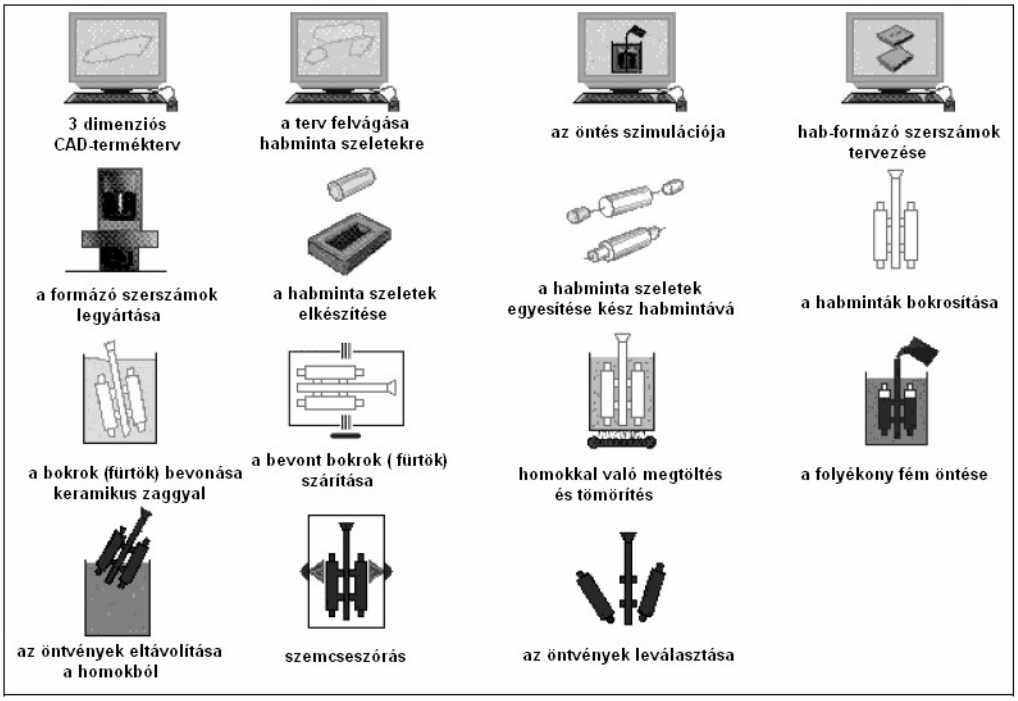
2.5.7. Öntési eljárások elvesző mintával

Az elvesző mintával öntésnél a mintát nem távolítják el a formából öntés előtt. A minta, melyet elhasználódó anyagból készítenek, egyszer használható, és öntés közben megsemmisül. Ezeket az elvesző mintákat vegyileg kötő homokkeverékbe, vagy kötanyagmentes homokba formázzák, amit vibrációval tömörítenek.

Ezt az eljárást, melyet közönségesen „elvesző habmintás öntésnek” neveznek, 30 évvel ezelőtt fejlesztették ki, és kereskedelmi növekedése nagyon lassú volt. Azonban az utóbbi 10-15 évben a bevezetési nehézségek ellenére egyre gyakrabban használják, főként járműipari alkatrészek tömeggyártásában.

2.5.7.1. Kötőanyagmentes homok — Elvesző habmintás eljárás

Az eljárás Magyarországon még nem elterjedt. Az elvesző habmintás eljárás (2.36. ábra) 3D-CAD tervezéssel és pontosan kialakított habminta készítésével kezdődik. A habminta felfúvódott (expandált) polisztirolból (EPS), vagy poli-metil-metakrilátból (PMMA) készül, automatikus injektálású formázógépekkel. Ezek a minták készülhetnek egy darabból, vagy számos darabból összeszerelve és összeragasztva. Általában, a mérettől függően, több mintát egy leszálló beömlő rendszerhez rögzítenek, mely ugyanabból az anyagból van, mint a minta, egy bokrot (fürtöt) képezve.



2.36. ábra Az elvesző habmintás eljárás
[110, Vito, 2001]

A bokrokat vizes alapú tűzálló bevonó-anyagba mártják; az így képződött bevonat korlátot képez a folyékony fém és a homok között az öntés közben. Szárítás után a bokrot formaszekrénybe állítják, melyet azután megtöltenek kötőanyagmentes homokkal. Kis viszkozitású gyanta adható a homokhoz a tömörítés közbeni deformáció megakadályozására. A homokot három tengely irányú vibrációval tömörítik a minta körül, behatolva minden mélyedésbe és üregbe, pontosan minden részletet reprodukálva, így feleslegessé téve a magokat és magkészítő berendezéseket. Öntéskor a folyékony fém a polisztirol pirolízisét okozza és kitölti az üressé váló teret.

A homoknak, többnyire kvarchomoknak, nagyon jó gázáteresztő képességűnek kell lennie a pirolízis-gázok távozásának lehetővé tételére. 35-50 AFS finomsági számú homokot használnak. Az öntés megszakítása a homokforma összeomlását okozhatja. Ezért gyakran automatikus öntőrendszert használnak

Az öntött darabokat nagyon jó méretpontosság jellemzi, ahogy az a 2.37. ábrán látható. A technika minden ötvözettípushoz használható, és közepes- és nagysorozatgyártáshoz használják. A folyamat környezetbarát a formázás alatt, de gázkibocsátást okoz öntés és ürítés közben, a habminták elpárolgása következtében. Az elvesző habmintás öntés lehetővé teszi az öntők számára olyan bonyolult alakú darabok gyártását is, melyeket más eljárással nem volna lehetséges elkészíteni. Az eljárás lehetővé teszi a tervezők számára bonyolultabb alakú darabok tervezését, a gépi megmunkálás szükségességének csökkentését és a szerelési műveletek minimalizálását. Helyes ellenőrzést kell gyakorolni a folyamat minden lépésénél, az egyenletesen kiváló minőségű öntvények biztosítására. Az egész iparra kiterjedő, a helyes ellenőrzési és szabályozási intézkedések mély ismeretének hiánya lassította az elvesző habmintás öntési eljárás átvételét.
[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [144, US Dept. of Energy, 1998]

2.37. ábra Elvesző polisztirol minta (jobbra), az elvesző habmintás eljáráshoz, és egy, az elvesző habmintás eljárással készített példaöntvény (balra)
[237, HUZ, 2003]

2.5.7.2. Vegyileg kötött homokkeverék — Tele forma eljárás

Az elvesző habmintás eljárás használható egyedi prototípusok készítéséhez is, ezzel lehetővé téve a szállítási határidő lerövidítését. Az eljárás alkalmazható továbbá olyan igen nagy öntvények gyártásához is, mint a fémmegmunkáló gépek alapjai, vagy sajtók állványai stb., öntöttvasból, acélból vagy fémötvözetekből egyaránt. A falvastagság 5 és 1 000 mm között változhat, az öntvény súlya 50 tonnát is terjedhet. Ezeknek a nagyobb daraboknak a gyártásához homok-kötőanyag (furán) használata szükséges a szükséges formaszilárdság elérésére.
Az elvesző habmintás eljárást a vegyileg kötött homokkal végzett esetben „tele forma eljárásnak” is nevezik. Ez az eljárást főként közepes- és nagyméretű öntvények egyedi gyártásához, vagy kis sorozatok gyártásához használják.

A mintákat kis sűrűségű expandált anyagokból készítik:
- fehér, habosított polisztirol, 16-20 g/dm^3 sűrűséggel,
- kék, habosított polisztirol, más néven „poresta-blue”, 18-22 g/dm^3 sűrűséggel,
- habosított polimetil-metakrilát, más néven PMMA, 25 g/dm^3 sűrűséggel.

Ezeket az anyagokat különböző darabokként vágják ki, melyeket azután összeszerelnek és -ragasztanak forró olvadt ragasztóval, így alakítva ki az öntvény végső alakját, figyelembe véve a fém minden lehetséges zsugorodását is.

Az összeszerelt mintát beömlő és kitápláló rendszerével együtt vizes alapú bevonóanyagból álló bevonattal kell ellátni, alaposan meg kell szárítani, és be kell ágyazni a homokba. A homok kötési folyamatát úgy kell kiválasztani, hogy öntés előtt a minta ne vegyen fel nedvességet.

Ez az eljárás, ami a formázást illeti, nagyon környezetbarát, de gázkibocsátást okoz öntés és ürítés közben, a habminta elpárolgása és a homok kötőanyagának elbomlása következtében.
Mint ahogy a kötőanyagmentes eljárásnál, a megszakításmentes öntés nagyon fontos a forma összeroppanásának elkerülése érdekében. Nagy darabok öntéséhez két (vagy több) öntőüstöt használnak és két (vagy több) beömlőmedencét ill. beömlőnyílást.

A tele forma eljárásnak a következő előnyei vannak:
- nagy méretpontosság,
- bonyolult geometriai alakok öntése, különösképpen belső üregeké,
- különböző alkatrészek egy öntött darabba való egyesítése,
- a formázási ferdeségek csökkentése vagy kizárása,
- termikus homokregenerálás lehetősége.

Annak ellenére, hogy az elvesző habmintás és tele forma technika hosszú ideje ismert, nem terjedtek el széles körben Európában. Ennek elsődleges oka az, hogy optimalizálásuk sok kutatást és fejlesztést igényel. A fő nehézségek a következők:
- a termékszerkezet meghatározása: annak meghatározása, hogy mely darabok készíthetők könnyebben, mint a hagyományos eljárásokkal,
- a tömörítési technika kiválasztása: homok alkalmazása annak érdekében, hogy minden üreg tökéletesen ki legyen töltve,
- a bevonat és homok típusának kiválasztása: ezeknek elegendő gázáteresztő képességgel kell rendelkezniük, hogy lehetővé tegyék az égési gázok eltávozását.

[110, Vito, 2001]

2.5.8. Állandó (fém) formák elkészítése

Az állandó formák az öntvény alakjához idomuló olyan fém elemekből készülnek, melyek összeszerelése lehetővé teszi az öntvény formázását, öntését és eltávolítását a formából. Ezeket a fémformákat (kokillákat) használják a kokillaöntéshez, a nyomásos öntéshez, a pörgetett (centrifugál) öntéshez, a folyamatos öntéshez és a kisnyomású öntéshez. A homokformáktól eltérően ezek sokszor használhatók, és ezért állandó formáknak nevezzük őket.

Ha az öntvény alakját nem lehet könnyen kialakítani fémmagok használatával, homokmagokat lehet használni. Homokmagokat használnak például a pörgetett (centrifugál) öntésű csövek kiszélesedésének kialakítására.
Az állandó formákat általában kokillamázzal vagy fekeccsel vonják be; ezek a vizes alapú leválasztó szerek tűzálló anyag-alapúak a kokillamázak esetében és grafit alapúak a fekecsek esetében. Feladatuk a kokilla védelme, a víz elpárolgásával a hűlés szabályozása és kenés. Leválasztó szerként is hatnak.

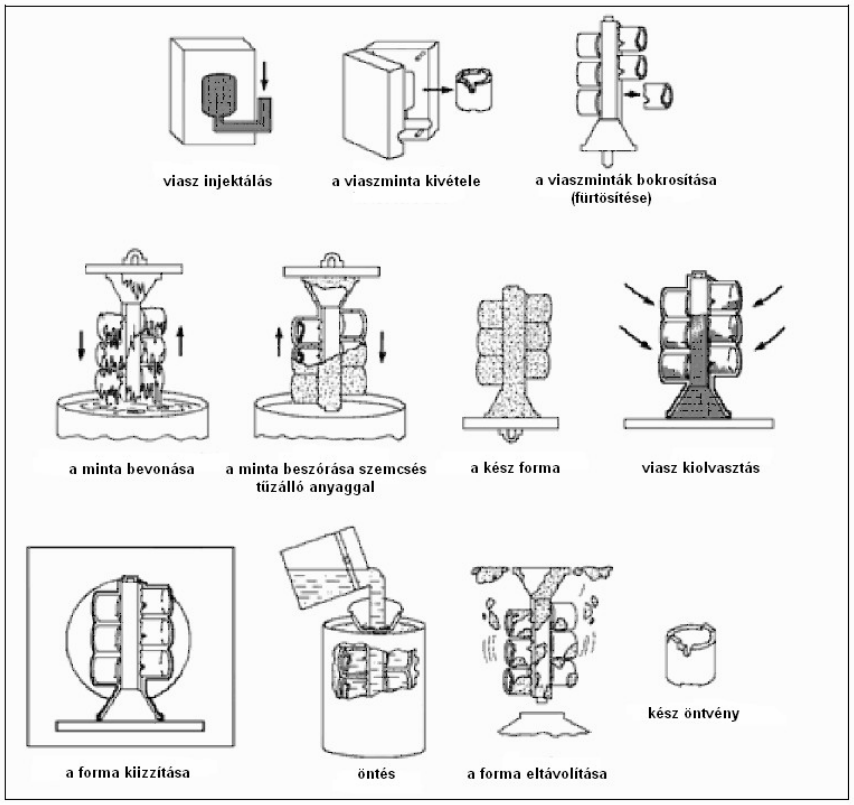
Néhány esetben a fekecselést acetilén levegő távollétében való elégetésével végzik, acetilén fekecset képezve, mely részben tapad a kokillához. A nem hozzáragadt fekecset azután össze kell gyűjteni és kibocsátás előtt szűrni kell.

Az állandó formákat (kokillákat) általában nem az öntödében készítik, habár a kokillákat használó öntödéknek van szerszámműhelyük a kokillák szerelésére, karbantartására és javítására. Ez a művelet azonban jár környezeti hatásokkal.

2.5.9. Precíziós öntés és kerámiahéj eljárás

Ezt az eljárást bonyolult alakú, vékony szelvényű, nagy méretpontosságú, finom részleteket tartalmazó és nagyon sima felületű darabok gyártására használják.

Az eljárás műveleti lépései a 2.38. ábrán láthatók. A lépések elhasználódó viaszminták készítésével kezdődnek, folyékony viasz alumínium vagy epoxigyanta (műanyag) kokillába való injektálásával egy, a kívánt öntvény valóban pontos másolatának megfelelő viasz minta kialakítására. A viasz tartalmazhat töltőanyagot is. Kisebb öntvényeknél több viaszmintát csatlakoztatnak egy viasz beömlő-rendszerhez (fürtösítik vagy bokrosítják azokat). Vízben oldható kokilla-leválasztó szereket használnak a viaszminta kiemelésének megkönnyítésére.
A viaszmintákat vízzel, vagy szerves oldószerekkel megtisztítják, majd olyan nedvesítő szerrel vonják be, mely segíti a kerámiazagy viaszhoz tapadását. A fürtöt (bokrot) folyékony kerámiazagyba mártják, beszórják szemcsés kvarccal, cirkonnal, vagy alumínium-oxid/kvarc tűzálló anyaggal, mielőtt a következő bevonatot felhordanák. A bevonás folyamatát addig ismétlik, míg elegendően vastag héjat nem kapnak.
A szárított formát azután gőz autoklávban viasztalanítják, melyben a viasz kiolvad, vagy „gyorsszárító kemencében", amelyben a viasz részben kiéghet. Ezután a héjat kemencében nagy hőmérsékleten kiizzítják. Ez kiégeti a maradék viaszt, és megkeményíti a kerámiát, kerámia-formát hátrahagyva, melybe a folyékony fémet öntik az öntvény kialakítására.



2.38. ábra A precíziós öntési eljárás
[110, Vito, 2001]
Ennél az eljárásnál, két műveletnél fordulhat elő légszennyezés: a kerámiazagyba való bemártásnál (bevonásnál) és a viasz kiolvasztásánál.

Bevonás:
A folyékony kerámiazagy kötőanyagból és nagyon finom tűzálló anyag-porból áll, állandó keveréssel iszap állapotba hozva. A kötőanyag lehet kolloidális kvarc, hidrolizált etil-szilikát vagy hidrolizált nátrium-szilikát Az alkalmazott technológia kiválasztását műszaki okok határozzák meg. Ha etil-szilikátot használnak, a száradás gyorsabb, mely nagyobb ciklussebességet tesz lehetővé, de etil-szilikát gőzök képződnek. Ha ezek a gőzök túl nagy mennyiségben vannak jelen, el kell szívni és kezelni kell kibocsátás előtt.

Viaszkiolvasztás és kiégetés:
A viaszkiolvasztás gőz-autoklávval nem jár jelentékeny légszennyező hatással. Nem így van azonban abban az esetben, ha a viaszeltávolítást izzítókemencében végzik, illetve a héj kiizzítása közben, ahol a viasz maradványai égnek ki.

A kiizzítás gyakran levegőhiánnyal történik, mely koromrészecskék képződését eredményezheti. Ezeket a részecskéket össze kell gyűjteni, és utánégetéssel meg kell semmisíteni, vagy el kell távolítani. Erre a célra sikeresen használtak kerámiaszűrőket, mert ezek jól alkalmazkodnak az elszívott gázok nagy hőmérsékleténél, de ez a nagyon új keletű technológia nem terjedt el széles körben.

Ezt a technikát használják például a nagyon pontos öntéshez és művészi öntvények gyártásához. Általában nem alkalmazzák nagy kapacitású (>20 t/ nap kapacitású) öntödékben, itt csak tájékoztatásul említjük meg.

A kerámiahéj eljárás (replicast®-ként van szabadalmaztatva) kiterjeszti a precíziós öntés minőségét és pontosságát nagyobb öntvényekre, az elvesző habmintás és a precíziós öntés elveinek kombinálásával. A technika inert, izzított kerámiaformát használ. A forma előállításához a kívánt alkatrész olyan másolatát készítik el felfújt polisztirolból, mely méretileg pontos és nagyon jó felületi minőségű. Nincs szükség osztósíkra és magokra, sem formázási ferdeségre, és a polisztirol másolatok összeragaszthatók, bonyolult geometriai alakok létrehozására. A polisztirolt öntés előtt kiégetik, lehetővé téve az ötvözetek széles körének öntését a formába, a rendkívül kis széntartalmú rozsdamentes acéltól a nikkel-alapú ötvözetekig. Ez, ellentétben az elvesző habmintás eljárással, ahol a fém megsemmisíti és elfoglalja a polisztirol minta helyét, és ezzel alkalmatlanná teszi az eljárást az acélöntvény-fajták nagy többségének gyártására (a polisztirol tömege 92%-ban szén), alkalmas minden acélöntvény-fajta gyártására is.
[219, Castings Technology International, 2003]

2.6. Öntés

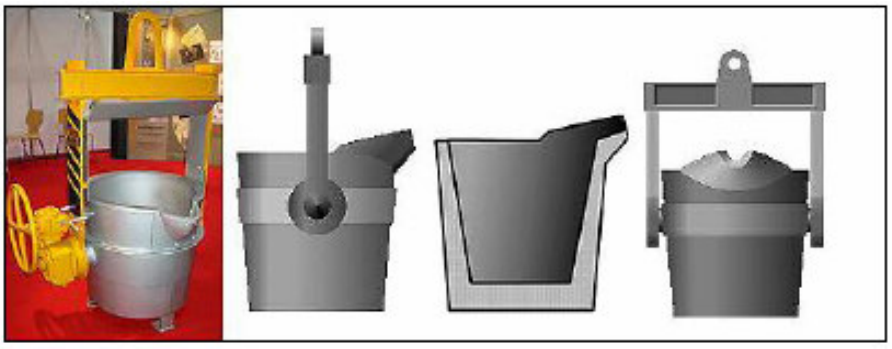
Az öntés az öntvénygyártás központi művelete. A kész, összerakott formát megtöltik folyékony fémmel gravitáció, centrifugális erő vagy nyomás segítségével. Öntés után az öntvényt lehűtik, vagy hagyják lehűlni, hogy megszilárduljon, és azután eltávolítják a formából további hűlés és kezelés céljából.
[32, CAEF, 1997]

2.6.1. Öntés elvesző formákban

2.6.1.1. Az öntés

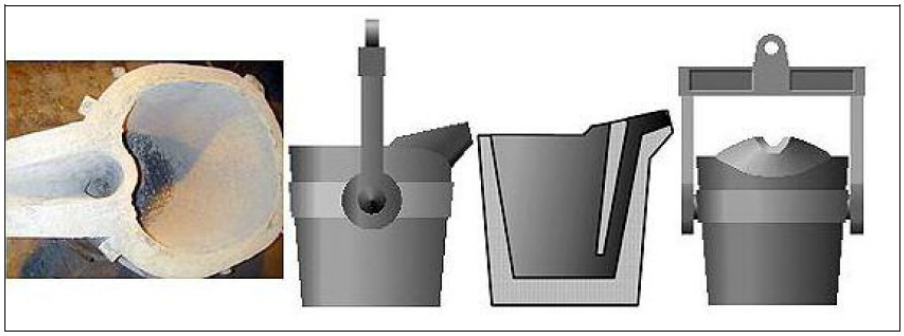
Két üsttípus általánosan használt a folyékony fém öntéséhez: a csőrös és a teáskanna rendszerű üst. A harmadik típus (vagyis a fenékürítős- vagy dugós üst) jellemzően az acélöntéshez használatos.

- *Csőrös üst:* Ebből a típusú üstből (2.39. ábra) a fémet csőrön keresztül adagolják, a fémáramot az üst buktatásával szabályozva hajtóművel ellátott kézi-kerék segítségével. Mivel a fém az üst tetejéről áramlik ki, a fém felszínének salakmentesnek kell lennie, vagy salakoló kéziszerszámot kell használni a salak visszatartására és a formába jutásának megakadályozására. Az üstöt vas-, fém- és kis acélöntvények öntésére használják.



2.39. ábra Csőrös üst a folyékony fém öntéséhez
[237, HUT, 2003]

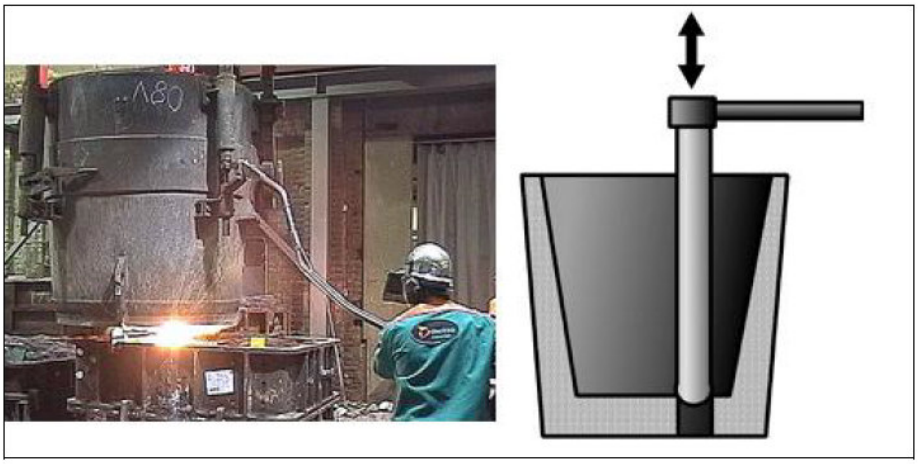
- *Teáskanna rendszerű üst:* Ahogy a 2.40. ábrán látható, tűzálló anyagú gát van elhelyezve az üst csőre előtt, mely biztosítja a fém fenékről kiinduló kiáramlását az üstből úgy, hogy a fémáram salakmentes lesz. A folyékony fém általában tisztább, mint a csőrös üstből öntött. Hátránya, hogy a keskeny csatornában a folyékony acél megdermedhet, ha az adagot hidegen csapolták, vagy az öntés hosszú ideig elhúzódik.



2.40. ábra Teáskanna rendszerű üst a folyékony fém öntésére
[237, HUT, 2003]

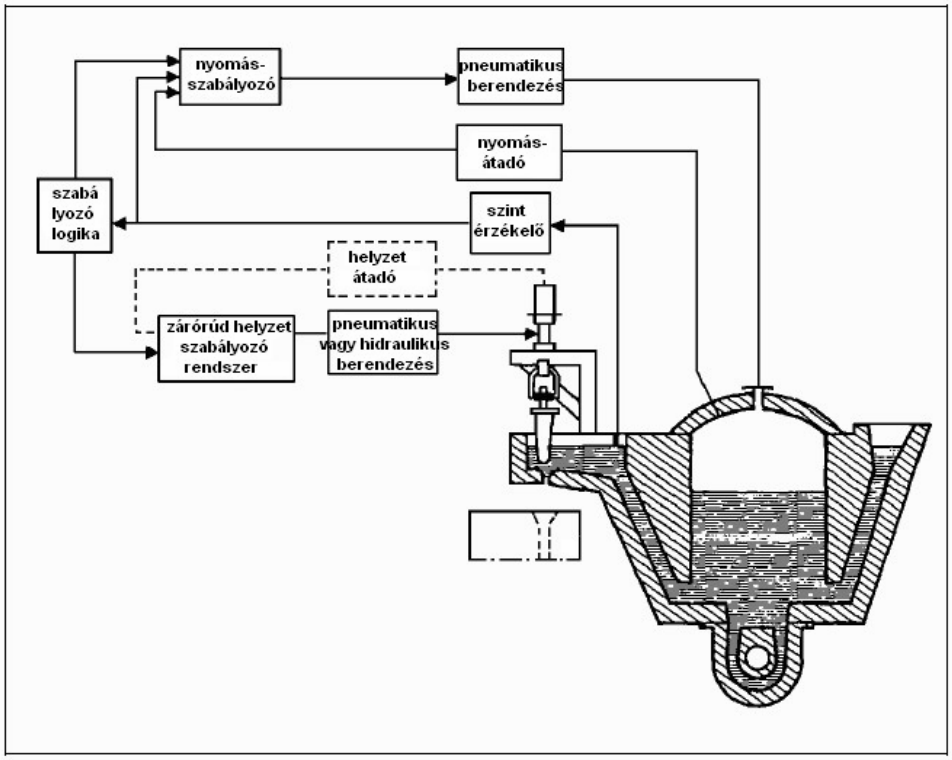
- *Dugós (fenékürítős) üstök.* (2.41. ábra) Az üst a fenekén öntő csőszájjal van ellátva, mely tűzálló anyagú, nyitó-záró rúdhoz csatlakozó dugóval van elzárva. A fém a fenékről folyik ki, és ezért salakmentes, és a nemfémes zárványok, dezoxidációs termékek képesek felszállni a felszínre és eltávozni az olvadékból. A fémáram lefelé folyik úgy, hogy nincs fémáram-mozgás öntés közben. Hátrány, hogy az áram sebessége csökken az öntés közben

az üstben levő fémoszlop magassága, így a ferrosztatikus nyomás csökkenése következtében.



2.41. ábra Dugós (fenékürítős) üst a folyékony acél öntésére
[237, HUT, 2003]

Az automatikus öntősorok gyakran öntőkemencével vannak ellátva. A működési elv egy példakemence alapján, a 2.42. ábrán látható. Az öntősor megáll, amikor a forma a helyes helyzetben van, vagyis az öntőnyílás alatt. A fém öntése rögzített időtartam alatt történik, záródugó megemelésével. Mivel a fém szintje az öntőtartályban állandó értéken van, rögzített mennyiségű fémet öntenek a formába. A fém szintjét a kemencében úszó szerkezettel ellenőrzik, mely szabályozza a gáznyomást a kemence belsejében. Az öntőkemencét az olvasztókemencéből meghatározott időszakonként utántöltik.
[110, Vito, 2001], [174, Brown, 2000]



2.42. ábra Öntőkemence
[110, Vito, 2001]

2.6.1.2. Megdermedés (1. hűlés)

A leöntött formákat végig szállítják a formázósoron a hűtősorig. A hűtősor hossza meghatározza az öntvény végső hőmérsékletét az ürítő-berendezésnél. Ennek a hőmérsékletnek elég kicsinek kell lennie ahhoz, hogy biztosítsa az öntvény elegendő szilárdságát ürítés és az azt követő műveletek közben. A nagy formákat nem mozdítják el a helyükről hűlés közben. A hűlési idő több napig tarthat.
[110, Vito, 2001]

2.6.1.3. Ürítés

Egyedi formázás esetében az agyag vagy vegyi kötésű formák szokásosan vibrációval rombolhatók szét. A legtöbb esetben ezt a formaszekrény rázórácsra helyezésével végzik, daru segítségével. A rázás hatására a homok elválik az öntvénytől és a formaszekrénytől. Az öntvény és a formaszekrény a kirázó-rács rúdjain marad, míg a homok átesik és a továbbiakban újra feldolgozásra kerül. Az öntvényeket rendszerint hűtőtérre szállítják környezeti levegőn további hűlés céljából (második hűlés).
Hasonló ürítési eljárást hajtanak végre gyakran a gépesített rendszereknél és öregebb kiskapacitású automatizált soroknál (2.43. ábra). Itt a formaszekrényeket leveszik a konvejor szalagokról emelőszerkezetekkel vagy más áthelyező berendezéssel, és vibrátorokra helyezik Végül az öntvényeket hűlni hagyják vagy hűtőkészülékbe helyezik. Sok rendszerben a homokot és az öntvényeket sajtolással távolítják el a formaszekrényből, és az azt követő szabályozott hűtést és az öntvények elválasztását a homoktól olyan kombinált elválasztó és hűtő berendezésekkel érik el, mint hűtődobok, lengőcsövek, láncos konvejorok, fluidizációs hűtőágyak stb.

2.43. ábra Ürítő berendezés egy automatikus formázósor végén
[237, CAEF, 1997]

A vákuummal szilárdított formákat a vákuum megszüntetésével rombolják szét. A laza homokot és öntvényt tartalmazó formaszekrényt kiürítik, és azután az öntvényt a leírt módszerekkel lehűtik.
[32, CAEF, 1997]

2.6.1.4. Öntvényhűtés (2. hűtés)

Az öntvények és a homok szabályozott hűtését forgódobokban, lengődobokban vagy oszcilláló konvejor vályúkban végzik. Az öntvényt oszcilláló konvejorokban vagy drótkötél-pályás kosarakban hűtik. Sok esetben légáramot használnak a hűtésre, melyet gyakran az öntvényével

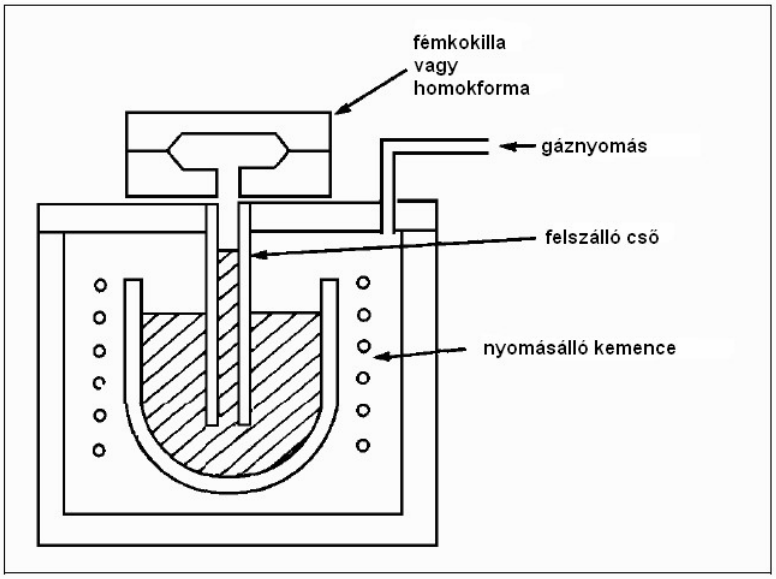
ellenkező irányba irányítanak. Bizonyos esetekben finom vízsugarat használnak a hűtőhatás erősítésére.

2.6.2. Öntés állandó formában

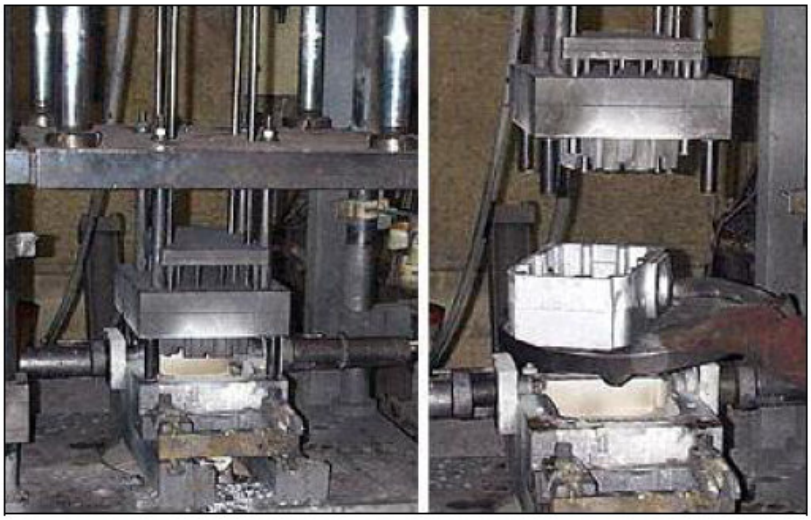
2.6.2.1. Kokillaöntés és kisnyomású öntés

A kokillaöntés és a kisnyomású öntés állandó (tartós) acélkokillát használ, melybe az olvadékot gravitáció vagy kisnyomású gáz segítségével juttatják. Homokmagok használhatók az öntvényben az alámetszések és bonyolult belső alakok kialakításához. A gyors megdermedési folyamat következtében az állandó formában öntött öntvényeknek sűrű, finomszemcsés szövetük van, jó mechanikai jellemzőkkel.

A kisnyomású öntés elvét a 2.44. ábra mutatja. A fémkokilla folyékony fémet tartalmazó szigetelt kemence tetejére van szerelve. Tűzálló bélésű felszálló cső nyúlik be a kokilla fenekétől a folyékony fémbe. Amikor kisnyomású (15-100 kPa) levegőt vezetnek be a kemencébe, a folyékony fém felszáll a csőbe és kis örvényléssel beáramlik a kokilla üregébe. A kokillában levő levegő eltávozik a légzőkön és a kokilla osztósíkján keresztül. Amikor a fém megdermedt, a levegőnyomást megszüntetik, lehetővé téve a felszálló csőben levő, még olvadt fém visszaáramlását a kemencébe. További hűlés után a kokillát szétnyitják és az öntvényt eltávolítják. A beömlők és felöntések hiányának köszönhetően a kihozatal rendkívül jó, általában jobb, mint 90%. Jó méretpontosság és felületi minőség lehetséges, és bonyolult öntvények készíthetők homokmagok használatával. Ezt a technikát jellemzően alumíniumöntvények, pl. járműipari öntvények, kerekek, hengerfejek, villanymotorházak, továbbá háztartási konyhafelszerelési öntvények gyártására használják. A kokillát kokillamázzal kell ellátni, az öntvények eltávolítása és a hűlés optimalizálására. A kokillamázat műszakonként általában egyszer hordják fel. A kokilla élettartama általában 30 000-50 000 lövés. A kisnyomású öntőgép egy példája látható a 2.45. ábrán.



2.44. ábra A kisnyomású öntőgép elve
[175, Brown, 1999]



2.45. ábra Kisnyomású öntőgép
[237, HUT, 2003]

Kokillaöntésnél a folyékony fémet gravitációval állandó forma vagy kokilla üregébe öntik. A kokillaöntő-gépek az egyszerű, kézzel működtetett és fogasrúddal kapcsolt kis fogaskerék működtetésű kokilla-készletes, kézi öntésű berendezésektől a karusszel gépekig terjednek, mely utóbbiak általában buktató mechanizmussal rendelkeznek a kokilla töltéséhez, és melyek gyakran öntőrobot használatával működnek. A kokillák tűzállóanyag alapú mázakkal vannak bevonva, a hűlési sebesség szabályozására. Az öntvény típusától függően 4-10 perc múlva lehet az öntvényt el távolítani a kokillából. Az eljárás ezért viszonylag lassú a nyomásos öntéshez viszonyítva. Ésszerű kibocsátási sebesség eléréséhez a kézi kiszolgálónak 2-4 kokilla készletet kell kezelnie, mely 30-60 öntvény készítését teszi lehetővé óránként. Automatikus karusszel gépeknek 4-6 állomásuk lehet többszörös kokillakészlettel, lehetővé téve percenként mintegy 1 öntvény gyártásának elérését. Az eljárás széles körben elterjedt az alumínium-öntészetben, 1 000-től több mint 100 000 db/év olyan öntvény gyártásához, mint pl. kipufogócsonkok, hengerfejek, vízszivattyúk.

Az állandó formák, kokillák bevonóanyagai jellemzően vizes alapú, nagy hőmérséklettűrő kötőanyagú (általában nátrium-szilikát), és tűzálló töltőanyagú, vagy töltőanyag-keverékű mázak.
A kokillamázaknak két fajtájuk van:

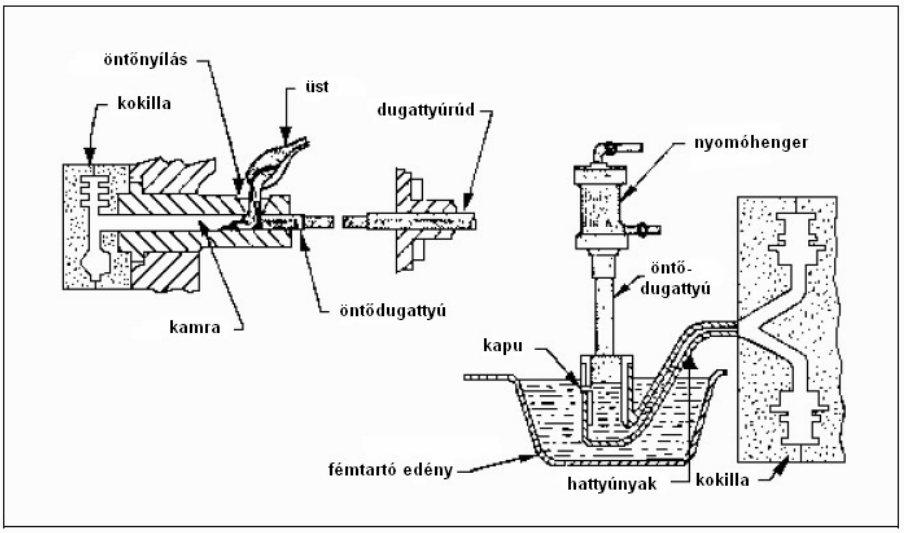
- szigetelők: szigetelő ásványi anyagokat tartalmazók, csillám, zsírkő, kovaföld, titán-dioxid, timföld stb.,
- kenők: kolloidális grafitra vagy bór-nitridre alapozottak, az öntvények eltávolításának elősegítésére.

A kokillamázat általában szórással hordják fel a kokilla felületére. A kokilla gondos előkészítése, a kokillamáz gondos elkészítése, és a használt bevonó berendezés típusának gondos kiválasztása jelentékeny előnyöket hozhat minőségben és termelékenységben.
[175, Brown, 1999]

2.6.2.2. Nyomásos (nagynyomású) öntés

A „nagynyomású öntés” kifejezés a hazai gyakorlatban nem használatos, helyette a „nyomásos öntés” kifejezést használjuk. Az eljárás tartós kokillát (fémformát) használ, melybe folyékony fémet kényszerítenek beömlésre nagy nyomás hatására. A nagy nyomás alkalmazása nagysebességű és örvénylő fémáramot hoz létre, mely lehetővé teszi nagy felületterületű és vékony falú öntvények

gyártását. A kokillákat rendszerint két acéltömbből készítik, melyek mindegyike az üreg egy részét tartalmazza, s melyek össze vannak zárva az öntvény készítése közben. A nagy fémnyomás következtében az öntvény maximális mérete a szerszámfelekre gyakorolt maximális záróerővel korlátozott. Visszahúzható és eltávolítható magokat használnak a belső felületek kialakításához. A nagy fémnyomás következtében csak fémmagok használhatók. Ez korlátozza az öntött darabok bonyolultságát. A fémet mindaddig nyomás alatt tartják, míg az ki nem hűlt és meg nem szilárdult. A kokillafeleket azután szétnyitják, az öntvényt eltávolítják, általában automatikus kilökő rendszer segítségével. A kokillákat használat előtt előmelegítik és megkenik, és levegő- vagy vízhűtéssel vannak ellátva, az üzemi hőmérsékleten tartás érdekében. A nyomásos öntőgépeknek két alapvető típusa van: a melegkamrás és a hidegkamrás nyomásos öntőgépek (ld. a 2.46. ábrát).



2.46. ábra Hidegkamrás és melegkamrás nyomásos öntőgép
[42, US EPA, 1998]

A melegkamrás nyomásos öntőgépek folyékony fém tartályt, a kokillát és egy fémszállító készüléket tartalmaznak, mely felszívja a folyékony fémet a tartályból és nyomás alatt a kokillába kényszeríti. Acéldugattyút és hengerrendszert használnak hattyúnyakkal a kokillában szükséges nyomás előállítására. A hattyúnyakas gépezet öntöttvas csatornával rendelkezik a folyékony fém tartályból kokillába szállításához. A nyomás néhány bartól több mint 350 barig változhat. A melegkamrás technikát főként cink- és magnéziumötvözetekhez használják.

A hidegkamrás nyomásos öntőgépeknek az öntőgéptől különálló folyékonyfém tároló tartályuk van. Egy öntvényhez éppen elég fémet merítenek ki kézzel vagy gépesítve és juttatnak egy kis kamrába, melyből nagy nyomás alatt a kokillába kényszerítik. A nyomást hidraulikus rendszerrel hozzák létre, mely dugattyúval van összekötve. A nyomás nagysága jellemzően néhány száz bartól 700 barig terjed. A hidegkamrás gépekben a fém hőmérséklete éppen csak meghaladja az olvadáspontot, és zagyszerű állapotban van. Mivel a fém csak rövid ideig érintkezik a dugattyúval és a hengerrel, az eljárás főként az alumíniumötvözetekhez és kisebb mértékben a magnéziumötvözetekhez, cikkötvözetekhez és még a nagy olvadáspontú olyan ötvözetekhez alkalmazható, mint a sárgarezek és a bronzok.

A kokillák és dugattyúk helyes kenése alapvető az eredményes nyomásos öntéshez. A kokilla kenése az öntvényminőségre, a sűrűségre, a felületi minőségre, a formaüreg kitöltésére és az öntvény könnyű kivehetőségére van hatással. A helyes kenés meggyorsíthatja az öntési sebességet is, csökkentheti a karbantartási követelményeket és a kokilla felületére az anyag felrakódását. Habár a különleges összetételek szabadalmazottak, a kenőanyagok (más néven leválasztó szerek) általában

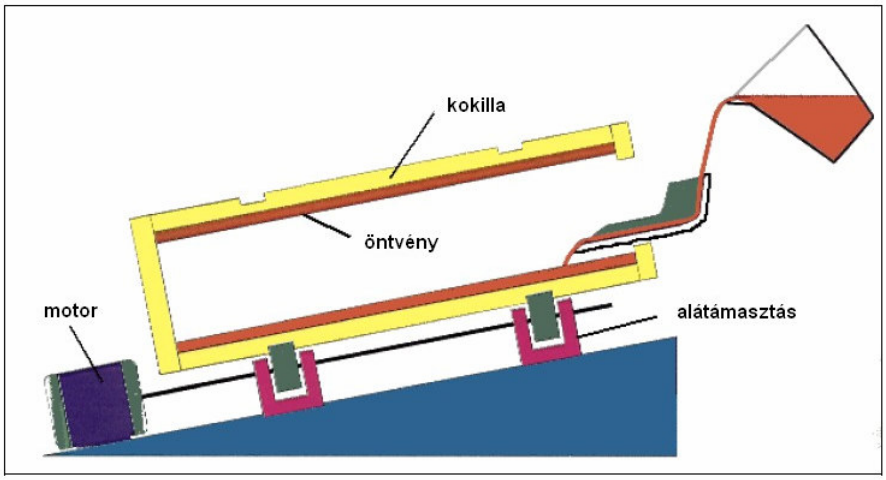
egy kenőanyag és egy hordozóanyag keverékei. Az összetételek tartalmazhatnak adalékokat is a korrózió megakadályozására, az állóképesség növelésére tárolás közben és a baktériumok okozta bomlással szembeni ellenállásra. A kenőanyagok jellemzően ásványi olajok és viaszok vizes emulziói. Egyre gyakrabban használnak szilikon-olajokat és szintetikus viaszokat. Vizes és oldószer-alapú kenőanyagok egyaránt használatosak. Mindazonáltal a vizes alapú kenőanyagok uralják a piacot (95%). A kenőanyagot szórással hordják fel a nyitott kokillára minden egyes lövés között. A kenőanyagok higított oldatait használják (1:20-1:200 leválasztó szer:víz arány). Alternatív elektrosztatikus por bevonatok vannak jelenleg fejlesztés alatt.

A nyomásos öntés nem alkalmazható acélhoz és nagy olvadáspontú ötvözetekhez. A technika széles körben alkalmazott alumíniumöntvények esetében. A kokillák drágák, de 150 000 lövésig terjedő élettartamuk lehet. Az eljárás ezért legalkalmasabb kifejezetten nagy sorozatú öntvények gyártásához. Egyik nagy előnye a nyomásos öntésnek más öntési eljárásokkal szemben az, hogy a vele gyártott öntvényeknek nagyon bonyolult alakjuk lehet. A bonyolult alakok öntésére való alkalmasság gyakran lehetővé teszi a termék egy darabból való elkészítését öntött alkatrészekből való összeszerelés helyett. Ez nagyon lecsökkentheti az öntvény költségeit, valamint a gyártás és a megmunkálás kapcsolt költségeit. A nyomásos öntés továbbá olyan öntvényeket biztosít, melyeknek nagy méretpontosságuk, és jó felületi minőségük van más öntési eljárásokkal összehasonlítva, mely segíthet csökkenteni vagy kiküszöbölni a költséges megmunkálási lépéseket. Végül viszonylag kis falvastagságú öntvények gyárthatók a nyomásos öntési eljárás alkalmazásával. Ez jelentékeny megtakarítást eredményezhet az anyagköltségekben és az öntvények tömegének csökkentésében.

Más fémöntési eljárásokhoz képest viszonylag kevés hulladék képződik a nyomásos öntési eljárásnál. A fém belövése közben kis mértékben gáz-és füstkibocsátás történik: fémoxid-füstök képződnek, amikor némi fém elpárolog és kondenzálódik. Gáz alakú kibocsátás képződhet: magából a folyékony fémből, a kenőanyagok forró fémre szórásakor és olvadt fémmel érintkezésekor. Vízbe való kibocsátás történhet a hidraulikaolaj vagy fűtőolaj, továbbá a hűtővíz minden szivárgásából és elcsöpögéséből.
[42, US EPA, 1998], [128, IHOBE, 1998], [175, Brown, 1999], [225, TWG, 2003]

2.6.2.3. Pörgetett (centrifugál) öntés

A pörgetett (centrifugál) öntésnél egy állandó forma nagy sebességgel forog tengelye körül, amikor a fémet beleöntik. A pörgetés sebessége és a fém beöntési sebessége változik az ötvözettel, és az öntendő darab méretével és alakjával. A forgástengely általában vízszintes, vagy kis szögben megdöntött (2.47. ábra). Bizonyos különleges készülékek függőleges tengely körüli pörgetést alkalmaznak. Az eredményül kapott anyagnak nagyon sűrű szövete van, és olyan tulajdonságai, melyek nem biztosíthatók homokba öntéssel.

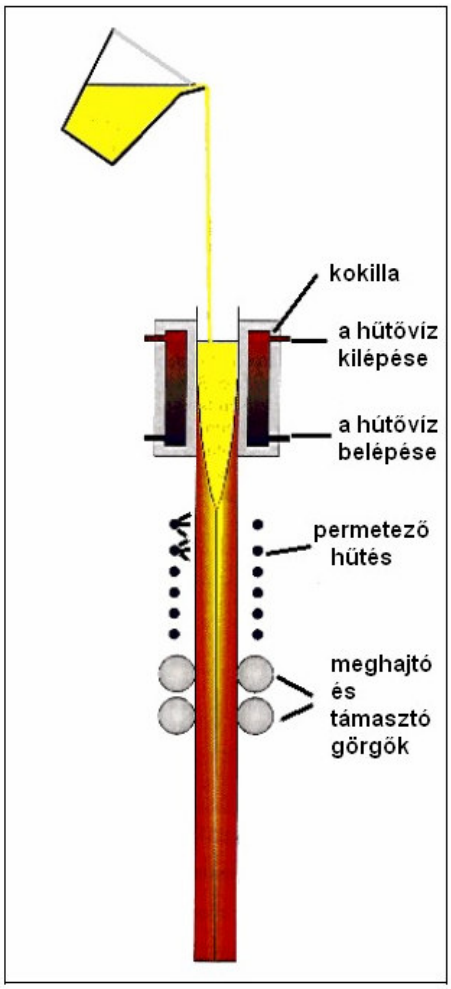


2.47. ábra Egy pörgető (centrifugál) öntőgép sematikus ábrázolása
[179, Hoppenstedt, 2002]

Ezt a technikát öntöttvasból, acélból, és alumínium, réz és nikkel ötvözeteiből hengeres termékek gyártásához használják. Az ezzel az eljárással készített tipikus darabok a csövek, kazánköpenyek, nyomásos edényköpenyek, hengerperselyek és egyéb tengelyszimmetrikus alkatrészek.
[179, Hoppenstedt, 2002]

2.6.2.4. Folyamatos öntés

A folyamatos öntés nagy termelékenységű eljárás rudak, csövek és alakos profilú termékek gyártására, ahol gyors hűtéssel finomszemcsés anyagot kapunk jó mechanikai tulajdonságokkal. A folyamatos öntésnél a folyékony fémet vízhűtéses kokillába öntik, mely a fenekén vagy oldalán nyitva van (2.48. ábra). A kokilla adja a terméknek a megkívánt alakot. Erős hűtés útján a fémtermék külseje megdermed, miközben lassan kihúzzák a formából. Folyamatos öntéssel és kihúzással a termék egyre hosszabb lesz. Egy égő levágja a darabot, amikor a kívánt termékhosszúságot elérték. Ezt a technikát mind vas és acél, mind színesfémek öntésére használják. A technika használatos rudak, lapok, lemezek öntéséhez végső lépésként vas-, acél- és fémgyártásban. Használata ebben az összefüggésben a „Színesfémipar” [155, European IPPC Bureau, 2001] és a „Vas- és acélgyártás” BREF-ekben [211, European IPPC Bureau, 2000] van leírva.



2.48. ábra Egy folyamatos öntésre használt öntőgép sematikus rajza
[179, Hoppenstedt, 2002]

2.7. Öntvénytisztítás (kikészítés) és öntés utáni műveletek

A nyersöntvények tisztítása magában foglalja mindazt a műveletet, mely szükséges ahhoz, hogy megkapjuk a késztermékét. Az eljárás szerint különböző lépések lehetnek szükségesek:

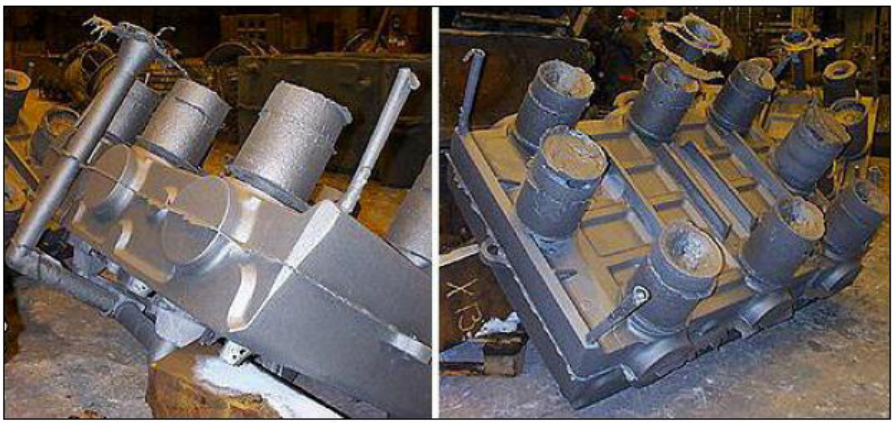
- a beömlő és kitápláló rendszer leválasztása az öntvényről,
- a maradék formázóhomok eltávolítása az öntvény felületéről és a magmaradványoké az öntvény üregeiből,
- a sorják (fáncok) eltávolítása,
- az öntvényhibák kijavítása,
- az öntvény előkészítése a mechanikai utókezelésekre, szerelésre, hőkezelésre, bevonásra.

Bizonyos esetekben az öntöde végzi a szerelést, felületkikészítést, és bevonást is. Ezeket a tevékenységeket azonban nem tárgyaljuk ebben a dokumentumban. A felületkezelési és bevonási technikákat „A fémek felületkezelése” és az „Oldószereket használó felületkezelés” című BREF dokumentumok tárgyalják.
[110, Vito, 2001], [225, TWG, 2003]

2.7.1. A beömlő és kitápláló rendszer eltávolítása az öntvényről

A nyersöntvények tisztítása során a beömlő és kitápláló rendszerek öntvényekről eltávolítására a következő műveleteket végzik:

- *Ütés, sajtolás.* Az olyan törékeny anyagok esetében, mint a lemezgrafitos öntöttvas és a fehér tempervas, a beömlők és felöntések általában leüthetők. Egyre inkább hidraulikus sajtoló készülékeket használnak erre a célra.
- *Vágás vágótárcsákkal.* Lehet kézi, félautomatikus vagy automatikus művelet.
- *Lángvágás.* Masszív darabok ötvözetlen acélból és gyengén ötvözött acélból oxigén-acetilén lángvágással távolíthatók el. Öntöttvashoz vagy erősen ötvözött acélhoz oxigén-acetilén-vaspor vagy oxigén-LPG (alacsony nyomású PB-gáz)-vaspor lángvágókat használnak.
- *Fűrészelés.* A hőre érzékeny anyagokat, pl. alumínium-ötvözetek, rendszerint fűrészelik.

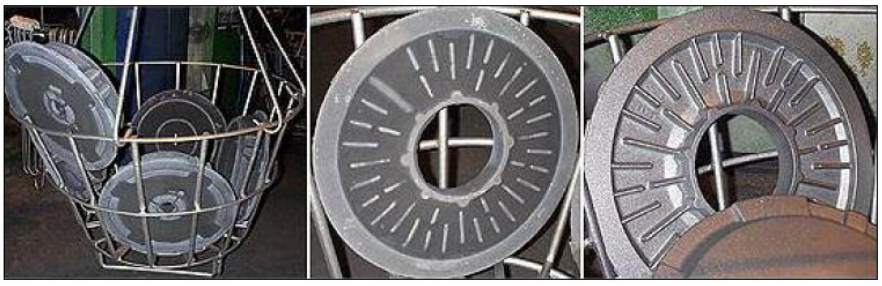


2.49. ábra Öntvények beömlő- és kitápláló rendszerrel
[237, HUT, 2003]

Az érintkezési pontok jó tervezésével, a beömlő és kitápláló rendszer már az ürítésnél letörhet. Ez főként lemezgrafitos öntöttvasaknál lehetséges.
[32, CAEF, 1997],[202, TWG, 2002]

2.7.2. Homokeltávolítás

A homok eltávolítását leszóró kabinokban végzik. A leszóró anyag a kezelendő anyaghoz igazodik, és leszóró acélszemcsétől az üveggyöngyig változik. A mintalapok és állandó formák tisztításához üveggyöngyöt, alumínium granáliát vagy szárazjég szemcsét használnak. A 2.50. ábrán öntvények láthatók leszórás előtt és után.



2.50. ábra Öntvények a homok szemcseszórással való eltávolítása előtt (balra, és középen) és után (jobbra) [237, HUT, 2002]

Különböző leszórási technikák léteznek. A szemcsék felgyorsítását sűrített levegővel vagy szórólapátokkal végzik. A kezelést gumiszigetelésű ajtókkal ellátott zárt térben végzik.

Az öntvényeket függőpályára függesztik, és adagonként járatják keresztül a leszóró kamrán. Kisebb darabokhoz különleges mozgó szalagot használnak. A nagy darabokat kézzel szórják le, szóró lándzsával, zárt kamrában. Ebben az esetben a személyes védelmi intézkedések nagyon fontosak. Porálarccal és respirátor készülékkel ellátott sisak a követelmény.

A durva port (homokot és fémszilánkokat), mely a munkadarab leszórásánál keletkezik, összegyűjtik a szemcsékkel együtt. Portalanítják, mágnesesen szétválasztják és szitálják. A finom frakciót a durva frakcióval együtt eltávolítják az elszívott levegőből zsákos szűrő használatával. A leszóró szemcse tisztítása belső újra felhasználás előtt nagy jelentőségű, mert a homok jelenléte a szórólapátok gyors kopását okozhatja.

2.7.3. A sorják (fáncok) eltávolítása

A sorjákat (fáncokat), melyek a forma- és magrészek találkozásánál, az ereknél és egyéb felületi egyenetlenségeknél keletkeznek, csiszoló tárcsákkal és köszörüléssel távolítják el. A csiszoló tárcsákat kézzel használják, míg a köszörűkövek esetében, az öntvényt nyomják a forgó köszörűkőhöz.

Egyéb alkalmazott technikák a következők:

- *Koptatás.* Sorják (fáncok), és kis mennyiségű egyéb fölös anyagok az öntvény felületén eltávolíthatók kézi köszörülés nélkül is. A darabokat dobokban vagy vibrációs tartályokban csiszoló alakos darabokkal együtt forgatják, azokat egymással való és a csiszoló tárcsákhoz való dörzsölődésre kényszerítve. Egy jellemző egységben az öntvényeket kúpalakú csiszolókő ágy használatával, víz-szappan emulzió hozzáadásával dörzsölik. A köszörűkövek durvasága és mérete az öntvények méretétől függően változik.
- *Koptatás dobokban.* Az eljárás során a sorják (fáncok) levegőmentes szórásos tisztítási folyamatban kerülnek eltávolításra, annak eredményeképp, hogy a darabok egymással forgódobban ütköznek. Egyidejűleg az élek legömbölyödnek. Néha a folyamatot folyadékkal segítik elő.

Ezeknek a műveleteknek az automatizálása nehéz, a sorják (fáncok) alakjának változásai és az öntvények könnyű és gyors rögzítésének szükségessége következtében. Mindazonáltal automatikus csiszoló berendezéseket egyre növekvő mértékben használnak a sorozatgyártásban. A nyers darabokat berakják az ilyen gépekbe, hogy megfelelően megmunkált darabokat kapjanak átállítás és további kézi csiszoló munka szükségessége nélkül. A 2.51. ábrán a sorják (fáncok), és azok eltávolítása köszörüléssel és koptatással látható.

2.51. ábra Sorják (fáncok) [balra], és azok eltávolítása köszörüléssel [középen], és koptatással [jobbra]
[237, HUT, 2003]

A következő további technikákat alkalmazzák automatikus soroknál:

- *Sorjavágás (lyukasztásos sorjátlanítás).* A vágási, alakítási, lyukasztási technikáknak köszönhetően a sorozatgyártású öntvényeket gyakran oly módon tervezik, hogy az elkerülhetetlen sorja (fánc) előre meghatározott mértékben, könnyen hozzáférhető helyen keletkezzék, ami a feldolgozást illeti. Ha a sorozat elegendően nagy, alkalmas sorjavágó szerszámokat lehet tervezni a sorja (fánc) gyors eltávolításához, és az öntvény egységes körvonalának kialakításához.
- *Marás.* A megmunkáló gépek elektronikus vezérlésének kifejlesztésével sokkal könnyebbé vált programok összeállítása egyedi munkadarabok megmunkálására. Így lehetséges marógépek használata kisebb sorozatokhoz sorjavágó gépek helyett, azok egycélú szerszámaival. Az ilyen folyamat során a munkadarabokat egy készülékbe helyezik és több különböző marógépen futtatják át.

Végül hegesztést lehet végrehajtani öntvények csatlakoztatására, valamint öntvényáramok gyártásához és öntvényjavításra. A követelményektől és a berendezéstől függően, a munka elvégezhető kézzel, hegesztőpálcákkal vagy hegesztő huzallal, inert gáz használatával vagy anélkül. Ferde lapolású hegesztést alkalmaznak acélöntvényeknél, mely hornyolás alkalmazását jelenti a feszültségek csökkentésére. Ehhez vágópisztolyt használnak rézburkolatú elektródával.
[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002]

2.8. Hőkezelés

2.8.1. Bevezetés

A vas- és acélöntvényeknél két alapvető típusa van az alkalmazható hőkezelésnek: a lágyítás és az edzés. A lágyítás estében az öntés és az azt követő lehűlés közben a munkadarabban okozott feszültséget csökkentik, és a szövetet kiegyenlítik. Az edzés esetében a hőmérsékletet az átalakulási hőmérsékletnél nagyobbra növelik, és a munkadarabot ezt követően gyorsan lehűtik, melyet hirtelen hűtésnek is neveznek. Ez az anyag szövetének és tulajdonságainak megváltozását eredményezi. Különböző eredményeket lehet elérni a vízben, olajban vagy levegőn való hűtéssel. Nemesítés a neve annak az eljárásnak, melyben a munkadarabot megedzik (az átalakulásinál nagyobb hőmérsékletről hirtelen lehűtik), majd megeresztik (újból felmelegítik és lassabban lehűtik).

A vas temperálása a lágyítástól és edzéstől különböző hőkezelés. Itt az ún. nyers tempervasat (fehér töretű, ledeburitos szövetű öntöttvasat) a hőkezelési eljárástól függően fehér vagy fekete tempervassá alakítják.

Sok fémöntvényt használnak öntött állapotban, de bizonyos alkalmazások jobb mechanikai tulajdonságokat kívánnak meg az öntött állapotúaknál. A lehetséges kezelések az izzítás, irányított hűtés, az oldásos hőkezelés, a mesterséges öregbítés és a kiválásos kezelés.

2.8.2. Hőkezelő kemencék

2.8.2.1. Kamrás kemencék

A kamrás kemence a legközönségesebb kemenceszerkezet. A tényleges konstrukciók sok alváltozatot tartalmaznak, a különböző hőkezelések és különböző öntvénytípusok igényeinek kielégítésére. A kamrás kemencék néhány példája a forgóvázas kocsis kemencék, harangkemencék, stb. A folyamatos szállítású kamrás kemencéket alagút kemencéknek nevezzük. Fűtésük villamos-, gáz-, vagy olajfűtés lehet.

A színesfémek estében bizonyos hőkezeléseket az olvadáspont közelében végeznek, így pontos hőmérsékletszabályozás szükséges. Mesterséges légcirkulációt használnak annak biztosítására, hogy a hőmérséklet a kemence minden részében állandó és egyenlő legyen.
[32, CAEF, 1997], [175, Brown, 1999]

2.8.2.2. Aknás kemencék (mélykemencék)

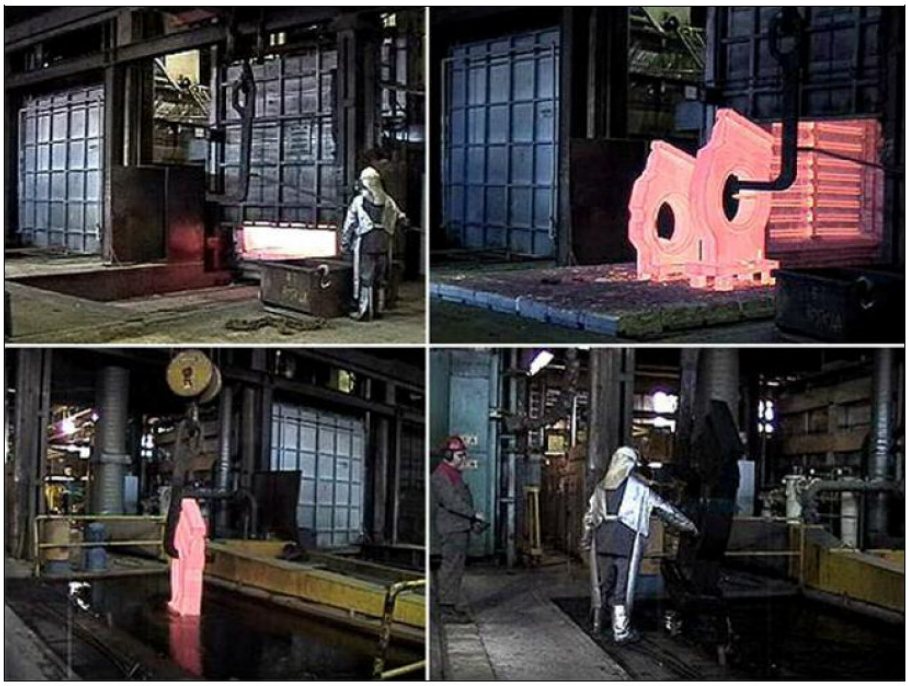
Csöveket, rudakat és más hosszú darabokat gyakran függőlegesen felfüggesztve hőkezelnek aknás kemencében. Az ilyen kemencék fűtése lehet villamos, gáz- vagy olajfűtés.

2.8.2.3. Lágyító (izzító) kemencék

Kamrás, harang-, vagy alagútkemencéket használnak nyersöntvények izzítására, lágyítására. Az ilyen kemencék fűtése villamos, gáz- vagy olajfűtés.

2.8.3. Edzés

A hőkezelési folyamatoknál az edzés a munkadarab a nyugvó levegőn való hűtésnél gyorsabb lehűtése. Ez elérhető vízbe vagy olajba való gyors bemerítéssel (ld. a 2.52. ábrát), valamint fúvott levegőn való hűtéssel. Amikor folyadékba merítik a munkadarabot, mozgatni kell a darabokat a folyadékban, vagy a folyadékot kell folyamatosan körben áramoltatni, hogy a munkadarab minden egyes része egyformán hűljön. Hasonló elv alapján a légedzésnél a fúvást úgy kell szabályozni, hogy a levegő egyformán érje a munkadarab egész felületét.



2.52. ábra Egy forró öntvény edzése (hirtelen lehűtése) röviddel a hőkezelés után
[237, HUT, 2003]

2.8.4. A gömbgrafitos öntöttvas hőkezelése

Nyilvánvalóan kívánatos a megkívánt fémtulajdonságokat már öntött állapotban megkapni, további kezelés szükségességének megelőzésére, de ez nem mindig sikerül. A hőkezelés megszüntetheti a karbidokat a vékony szelvényekben, állandóbb alapszövetet biztosíthat az adott szövetnek, gyakran javítva a mechanikai tulajdonságokat, különösképpen a szemcseszerkezet normalizálásával. Ahol megeresztett martenzites szövetre van szükség, a hőkezelés alapvető.
[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.8.4.1. Feszültségmentesítés

A feszültségmentesítés az öntvények 50-100°C/h sebességgel 600°C hőmérsékletre (gondot fordítva arra, hogy a 610°C hőmérsékleti határt ne lépjük túl) felhevítéséből, ezt követő legalább egy órás, de 25 mm falvastagságonként további egy-egy órás hőn tartásából, és végül 50-100°C/h vagy ennél kisebb sebességgel való lehűtéséből áll. Az öntvényeket úgy kell alátámasztani a kemencében, hogy tömege miatt ne keletkezhessenek benne feszültségek.

2.8.4.2. A karbidok elbontása

Az öntvények vékony szelvényei tartalmazhatnak karbidokat az öntött szövetben. Ez megszüntethető az öntvények 900-925˚C hőmérsékleten 3-5 órás hőn tartásával.

2.8.4.3. Lágyítás ferrites alapszövet elérésére

A lágyítás az öntvények hőn tartása 900-925°C hőmérsékleten 3-5 óráig, majd ezt követően lassú, 20-35°C/h sebességgel lehűtés a kritikus hőmérséklet-területen (kb. 800-710°C) keresztül, végül lehűtés kemencében 50-100°C/h sebességgel 200°C hőmérsékletre.

2.8.4.4. Normalizálás perlites szövet elérésére

A normalizáláshoz az öntvényeknek a kritikusnál nagyobb hőmérsékleten való hőn tartására és azt követő, levegőn való lehűtésére van szükség. Ismét 900-925˚C-on való hőn tartást használnak annak biztosítására, hogy a karbidok elbomoljanak. Fúvott levegőn való hűtést alkalmaznak a perlit képződéséhez. A hőkezelés típusa, a rendelkezésre álló kemence, és a rakat mérete határozza meg a lehetséges folyamatciklust. Szükséges lehet a fém összetételének beszabályozása ón vagy réz hozzáötvözésével, a teljesen perlites szövet kialakulásához.

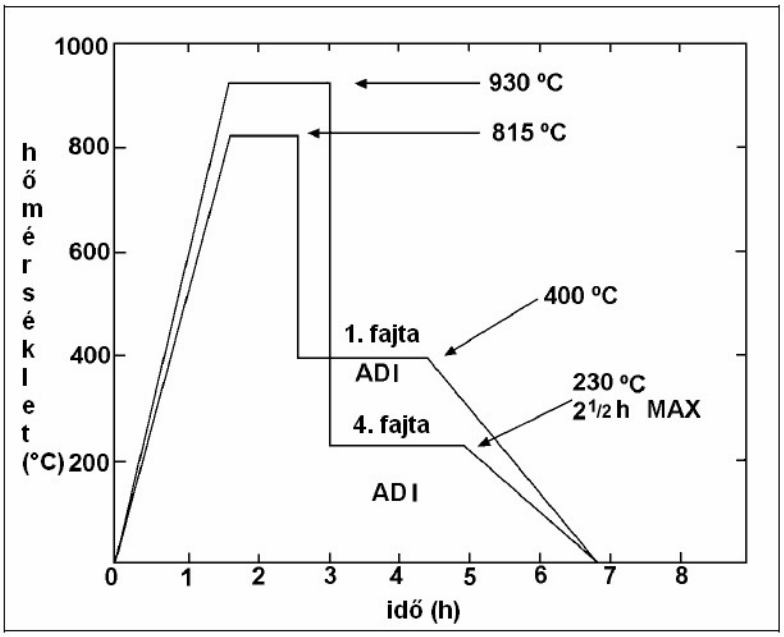
2.8.4.5. Nemesített szövetszerkezet létrehozása

Nemesített szövetet az öntvény 900-925˚C-on történő ausztenitesítésével, azt követő olajban való hirtelen lehűtésével és végül 600-650˚C-on való megeresztésével állítanak elő.

2.8.4.6. Ausztemperált gömbgrafitos öntöttvas (ADI)

Az ausztemperálás izotermikus hőkezelés auszferrites (ausztenitet és ferritet tartalmazó szövetelem) szövet létrehozására. A gömbgrafitos öntöttvas szilárdsága akár meg is kétszerezhető a jó képlékenység (duktilitás) és szívósság megtartása mellett. A kopásállósági és kifáradási tulajdonságok kitűnőek, még olyan mértékben is, hogy az ADI tulajdonságai összehasonlíthatók a kovácsolt és nemesített acélokéval is.

Az ausztemperálás egy két lépéses hőkezelés, ahogy az a 2.53. ábrán látható. Az ausztenitesítést 815-930˚C hőmérsékleten végzik az alapszövet tisztán ausztenitté alakítására. Ezt vagy nem oxidáló atmoszférájú kemencében, vagy nagy hőmérsékletű sófürdőben végzik. A hőmérsékleteket és a hőn tartási időket a kémiai összetétel, a szelvény mérete és az ADI megkívánt fajtája határozza meg; 1-1,5 óra általában megfelelő. Az öntvény kezdeti lassú hevítése kívánatos a bonyolult szelvények repedési kockázatának elkerülésére. Az öntvényt azután hirtelen lehűtik a megkívánt izotermikus hőkezelés hőmérsékletére, rendszerint 210-400˚C közé. Ezt szokásosan sófürdőben végzik. Az öntvényeket ezen a hőmérsékleten tartják 1-2 óráig, hogy teljessé tegyék az ausztenit auszferritté való átalakulását. Kisebb hőmérsékletek nagy keménységet, szilárdságot és kopásállást adnak, míg nagyobb hőmérsékletek jobb duktilitást és szívósságot eredményeznek. Az izotermikus hőkezelés után az öntvényeket környezeti hőmérsékletre hűtik le.



2.53. ábra Az ausztemperálás tipikus hőkezelési lépései
[174, Brown, 2000]

Ötvözetlen gömbgrafitos öntöttvasak mintegy 8 mm-ig terjedő falvastagságokkal ausztemperálhatók. Vastagabb szelvények Mo- vagy Ni-ötvözést igényelnek az edzhetőség növelésére.

Ausztemperált gömbgrafitos öntöttvasakat használnak a kovácsolt acél alkatrészek helyettesítésére a mezőgazdaságban, a vasúti, járműipari és általános gépiparban; pl. ekeélekhez, ásófogakhoz, rugós fékekhez, hátsótengely fékekhez, fogaskerékhajtásokhoz stb. Az ADI termelés növekszik, de használata bizonyos mértékig korlátozott, alkalmas hőkezelő berendezések hiányában.
[32, CAEF, 1997], [174, Brown, 2000]

2.8.5. Az acélöntvények hőkezelése

Az acélöntvényeket rendszerint hőkezelésnek vetik alá kiszállítás előtt, pl. normalizálásnak, mely hőkezelés szövetváltozáshoz vezet. Ezenkívül a lehetséges öntési feszültségeket csökkenteni kell (feszültségcsökkentő hőkezelés). Sok acélöntvényfajtát ezen kívül meg kell ereszteni feszültségcsökkentő hőkezelés után.

A legtöbb acélöntvényt hőkezelni kell a megkívánt mechanikai tulajdonságok elérésére és a feszültségmentesítésre, a helyes korrózióállóság elérésére és a kikészítési műveletek közbeni nehézségek megelőzésére. A hőkezelést az acélfajta szerint határozzák meg. A kémiai és szövetbeli kiválások megszüntetésére általában nagy hőmérsékletű lágyítást hajtanak végre. Az ötvözetlen és gyengén ötvözött acélöntvényeken alapvetően a következő hőkezelések végezhetők el:

- normalizálás és levegő edzés, vagy
- ausztenitizálás, edzés (hirtelen hűtés) és megeresztés.

Az ausztenites és duplex rozsdamentes acélöntvényeket oldásosan izzítják és vízben edzik. Kiegészítésként olyan hőkezelések végezhetők, mint a feszültségmentesítés vagy hegesztés utáni hőkezelés az anyag belső feszültségeinek megszüntetésére.
[32, CAEF, 1997], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

2.8.6. Az alumíniumöntvények hőkezelése

Az alumíniumöntvényeket a következő célokból hőkezelik: homogenizálás, feszültségmentesítés, jobb mérettartósság és megmunkálhatóság, optimális szilárdság, duktilitás, szívósság és korrózióállóság. A hőkezelés leggyakrabban kompromisszum különböző hatások között, fontos tulajdonságok maximalizálása gyakran más tulajdonságok rovására. Az alumíniumötvözetek hőkezelése a lágyítás, az oldásos hőkezelés, az edzés, mesterséges öregbítés és a kiválásos hőkezelés. Az alkalmazandó hőkezelés típusát az ötvözet megnevezésének toldaléka jelzi. Ezt a hőkezelés megnevezésének hívják. A homokban, kokillában és kisnyomású öntéssel öntött öntvényeknél minden kezelés lehetséges, habár nincs mindegyik szabványosítva. A nyomásos öntvényeket nem hőkezelik oldásosan és nem edzik azonos módon, mint a homokban, kokillában vagy kis nyomású öntéssel készített öntvényeket. A bezárt gázbuborékok kitágulhatnak és öntvényhibákat okozhatnak. A hőkezelés nem általános lépése a nyomásos öntésnek; ezeknek az öntvényeknek csak mintegy 1%-át hőkezelik. Minden kokillában öntött öntvény hirtelen lehűthető a kokillából, kiválásosan hőkezelhető vagy feszültségmentesíthető minden káros hatás nélkül. Az alumínium kerekek kisnyomású öntvénytermelésében az öntvények 90%-át vetik alá hőkezelésnek.
[225, TWG, 2003]

2.8.6.1. Feszültségmentesítés és lágyítás

A változó keresztmetszetű szelvényeket tartalmazó és bonyolult alakú öntvényeknél valószínű a belső feszültségek kialakulása. Ezek méretbeli eltéréseket okozhatnak a gépi megmunkálás során. Az öntvények stabilizálása, és a belső feszültségek megszüntetése érdekében, az öntvényeket 200˚C hőmérsékletre melegítik és ezen a hőmérsékleten tartják 5 óráig, azután lassan lehűtik a kemencében.

2.8.6.2. Oldásos kezelés és edzés

Az öntvényeket éppen az olvadáspont alatti hőmérsékletre hevítik, és ezen a hőmérsékleten tartják elegendően hosszú ideig ahhoz, hogy az ötvözőelemek homogén szilárd oldatba mehessenek. Az öntvényeket ezután gyors hűtéssel szobahőmérsékletre hűtik úgy, hogy az ötvözőelemek oldatban maradjanak. Az edzéshez vizet, vagy különleges hűtőanyagokat használnak. Az edzőkádak a kemencéhez közel vannak elhelyezve a gyors hűtés lehetővé tétele érdekében. Habár az edzési időközre való érzékenység különbözik az ötvözetek között, a jó gyakorlati időköz határértéke 5-10s között legyen.

2.8.6.3. Kiválásos hőkezelés

Az ötvözőelemek szabályozott kiválását elősegíti az öntvények 150-200˚C hőmérsékletre való felmelegítése. Az öntvények szilárdsága és keménysége nő. Az eljárást ezért szerkezeti edzésnek is nevezik. Minden egyes ötvözetnek van egy optimális hőkezelési ciklusa.

2.8.6.4. Mesterséges öregbítés

Bizonyos öntészeti ötvözetek szilárdsága és keménysége hosszabb idejű szobahőmérsékleten tartás közben növekszik. A folyamat néhány hetet vehet igénybe, de meggyorsítható szobahőmérsékletnél nagyobb hőmérsékletre való melegítéssel és ennek a hőnek fenntartásával bizonyos ideig.
[175, Brown, 1999], [202, TWG, 2002], [213, CTIF and CQRDA, 2002], [212, Zalensas, 1993]

2.9. Minőségellenőrzés

A minőségellenőrzés során a kész öntvényeket ellenőrzik a termékkövetelményekkel való megegyezőség szempontjából, pl. a méretek, fémszövetbeli hibák, felületi minőség szempontjából. Az öntvény típusától és a sorozatnagyságtól függően, a minőségellenőrzés végezhető szemrevételezéssel, mérőeszközök használatával vagy automatikusan.

Az alumíniumkerekek gyártásában az öntvényeket röntgenvizsgálattal ellenőrzik. Egy jó öntvény szabványosított képét használják etalonként a számítógépes program segítségével végzett ellenőrzéshez (összehasonlítás). Ha eltérések adódnak, a képet gyakorlott szakember vizuálisan is áttanulmányozza és kiértékeli.

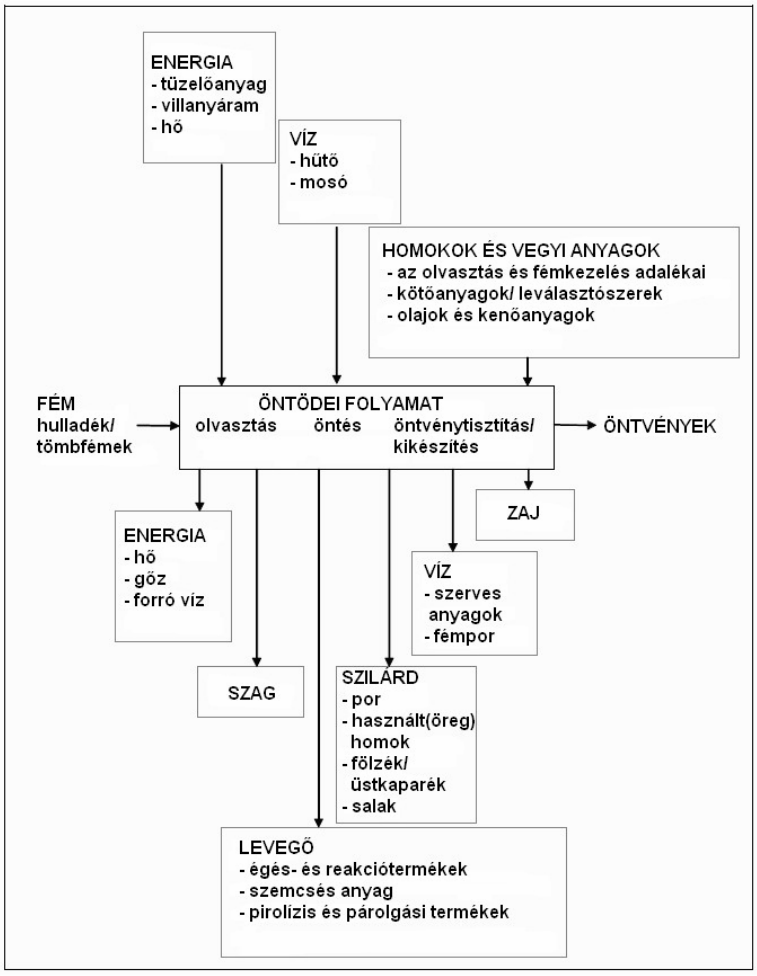
A minőségellenőrzési eljárás tájékoztatást ad a végső döntéshez arról, hogy az öntvényt leselejtezzék vagy engedélyezzék piacra kerülését. A selejt öntvényeket visszaszállítják az olvasztáshoz nyersanyagként.
[225, TWG, 2003]

3. A JELENLEGI KIBOCSÁTÁSOK ÉS FELHASZNÁLÁSI SZINTEK AZ ÖNTÖDÉKBEN

3.1 Az anyagáram áttekintése

3.1.1. Bevezetés

Az öntödei folyamat általános anyagáramának áttekintése a 3.1. ábrán látható. Ez a séma általánosan vonatkozik a vas- acél- és fémöntödékre egyaránt. A különböző eljárási lépések és típusok fajlagos szempontjait alább fogjuk részletezni.



3.1. ábra Az öntödei folyamat tömegáramának áttekintése

3.2. Az öntöttvasak és acélok olvasztása és fémkezelése

3.2.1. Az acél és öntöttvas olvasztó kemencéinek tulajdonságai

A 3.1. táblázat áttekintést ad az acél és vas olvasztásához használt olvasztó kemencék jellemző tulajdonságairól. Az adatokat azután az alábbi szakasz tárgyalja.

Eljárás	Acél			Öntöttvas					
Típus	**VILLAMOS ÍVKEMENCE**		**INDUKCIÓS KEMENCE**	**INDUKCIÓS KEMENCE**	**KUPOLÓKEMENCE**				**FORGÓ-DOBOS KEMENCE**
Altípus	**Savas bélésű**	**Bázikus bélésű**	**Tégelyes**	**Tégelyes**	**Hidegszeles**	**Forrószeles**	**Forrószeles-hosszú kampányú**	**Koksznélküli-duplex**	
Energiaforrás	Villanyáram	Villanyáram	Villanyáram	Villanyáram	Koksz	Koksz	Koksz	Koksz/ tüzelőolaj	Gáz/ tüzelőolaj
Termikus hatásfok[1](%)	60-70	60-70	50-60	50-60	30-40	40-45	35-45	50-60	50-60
Elsődleges termikus hatásfok[2(%)]	21-25	21-25	15-20	15-20	30-40	40-45	35-45	45-50	35-45[3]
KWh/t fémbetét	500-700	500-700	520-800	520-800	950-1200	800-900	810-1100	700-800	600-800
Adagonkénti/folyamatos	Adagonkénti	Adagonkénti	Adagonkénti	Adagonkénti	Folyamatos	Folyamatos	Folyamatos	Folyamatos	Adagonkénti
Olvasztási teljesítmény[4] (t / h)					2-10	8-70	8-70	>5	
A kemence befogadóképessége[5] (t)	2-50	2-50	0,01-30	0,01-30					1-20
Beolvasztási idő (h)	1-4	1-4	1-2	1-2					2-4
Finomítási alkalmasság	Lehetséges	Lehetséges	Nem	Nem	Igen	Igen	Igen	Nem	Kicsi
Tőkeköltség	Nagy	Nagy	Nagy	Nagy	Közepes	Nagy	Nagy	Közepes	Kicsi
Salakképződés (kg/t fémbetét)	10-40	20-80	10-20		40-80	40-80		40-80	20-60
Porképződés[6] (kg/t fémbetét)	5-8		0,06-1		5-13	4-12		0,8	0,3-2,9
HULLADÉKGÁZ[7]KIBOCSÁTÁS (kg/t FÉMBETÉT)									
CO_2[8]	Az áramfejlesztéstől függ		Az áramfejlesztéstől függ		400-500	350-480		100-120	120
CO	7,5-25 (dekarbonizálás)		Nem alkalmazható		Lehetséges[9]	0,5-2,5		<10	0,0-1,5
SO_2	<1		Csekély		1-2	<1		Tüzelőolaj-tól függ	2,5-3,0
NO_x	Nem alkalmazható		Nem alkalmazható		<1	<1		0,5	0,3-0,4

1 A megadott értékek nagyságrendek, de nagymértékben függenek a z olyan körülmények kihasználásától, mint a fémhőmérséklet, kemencekapacitás és olvasztási teljesítmény.
2 Az áramfejlesztés hatásfoka 35%-ra becsülve.
3 Figyelembe véve az oxigéngyártás energiafogyasztását és az olyan nyersanyagokét, mint az olvasztás közben oxidált elemeket pótló grafit és FeSi.
4 Csak a folyamatos olvasztásnál.
5 Csak az adagonkénti olvasztásnál.
6 A megadott adatok általános, az irodalomban talált adatok.
7 A megadott adatok általános az irodalomban talált adatok.
8 Teljes elégést feltételezve.
9A helyi kihasználási feltételektől és a konstrukciótól függően.

3.1. táblázat Tipikus olvasztókemence tulajdonságok és kibocsátási adatok

[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003] és a CTIF (Öntödei Ipari Műszaki Központ) megjegyzései

3.2.2. Kupolókemencék

Bevitel	**Kibocsátás**
- vasanyag (nyersvas, vasszivacs, acélhulladék, saját visszatérő hulladék, stb.), - ötvöző fémek (ferroötvözetek), - salakképzők (mészkő), - energiahordozók (koksz, gáz, olaj, villanyáram), - oxigén, - hűtővíz, - víz	- vasötvözet (öntöttvas), - por (fémtartalom), - CO / CO_2 / SO_2 / NO_x, - HF, - dioxinok, furánok, - szerves szennyezők, - salak, - tűzállóanyag hulladék

3.2.2.1. Koksz- és energiafelhasználás

Hidegszeles üzemben az adagkoksz-felhasználás általában 90-120 kg/t fémbetét, de lehet 70 kg/t fémbetétnél kevesebb is pl. ellensúlyok gyártása esetén. A kokszmennyiség számításánál az alapkokszot is figyelembe véve, a teljes felhasználás 110-140 kg/t fémbetét. Az európai kokszok fűtőértéke 8,5 kWh/kg, ez megfelel 950-1 200 kWh/t fémbetét bevitelnek.

A forrószeles kupolókemencénél a teljes kokszarány általában 110-145 kg/t fémbetét. Azonban, mivel az átlagos acélhulladék aránya a betétben 50%, és a felkarbonizálás is fogyaszt mintegy 1,5%-ot, a valós elégetett kokszarány 95-130 kg/t fémbetét, mely 810-1 100 kWh/t fémbetétnek felel meg. Ez 35-45% termikus hatásfoknak felel meg.

Az üzem elrendezésétől függően, a füstgázkezelő berendezés és a hőn tartó kemence fogyasztása a 3.2. táblázatban található. Német adatok azt mutatják, hogy a füstgázkezelő berendezések fajlagos energiafelhasználása kb. 20 kWh/t jó öntvény. [202, TWG, 2002]

Az energiahordozó típusa	**Átlagos felhasználás KWh/t fémbetét**
Gáz az égető kamrához	40
Villanyáram a füstgáztisztító berendezéshez (ventilátorok stb.)	40
Villanyáram a hőn tartó kemencéhez	60

3.2. táblázat A füstgázkezelés és hőn tartás átlagos energiafelhasználása

3.2.2.2. Por

A porkibocsátás terjedelme nagyon széles. Kupolókemencénél a porkibocsátás elsősorban a használt kupoló típusától függ, és az értékek a 3.3. táblázatban láthatók.

A kupolókemence típusa	Porkibocsátás (kg/t fémbetét)	Kokszarány (kg/t fémbetét)
Hidegszeles	5-13	110-140
Forrószeles	4-10	95-130
Bélés nélküli forrószeles	5-12	115-135
Koksz nélküli	0,8	0

3.3. táblázat Különböző típusú kupolókemencék porkibocsátási szintjei (nyers kupoló füstgáz).
[32, CAEF, 1997]

Három német kemence kéményénél mért porkibocsátás látható a 3.4. táblázatban.

Füstgáz-tisztítás	Térfogat (m^3/h)	Összes por (mg/m^3)	PM_{10} (%)	$PM_{2,5}$
Adagolónyílás feletti elszívás, zsákos szűrő	28 500	7	88	47
Ciklon, venturi, rekuperátor	16 000	68-94	96	88
Nincs adat	6 000 (Nm^3/h száraz)	75	100	45-85

3.4. táblázat Kupoló porkibocsátása és a por méreteloszlás
[202, TWG, 2002]

A részecskék mérete általában 1µm-nál kisebbtől 10mm-ig terjed, melyből 50% kisebb, mint 100µm, azonban 5-20% kisebb, mint 2µm, mely megnehezíti a por leválasztását. A kupolókemence pora elsősorban kokszból, kvarcból, rozsdából és mészkőből képződik. Az összetétel a 3.5. táblázatban látható.

Anyag	Összetétel	
	[32, CAEF, 1997]	[158, Charbonnier, et al., 1998]
Vas-oxid	30-60	15-25
SiO_2	~25	15-30
Kokszpor	3-15	Nincs adat
MnO	3-10	2-5
Al_2O_3	1-3	2-5
MgO	1-3	0-2
CaO	<1	5-10
S	<2	Nincs adat
ZnO az adagtól függően	<3	0-30 Zn*
PbO az adagtól függően	<1	0-5 Pb*
* oxidok és szilikátok formájában; alkalmazható a Zn-ben dúsított porokhoz.		

3.5. táblázat A kupoló porának tipikus összetétele, tömegszázalékban megadva
[32, CAEF, 1997], [158, Charbonnier et al., 1998]

3.2.2.3. Füstgázok

A koksztüzelésű kupolók gázai elsősorban N_2-ból,CO_2-ből, H_2O-ből és CO-ból állnak, kisebb mennyiségű SO_2-tartalommal. Hagyományos kupolókemencéknél, ahol a torokgázokat az adagolóajtó felett szívják el, különbséget kell tenni a füstgázok állapota között az adagolóajtó felett és alatt, mivel környezeti levegő lép be az adagolóajtón keresztül. Ez a bevitel jelentékenyen megváltoztatja az egész gázáramot.

Ha a kupológázok elég forrók, és elegendő CO van jelen, a gázok spontán éleghetnek a beszívott levegővel együtt ($2CO+O_2 \rightarrow 2CO_2$) és a hőmérséklet 900˚C-ra nőhet. Ilyenkor kevés, vagy semmi CO nem marad a távozó füstgázban. Ha a torokgázok elégésére nem kerül

sor, a levegő beszívás 100-300˚C közötti hűtést eredményez, és a CO/CO_2 arány változatlan marad. A torokgázok hőmérséklete éppen az adagolóajtó alatt elsősorban az adag magasságától függ a kemence aknájában; a környezeti levegő bevitelét a ventilátor kapacitása vagy a jelenlevő természetes huzat határozza meg.

A hígítatlan torokgázok árama arányos a kokszfelhasználással. Az adagkoksz arányának növekedése csökkenti az olvasztási teljesítményt (tonna folyékony fém/h) ha a fúvószél-áram fennmarad. Szükséges lehet ekkor a szélmennyiség növelése az olvasztási teljesítmény fenntartására. A vashőmérséklet is nőni fog. Tekintettel az égési arányra ($C+O_2 \rightarrow CO_2$), a több koksz és fúvószél a távozó füstgázáram növekedését eredményezi.

Egy adott kupolókemencénél, a koksz- és levegőfogyasztás a célul kitűzött olvasztási teljesítménytől és vashőmérséklettől függ, mely óránként változhat. Az irodalomban található jellemző levegőmennyiségek 600-800 Nm^3/t fémbetét között változnak a hidegszeles kupolóknál, és 500-700 Nm^3/t fémbetét között a forrószeleseknél. Az el nem égett torokgázok összetétele a 3.6. táblázat szerinti lehet.

Alkotók	Térfogat %
CO_2	10-18
CO	05-15
H_2	<1
SO_2	<0,05
N_2	Maradék

3.6. táblázat A kupolókemence el nem égett torokgázainak összetétele
[32, CAEF, 1997]

Az adagolóajtó felett az elszívott gáz térfogata kettő-ötszöröse lehet a torokgázénak, a hígított gáz célhőmérsékletétől (mely az alkalmazott porleválasztó berendezés fajtájától függ), és rekuperatív forrószeles kupolókemence esetében, utánégető kamra jelenlététől függően. Tipikus gázáram értékek hidegszeles kupolókemencéknél 3 000-4 000 Nm^3/t fémbetétet tesznek ki, mely érték forrószeles kemencéknél 900-1 400 Nm^3/t fémbetét, ha utánégetést alkalmaznak. A gáz összetételét a hígítás mértéke (természetes huzat vagy ventilátor), a CO spontán elégésének foka, vagy maga az utánégetés határozza meg, melyet teljes vagy részleges mértékben lehet végrehajtani. [32, CAEF, 1997]

A fő égésgáz-alkotók kibocsátási adatait a 3.7. táblázat tartalmazza. Különböző olvasztási teljesítményű hidegszeles és forrószeles kupolókemencék vannak felsorolva. A táblázat azt is mutatja, hogy a torokgázt az adagolóajtó alatt vagy felett szívják el. A forrószeles rendszerek kisebb SO_2-kibocsátási értékeket mutatnak. A dezintegrátor jobb portalanítási teljesítményt mutat, mint a venturi mosó. Az utánégetés alkalmazása világosan hatással van a CO és az NO_x-tartalomra egyaránt, optimális munkafeltételek mellett. A teljes mérési kampány elemzése azt mutatja, hogy a forrószeles kupolókemence optimálisnál rosszabb működtetése nagyobb CO-kibocsátást: 2 000 mg/Nm^3-t eredményez, az optimális 2-20 mg/Nm^3-el szemben. A VOC (illékony szerves vegyületek) és PAH (policiklikus aromás szénhidrogének) kibocsátása ennek megfelelően nő.
[110, Vito, 2001]

Kupoló-kemence típus	Kapacitás t/h	Elszí-vás típusa	Gáz-áram m^3/h	Porleválasztó berendezés	Por mg/Nm^3	SO_2 mg/Nm^3	CO mg/Nm^3	NO_x mg/Nm^3	HF mg/Nm^3	O_2 térf.%
Forrószeles[1)]	19	Aa	29 000	Venturi[1)]	41	21	17 798	21	Nincs adat	11
Forrószeles	20	Aa	40 000	Dezintegrátor	5	57	712	11	Nincs adat	11
Forrószeles	24	Aa	46 445	Zsákos szűrő	1,1-1,4	20	14-17	70-75	7	11
Forrószeles	25	Aa	35 000	Venturi	36	28	21	16	Nincs adat	11
Forrószeles	60	Aa	75 000	Dezintegrátor	5	58	9	7	Nincs adat	11
Hidegszeles	3,2	Af	12 000	Zsákos szűrő	10	401	5 084	16	1	11
Hidegszeles	5	Af	23 000	Zsákos szűrő	6	434	28 558	63	Nincs adat	11
Hidegszeles	8	Af	20 000	Zsákos szűrő	20	401	936	36	Nincs adat	11
Hidegszeles	9	Aa	22 000	Zsákos szűrő	4	105	17 286	60	Nincs adat	11

1) Régi rekuperátorral üzemelve
Aa = adagolóajtó alatti elszívás, Af = adagolóajtó feletti elszívás
Minden adat folyamatosan kijelzett napi átlagérték.

3.7. táblázat Különböző porleválasztó berendezésekkel ellátott forrószeles és hidegszeles kupolókemencék kibocsátási adatai
[29, Batz, 1986], [202, TWG, 2002], az adatok 11% O_2-re átszámítva

Száraz porleválasztó berendezések (vagyis zsákos szűrők) használata ≤20mg/Nm^3 por-kibocsátást eredményez. Olasz öntödék inventár adatai azt mutatták, hogy 30 mg/m^3-nál kisebb (0,1-32 mg/m^3) porkoncentrációt értek el zsákos szűrők használatával. A nedves mosók 80 mg/m^3-ig terjedő (5,4-78 mg/m^3) porkibocsátást adnak [180, Assofond, 2002]. 68-94 mg/m^3 értéket jelentettek egy nedves mosót alkalmazó német kupolónál (ld. a 3.4. táblázatot).

3.2.2.4. Kupolósalak

A salakok olyan oxidokat tartalmaznak, melyek a folyékony vason úsznak, és melyek a betétanyagok szennyeződéseiből, a kemence tűzálló bélésének kopásából, a koksz hamujából és a fémbetét leégéséből származnak [225, TWG, 2003]. A salakokat olyan kötőanyagok hozzáadásával kötik meg, mint pl. a vermikulit. A kupolósalak tipikus összetétele a 3.8. táblázatban található. A kupolókemence jellemzően 40-80 kg salakot termel folyékony vas tonnánként.

Vegyület	%
SiO_2	45-55
CaO	25-40
Al_2O_3	8-20
MgO	1-3
MnO	1-4
FeO	1-6
Szulfidok	<1
TiO_2	<1
ZnO	<0,1

3.8. táblázat Tipikus kupolósalak összetétel
[172, Neumann, 1994], [156, Godinot, 2001]

A kupolósalak 30% tűzálló anyagból, 10% homokból (a visszatérő saját hulladékról), 40% CaO-ból (a salakképzőből), 10% kokszhamuból és 10% leégett anyagból áll.

A kupolósalak fontos tulajdonsága nagy SiO_2 tartalma. Hirtelen lehűtés után a salaknak üveges szerkezete van. Ez inert, nem kilúgozódó anyag.

3.2.2.5. Tűzállóanyag-hulladék

A kupolókemencének különleges jellemvonása az, hogy a bélésanyag (kvarc-agyag keverék) az olvasztózónában csak egy olvasztási kampányt bír ki. A tűzálló bélés többségi része salakká alakul. Az a mennyiség, melyet el kell távolítani, és hulladékként kell kezelni sokkal kisebb, mint a bevitt mennyiség.

3.2.3. Villamos ívkemence

Bevitel	**Kibocsátás**
- vasanyag (acélhulladék, visszatérő saját hulladék, forgács, nyersvas) - ötvözőanyag (ferroötvözetek) - salakképző (mészkő) - energia (villanyáram, gáz, olaj) - oxigén - elektródák	- fémötvözet (acél) - por (fémtartalom, tűzálló anyag) - NO_x, CO_2, CO - szerves légszennyezők, HC - fémoxid-füst, - salak (CaO, SiO_2, MgO) - tűzállóanyag hulladék

3.2.3.1. Bevitel

Egy tonna acél megolvasztásához és hőmérsékletének öntési hőmérsékletre növeléséhez 500-600 kWh villamos energiát használnak fel. A kemencék rendszerint 500 kVA/t teljesítményre méretezettek, mely mintegy 1,5 óra olvasztási időt jelent.

Az elektródák grafitból vannak és elhasználódnak üzem közben, az oxidáció, az elgőzöltetés és törés eredményeképp, és azokat szükség szerint pótolni kell. Egy 3 tonnás kemencéhez tipikusan 200 mm átmérőjű elektródákat használnak. Az elektródafogyasztás fontos tényezője az ívfényes olvasztás költségeinek, és nagysága 3-10 kg/t olvasztott acél között mozog, a gyártott acél típusától és az alkalmazott gyakorlattól függően. [174, Brown, 2000]

3.2.3.2. Por

A porkibocsátás irodalmi adatok szerint 2-20 kg/t vaslapú betét között változik, 5-8 kg/t átlaggal. A legnagyobb kibocsátási értékeket az olvasztási ciklus elején, a dekarbonizációs kezelés és hátsó adagolás alatt jegyezték fel [173, Huelsen, 1985]. A részecskék mérete 1 µm-nél kisebbtől 100 µm-ig terjed, melynél 50% kisebb, mint 3-5 µm. Oxigénes kezelés alatt egy elemzés 90% 5 µm-nál kisebb méretű frakciót mutatott.

A szemcsés anyagok kémiai összetétele vonatkozásában a mérési adatok még nagyobb szórása figyelhető meg. A 3.9. táblázat áttekintést ad az irodalomban jelentett adatokról.

Alkotó	Tömeg %
$FeO+Fe_2O_3$	30-60
SiO_2	5-35
CaO	1-15
MgO	0-15
ZnO	0-16
Cr_2O_3	0-8
MnO	2-10
Al_2O_3	0-5
MoO_3	<1
NiO	<1
Pb	<1
Cd	<0,01
TiO_2	<0,05
V_2O_5	<0,05
Izzítási veszteség	0-4

3.9. táblázat Acélöntödei villamos ívkemence porának kémiai összetétele
[32, CAEF, 1997]

A kemencepor összetétele elsősorban a gyártott acélfajtától függ. Gyengén ötvözött acél olvasztásánál például nem képződik króm, vagy nikkel tartalmú kibocsátás, mint ahogy a rozsdamentes acélénál. Egy másik fontos tényező a hulladék minősége. Galvanizált acélhulladék olvasztásánál jelentékeny cink-oxid kibocsátás keletkezik.

Megfelelő ernyőzet alkalmazása a kemencéhez lehetővé teszi a kemencepor 90%-ig terjedő mennyiségének felfogását. A felfogott gázt tisztítani kell, rendszerint zsákos szűrő használatával. Ez 10 mg/m^3-nél kisebb értékre csökkenti a kibocsátást.
[29, Batz, 1986]

3.2.3.3. Látható füst

Látható füstkibocsátás a forró kemence adagolása közben és az olvasztási ciklus elején keletkezik. A rendelkezésre álló irodalom nem adja meg ennek a másodlagos kibocsátásnak a mennyiségét és összetételét. A füst természete ismét az adagolt betétanyag tisztaságától függ, különös tekintettel az olaj, zsír, festék és egyéb szervesanyag tartalomra.

3.2.3.4. Füstgázok

A villamos ívkemencéket főként acélolvasztáshoz használják. Ezek elsődlegesen porkibocsátást és gáz alakú olyan vegyületeket képeznek, mint a nitrogén-oxidok, szén-monoxid és szerves vegyületek. A szerves vegyületek a betétanyag szennyeződésének típusától és mennyiségétől függenek. Az öntödében betétanyagként használt nyersanyagokat úgy választják meg, hogy azok általában nem tartalmaznak olyan anyagokat, melyek dioxinokat képezhetnek. A szervesanyagok ártalmatlan anyagokká bomlanak el, amennyiben nem alkalmaznak utánégetés nélküli hulladék előmelegítést. [29, Batz, 1986]

A fő égésgáz alkotók kibocsátási adatai a 3.10. táblázatban találhatók. Olasz öntödékből származó feljegyzett adatok 10 mg/Nm^3-nél kisebb (1,2-8,3 mg/Nm^3) porszintet mutattak, zsákos szűrők használata mellett. A nedves mosók használata 25 mg/Nm^3-nél kisebb (12-24,5 mg/Nm^3) porkibocsátást eredményezett. [180, Assofond, 2002]

	Kapacitás t/adag	Gázelszívás	Áram m^3/h	Porleválasztó berendezés	Por mg/Nm^3	SO_2 mg/Nm^3	CO mg/Nm^3	NO_x mg/Nm^3	HF mg/Nm^3	O_2 mg/Nm^3
Vill. ívkem.	50	TE	265 000	Zsákos szűrő	2	n.a.	n.a.	50	n.a.	20
Vill. ívkem.	2X50	TE	380 000	Zsákos szűrő	4	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	20
Vill. ívkem.	10	RE	160 000	Zsákos szűrő	1	1	200	5	0,1	20
TE :teljes ernyőzet; RE: részleges ernyőzet; n.a.: nincs adat										

3.10. táblázat Villamos ívkemencék tipikus kibocsátási értékei
[29, Batz, 1986]

Olvasztás és finomítás közben CO képződik a grafit elektródák és a fürdő szén-tartalmának oxidációjából. Becsült értékek 6 és 20 Nm^3/t (vagy 7,5-25 kg CO/t) között vannak, az adagolt anyag kezdeti szén-tartalmától és a kezelés után megkívánt szén-tartalomtól függően. Az oxigénbefúvás bizonyos mennyiségű vas-oxid (vörös füst) kibocsátását okozza a fémfürdőből. Nem jelentettek jelentékeny kibocsátást. [32, CAEF, 1997]

3.2.3.5. Salakok

A villamos ívkemencék salakjainak kémiai összetétele a 3.11. táblázatban található. Az értékek 3 minta elemzésére vannak alapozva.

Vegyület	Átlag (%)	Tartomány (%)
SiO_2	36,2	28,6-41,8
CaO	12,4	7,2-17,7
MgO	22,1	18,3-27,0
Ai_2O_3	8,4	7,4-10,i
FeO	0,7	0,5-1,0
MnO	14,8	4,0-29,6
TiO_2	1,2	0,39-2,7
Na_2O	0,3	0,11-0,57
K_2O	0,1	0,1-0,23

3.11. táblázat A villamos ívkemence salakjának kémiai összetétele
[171, The Castings Development Centre, 1999]

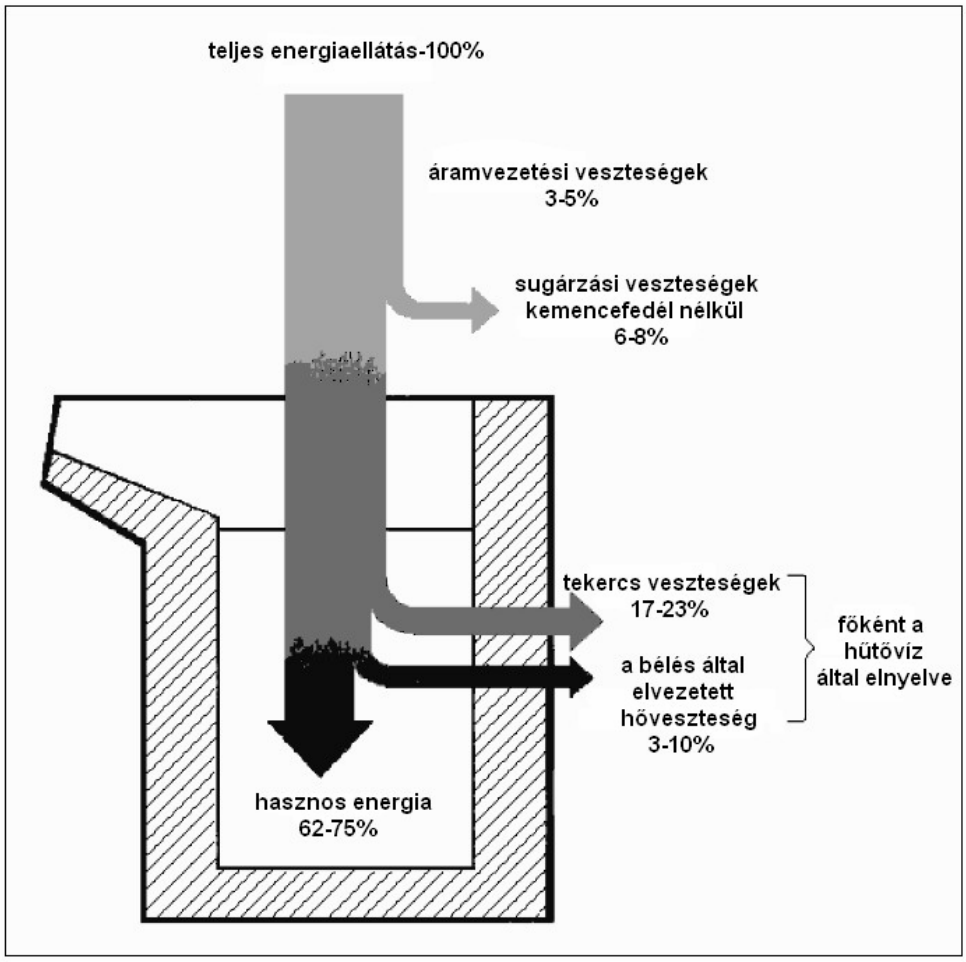
3.2.4. Indukciós kemence

Bevitel	**Kibocsátás**
- vasanyag (nyersvas, acélhulladék, forgács, visszatérő saját hulladék) - ötvözőanyag (ferroötvözetek) - karbonizáló anyag, salakképző - energia (villanyáram) - hűtővíz	- vasötvözet (öntöttvas, öntött acél) - por - szerves és fémtartalmú füst - CO - salak - tűzállóanyag hulladék

3.2.4.1. Tégelyes indukciós kemence

3.2.4.1.1. Energia-bevitel

A tégelyes indukciós kemence egy tonna vasat meg tud olvasztani, és a folyékony vasat 1 450°-ra túlhevíteni kevesebb, mint 600 kWh villanyáram felhasználásával. A gyakorlatban azonban csak kevés öntöde tudja elérni a fajlagos felhasználásnak ezt a szintjét hétről hétre. A tényleges energiafelhasználás a kemence munkavezetése szerint változik. Nagy, napi 24 órán át olvasztó, és folyékony tócsát használó kemencék elérhetik a 600 kWh/t értéket. Az öntödék értékelése azt mutatja, hogy az 520-800 kWh/t fémbetét felhasználási szintek az általánosak, ahol az eltéréseket az egyedi olvasztási technikák közötti különbségek okozzák, mint pl. az az ütem, mely szerint az öntősor fogadni tudja a folyékony fémet, illetve, hogy a kemencefedelek használata hatásos-e. Az energia megtakarítási intézkedések figyelembe vétele lehetővé teheti az 550-650 kWh/t fémbetét értékek elérését. A tégelyes indukciós kemence jellegzetes hőveszteségeit a 3.2. ábra mutatja.
[47, ETSU, 1992], [174, Brown, 2000], [202, TWG, 2002]



3.2. ábra Egy hálózati frekvenciás, tégelyes indukciós kemence tipikus energiaveszteségei
[47, ETSU, 1992]

3.2.4.1.2. Por

Az irodalom 0,06-1 kg por/t fémbetét kibocsátási értékeket jelöl meg, de jelenleg a 0,04-3 kg por/t fémbetét értékek a tapasztalati adatok. A legnagyobb porkibocsátás adagolás közben és az olvasztás kezdetén történik. A porszemcsék mérete 1-100 μm között mozog, ahol több, mint 50%-nyi mennyiségük kisebb mint 10-20 μm méretű. [32, CAEF, 1997], [202, TWG, 2002]

Egy német indukciós kemencéket üzemeltető öntöde porkibocsátását és szemcseeloszlását a 3.12 táblázat tartalmazza.

Füstgáztisztítás	Térfogat (m^3/h)	Összes por (mg/m^3)	PM_{10} (%)	$PM_{2,5}$ (%)
Ernyőburkolat és zsákos szűrő	10 400	kb. 0,4	78	50

3.12. táblázat Indukciós kemence kibocsátása és porának szemcseeloszlása
[202, TWG, 2002]

Ami a por kémiai összetételét illeti, nincs közölt adat az acélolvasztást illetően, de ok van arra, hogy azt higgyük, hogy közel van az öntöttvas olvasztása közben kibocsátott poréhoz, ahogy azt a 3.13. táblázat mutatja. A Zn, Pb vagy Cd jelenléte kohászati füst képződéséhez vezet az adag olvasztása közben.

Alkotórész	Tömegarány (%)
$FeO+Fe_2O_3$	30-70
SiO_2 (a bélés anyagától függően)	5-25
MnO	<5
Al_2O_3 (a bélés anyagától függően)	3-10
CaO	<1
ZnO (a betétanyagtól függően)	<5
Fémoxidok (a betétanyagtól függően)	<0,1
Izzítási veszteség	0-10

3.13. táblázat Vasöntödei indukciós kemencék porának kémiai összetétele
[32, CAEF, 1997]

3.2.4.1.3. Füstgázok

A vas és acél indukciós kemencében való olvasztása kis kibocsátást eredményez a kupolókemencékével összehasonlítva. Különösképpen a fosszilis tüzelőanyagok elégetése következtében fellépő kibocsátások nem jelentkeznek. A távozó gázok felfogásának 90%-ig terjedő hatékonysága lehetséges olyan különleges elszívó és felfogó rendszerek használatával, mint a peremelszívók, a mozgatható burkolatok és a kemence részleges beburkolása. Ezekben az esetekben 5 mg/Nm^3 -nél kisebb kibocsátási értékek kaphatók. [225, TWG, 2003]. A tipikus kibocsátási adatok a 3.14. táblázatban találhatók.

	Kapacitás A kemencék száma x t/adag	Füstgáz felfogás	Áram m^3/h	Porlevá-lasztó berend.	Por mg/m^3	SO_2 mg/m^3	CO mg/m^3	NO_x mg/m^3	HF mg/m^3	O_2 térf.%
Ind. kem.	(2x10)+(3x3)	Perem-elszívás	54 000	Zsákos Szűrő	5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	21

3.14. táblázat Vasöntödei indukciós olvasztókemence tipikus kibocsátási adatai
[29, Batz, 1986]

Olajos hulladék vagy fúróforgács adagolása a hideg kemencébe szerves gőzök jelenlétéhez vezet a füstgázban, melyek nem fognak elégni, mert az olvasztási ciklus elején képződtek. Az ilyen hulladék adagolása a folyékony fürdőhöz (vagyis a folyékony tócsa alkalmazásánál) nagyon veszélyes lehet, mert kis robbanások történhetnek a fémfürdőben, mely azután fémcseppek és szikrák kemencéből való kifröccsenéséhez vezethet.

Mivel alkalmazási területe korlátozott az öntödei területen, nem vettük figyelembe az áramfejlesztés kibocsátási adatait.

3.2.4.1.4. Salakok

Az indukciós kemence salakjának tipikus összetétele a 3.15. táblázatban van megadva. Az indukciós kemencékben 10-20 kg salak képződik fémbetét-tonnánként. A salak mennyisége a betétanyag minőségétől függ. A megadott alsó határ arra az esetre vonatkozik, amikor a visszatérő saját hulladékot megtisztítják (szemcse-szórják) újraolvasztás előtt.

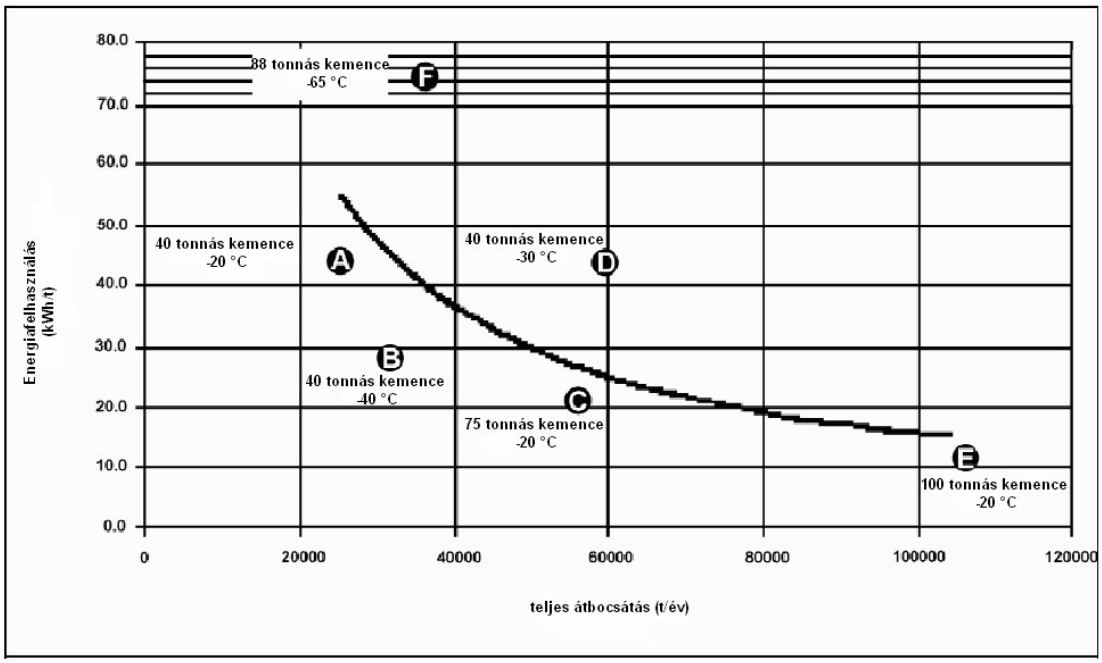
Vegyület	**%**
SiO_2	40-70
FeO	10-30
Al_2O_3	2-15
MnO	2-10
CaO	0-3

3.15. táblázat Indukciós kemence salak tipikus összetétele
[172, Neumann, 1994.

3.2.4.2. Csatornás indukciós kemence

A vasöntödékben a csatornás indukciós kemencéket főként hőn tartó kemenceként használják. Ez lehet a kemenceválaszték forrószeles kupolókemencével együttes duplex üzemhez. Ebben az estben feladata a fém kémiai összetételének fenntartása vagy homogenizálása, vagy puffertartályként kell szolgálnia a folyékony fém részére az öntéshez. A kemencének nem feladata a fémhőmérséklet növelése, de feladata a nemkívánatos hűlés megakadályozása.

A 3.3. ábra bemutatja egy jellemző csatornás indukciós kemence energiafelhasználását. Az energia-felhasználás az olyan eljárás vonatkozású paraméterektől függ, mint a hőntartási idő. A grafikon bemutatja, hogy az energia-felhasználás az éves tonnamennyiség növekedésével csökken. A szélsőséges értékek 80-20 kWh/t átbocsátás közöttiek.



3.3. ábra A csatornás indukciós kemence energiafelhasználása (kWh/t) az átbocsátott tonna mennyiség és a hőmérsékletveszteség függvényében
[140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001]

3.2.5. Forgódobos kemence

Bevitel	**Kibocsátás**
- vasanyag (nyersvas, acélhulladék, forgács, visszatérő saját hulladék) - ötvözőanyag (ferroötvözetek) - karbonizáló anyag, salakképző - energia (villanyáram, olaj, gáz) - hűtővíz	- vasötvözet (öntöttvas) - por - szerves és kohászati füst - salak - tűzállóanyag-hulladék

3.2.5.1. Bevitel

Ahogy a villamos olvasztás esetében, a felhasznált energiaforrás a forgódobos kemencénél is lehetővé teszi a tiszta folyamatot, különösképpen földgáz vagy propángáz használata esetén. Az adagolt hulladék szennyezettségének foka ismét nagyon fontos a keletkező kibocsátás természete és mennyisége szempontjából. Ez a tény megmagyarázza, hogy miért nem létezik egységes kibocsátási minta, és a mérési adatok miért mutatnak széles szórást.

3.2.5.2.1. Por

A por betétanyaghoz tapadt piszokból, a bélés kopásából az adagolás és olvasztás közben, valamint az ötvözőelemek és az elegyhez hozzáadott adalékok leégéséből ered. A jelentett adatok 0,3-2,9 kg por/t fémbetétig terjedő teljes körű kibocsátást mutatnak. A szemcseméret viszonylag kicsi, kisebb mint 1 µm-től 100 µm-ig terjedő, ahol a <1µm méretű mennyisége 20%, és a <10µm méretű mennyisége 60%, továbbá a teljes mennyiség 95%-a <50 µm. [32, CAEF, 1997], [204, Carnicer Alfonso, 2001]

A forgódobos kemence porának kémiai összetétele a 3.16. táblázatban található.

Vegyület	%
Vas-oxidok	50-75
MnO	<1
SiO_2	<1
MgO	1-2
Cr_2O_3	<0,5
ZnO	<1
Pb	<0,5
Sn	0,2
Izzítási veszteség	5-10

3.16. táblázat Vasöntödei forgódobos kemence porának kémiai összetétele
[204, Carnier Alfonso, 2001]

3.2.5.3. Füstgázok

A CO_2-képződés becsült értéke 120 kg/t fémbetét. A kemence termikus hatásfoka igen jó, 50-65%[2] a kapacitástól függően. Ezt a jó hatásfokot égető közegként oxigén használatával érik el levegő helyett. A redukáló láng körülményei között a tüzelőanyag vagy gáz égése tökéletlen lehet, O képződhet. Azonban ezen a ponton a füstgázok 1 500˚C hőmérsékleten hagyják el a kemencét, és a CO spontán elég, amikor a környező levegővel találkozik, melyet a gázok hűtésére használnak.

Ha kéntartalmú tüzelőolajat használnak, a SO_2-kibocsátás jelentékeny lehet. Azonban a földgáz vagy propángáz használata nem okoz jelentékeny SO_2-kibocsátást.
50-250 ppm NO_x-kibocsátást mértek egy 5 tonnás kemence füstgázaiban. Az NO_x az atmoszférikus levegő oxidációjából ered nagy lánghőmérsékleteknél (2 800˚C), ha környezeti levegő szivárog be a kemencébe az égő ajtaján keresztül. A NO_x-képződés jelentékeny az oxidáló láng melletti üzemeltetésnél, de csak kicsi a redukáló láng melletti üzemnél. Nem történt jelentés a széntartalmú kibocsátásokat illetően, valószínűleg a kemencében uralkodó nagy lánghőmérséklet és a viszonylag tiszta betétanyag következtében. [32, CAEF, 1997]

Vasolvasztó forgódobos, egyszerű tüzelőolaj/levegő égővel és utánégetéssel üzemelő kemencéknél a porkibocsátás csúcsértéke mintegy 250 mg/m^3 rövid időszakra (3 másodpercig folyamatosan, de megszakításokkal is egy percen keresztül) az olvasztási ciklus szilárd fázisai alatt. Ezután, mihelyt az adag folyékonnyá kezd válni, a porkibocsátás 30 mg/m^3-nél kisebb értékre csökken a normális működés közben. A kibocsátás folyamatosan 150-200 mg/m^3 szinten maradhat az olvasztás szilárd fázisa alatt. 40% éghető kibocsátás szokásos érték. A forgódobos kemencék csúcsértékű kibocsátásai legalább 80% el nem égett tüzelőanyagot tartalmaznak az adagolási műveletek alatt, amikor a fő kemenceégőt kioltják és újraindítják. Az említett kibocsátások csak arra vonatkoznak, ha mindig, adagolás közben is, a füstöt az utánégetőn keresztül vezetik, melyet teljes működésben tartanak [163, UK Environment Agency, 2002]. A következő nyersgáz-porszinteket jelentették egy utánégető nélküli, oxigáz fűtésű, forgódobos kemencére vonatkozóan: 400-450 mg/Nm^3 átlagos porterhelés a két különböző olvasztási fázison keresztül. Ezek a fázisok egy szilárd fázis 150 mg/Nm^3 porkibocsátással, és

[2] Ez a helyzet, ha az oxigénfejlesztés energiaszükségletét nem vesszük figyelembe. Az oxigénfejlesztésével együtt a hatásfok 10-15%-al kisebb. Továbbá, ha a kiégett elemek (C, Si) pótlását is számításba vesszük, az elsődleges hatásfok csak 30-35%.

egy folyékony fém fázis 1500 mg/Nm^3-ig terjedő csúcsértékkel a forgatás kezdetén, és 600-700 mg/Nm^3-el a rendes üzemen keresztül. [204, Carnicer Alfonso, 2001]

Jellemző kibocsátási adatok találhatók a 3.17. táblázatban. Ezeket egy 1,4 t/h teljesítményű füstgáztisztító berendezés nélküli vasolvasztó kemencénél gyűjtötték össze. Olasz öntödék feljegyzett adatai 15 mg/Nm^3 (0,6-14,6mg/Nm^3) porszintet mutattak zsákos szűrők használata mellett. [180, Assofond, 2002]

Paraméter	Mért érték	Paraméter	Mért érték
Gázáram (Nm^3/h)	9 000	Klór (mg/Nm^3)	0,01
Kapacitás (t/h)	1,4	Dioxinok (ngTEQ*/Nm^3)	0,018
SO_2 (mg/Nm^3)	70±60	PAH** (ng/Nm^3)	
NO_x (mg/Nm^3)	200±200	Naftalin	548
CO (mg/Nm^3)	20±10	Fenantrén	269
Szénhidrogének (mg/Nm^3)	<1	Antracén	9
HCl (mg/Nm^3)	1,64	Fluorantén	102
HF (mg/Nm^3)	0,91	Pirén	55
Por (mg/Nm^3)	220	Benzo(a)antracén	10
Higany (mg/Nm^3)	0,35	Benz(a)fluorantén	3
Kadmium (mg/Nm^3)	0,001	Krizén	73
Tallium (mg/Nm^3)	<0,0015	Benz(b)+(k)fluorantén	39
Arzén (mg/Nm^3)	0,0002	Benz(a)pirén	12
Nikkel (mg/Nm^3)	0,015	Benz(a)pirén	20
Kobalt (mg/Nm^3)	0,0001	Indeno(1,2,-cd)pirén	10
Ólom (mg/Nm^3)	0,38	Dibenzo(a,h)+(a,c)antracén	3
Króm (mg/Nm^3)	0,022	Benz(g,h,i)pirilén	11
Réz (mg/Nm^3)	0,196	Pirilén	4
Mangán (mg/Nm^3)	0,38	Antantrén	3
Antimon (mg/Nm^3)	<0,0001		
Vanádium (mg/Nm^3)	0,011		
Ón (mg/Nm^3)	0,0187		
Szelén (mg/Nm^3)	<0,0001		
Platina (mg/Nm^3)	<0,0006		
Palládium (mg/Nm^3)	<0,0029		
Ródium (mg/Nm^3)	<0,0016		
Cink (mg/Nm^3)	1,768		
Vas (mg/Nm^3)	64,63		

*TEQ = mérgezőségi egyenérték tényező
** PAH = policiklikus aromás szénhidrogén
- Az adatok füstgáztisztítás nélkül
- Három mérés eredményeinek átlaga, amikor a standard eltérés az adott érték >30%

3.17. táblázat Vasolvasztó, füstgáztisztítás nélküli, forgódobos kemence mért kibocsátási adatai
[110, Vito, 2001]

3.2.6. Argon oxigén dekarbonizáló (AOD) konverter

Bevitel	**Kibocsátás**
- folyékony acél - ötvöző anyagok (ferroötvözetek) - Al, FeSi, mészkő - O_2, N_2, Ar	- dekarbonizált acél - fém-oxid por és füst (Fe, Mn, Cr, Ni) - gázok (CO_2, CO, inert gázok) - salak (CaO, SiO_2, Al_2O_3)

3.2.6.1. Bevitel

Az AOD konvertert főleg kis széntartalmú rozsdamentes acélok, és különleges esetekben ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok gyártásához használják, az olyan szennyeződések eltávolítására, mint a szén, kén és oxidok, továbbá a nagy krómtartalmú rozsdamentes acélok dekarbonizálására. A feldolgozott anyag folyékony acél, melyet villamos ívkemencében vagy indukciós kemencében olvasztottak és azután öntötték a konverterbe üstökkel. A technika legáltalánosabb az acélgyártásban, de alkalmazzák öntödékben is, azonban csak kisebb mértékben. A dekarbonizáláshoz oxigént injektálnak a konverterbe, és ezzel oxidálják a szenet CO-gázzá, mely eltávozik a folyékony fémből. Energiaforrást nem használnak az oxigén és szén közötti égési reakcióból származó, és azután az oxigén és alumínium (és/vagy szilícium) közötti, a redukálás alatt képződő energia kivételével.

A szénfogyasztás 0,4 és 1% között változik, mely 50-120 m^3 CO/t acélnak felel meg, az oxigénfogyasztás pedig 25-60 m^3/t acél. A kén kiküszöböléséhez erősen bázikus salakot szükséges használni, teljesen redukált folyékony acélban. Redukáló anyagként alumíniumot, vagy szilíciumot és meszet adagolnak az AOD konverterbe. A felhasználási szintek az acélfajta fokozatától függenek, és a 3.18. táblázatban találhatók.

Vegyület	Fogyasztás (az acél tonnájaként)
CO	50-120 m^3
O_2	25-60 m^3
Al	1-2,5 kg
Mészkő	10-20 kg
Si	1-2 kg
Ar	1-5 m^3

3.18. táblázat Az acél AOD kezelésének fogyasztási szintjei
[202, TWG, 2002]

3.2.6.2. Por

A porkibocsátás hasonló a villamos ívkemencékéhez, mind mennyiségben, mind minőségben. Az AOD poroknak kisebb a hulladék adagolásából származó (szerves) maradékanyag tartalma, de nagyobb a fém-oxid (Cr, Ni) tartalma, mivel főként rozsdamentes acélt kezelnek az AOD konverterben.

3.2.6.3. Füstgázok

Az AOD konverter száján kiömlő füst szén-monoxidból és inert gázból áll. A szén-monoxid képződés aránya a beinjektált oxigén aránytól és az oxigén hatásfokától függ, vagyis a szénnel reagáló oxigén százalékától. Ez az oxigén hatásfok, vagy ahogy hagyományosan hívják az AOD üzemnél: „a szén eltávolítási hatásfok” változik az AOD fúvatás alatt a fürdő széntartalma, hőmérséklete kémiai összetétele és a beinjektált gázok keverékének megfelelően.

A CO és inert gázkeverék a konvertert megközelítően a fürdőével azonos hőmérsékleten hagyja el. Az edényből kilépő CO-keveréket feles levegővel keverik a CO CO_2-vé való teljes elégése érdekében, még az elszívó vezeték nagyon kezdeti szakaszában. Ezt az éghető, vagy robbanóképes keverékek az elszívó vezetékben való jelenlétének és a szűrőberendezésbe jutásának megakadályozására teszik.

3.2.6.4. Salakok

A salak különösképpen tiszta a fém-oxidoktól, az eljárás különlegességének köszönhetően, azokat általában elfogyasztja a fém. A salakösszetétel a 3.19. táblázatban található.

Vegyület	%
CaO	50-70
Al_2O_3	5-25
SiO_2	10-25
MgO	5-15

3.19. táblázat AOD salakösszetétel
[202, TWG, 2002]

3.2.7. Vákuum oxigén dekarbonizáló konverter (VODC)

A VODC eljárás a csökkentett nyomás alatti dekarbonizálás. Sokkal kevésbé használatos, mint az AOD eljárás. A vákuumos eljárások (villamos ívkemence/vákuum) 5,8%-át tették ki a nyugati világ rozsdamentes acéltermelésének 1991-ben. A technika 1 Nm^3 argont fogyaszt az acél tonnánként, kis króm-oxidációval jár, és szilícium-felhasználása 3-5 kg/t. A VODC eljárás szélsőségesen kis szén- és nitrogéntartalmú fajták készítését teszi lehetővé. [D202, TWG, 2002]

3.2.8. Acélfinomítás és kezelés

A dezoxidáláshoz rendesen alumíniumot használnak pálca alakban. Az adalékok 0,1%-tól változnak az ötvözetlen acélnál, 0,2 %-ig a gyengén ötvözött acélnál. A kihozatal 35% és 80% között van. Az alumínium huzal gépi adagolása is használatos. [174, Brown, 2000]

3.2.9. Öntöttvas kezelés

3.2.9.1. Grafitgömbösítés

A különböző grafitgömbösítő módszerek hatásfoka, füstgáz képzésének és bonyolultságának összehasonlítása a 3.20. táblázatban van összefoglalva.

	Sandwich	**Tundish Cover**	**Merülő harangos**	**Átöntéses**	**Huzal injektálásos**	**Inmold**	**Duktilátor**
Mg felvételi hatásfok (%)	35-50	45-60	40-60	40-50	20-50	70-90	60-75
Füstgáz-képződés	Nagy	Kicsi	Kicsi	Kicsi	Kicsi	Nincs	Nagy
Megjegyzés	Könnyű Kezelés	Optimalizált sandwich, de több karban-tartás	Nagy kar-bantartási igény	Nagy kar-bantartási igény	Drága beruházás	A beömlő-rendszer eltérő kialakítása	Nagy kar-bantartási Igény

3.20. táblázat A különböző grafitgömbösítő módszerek összehasonlítása
[110, Vito, 2001], [225, TWG, 2003]

3.3. Az alumínium olvasztása és fémkezelés

3.3.1. Az alumínium olvasztókemencéinek áttekintése

A 3.31. táblázat az alumínium olvasztókemencék tipikus kemencetulajdonságait, felhasználási és kibocsátási adatait mutatja. A kemencekapacitások és elrendezések széles terjedelme következtében az irodalmi adatok nem mutatnak mindig következetes fogyasztási skálát. A fogyasztási szintek nagymértékben függenek a kemence kapacitásoktól és azok olyan kihasználási körülményektől, mint a fém hőmérséklete és az adag sűrűsége.

A tiszta kiinduló anyagok használata és főként villamos vagy gázfűtés alkalmazása az olvasztásból viszonylag kis kibocsátási szintet eredményez. A füstgáz minőséggel kapcsolatos gondok csekélysége következtében kevés információ áll rendelkezésre a füstgáz összetételéről.

Az alumínium olvasztásánál nem keletkezik fémfüst, és fémveszteség is csak fölzék alakjában van. Ezt a veszteséget gyakran leégési veszteségnek nevezzük, és ez a fém oxidációja. Ez az oxidáció a fedő salakrétegtől és attól függ, hogy történik-e égés. A levegőnek a kemencébe való beszivárgásából és az égő hibás működéséből adódik. Az ilyen veszteségek költségei nagyok lehetnek, néha nagyobbak az energiaköltségeknél. [148, Eurofine, 2002]

Minden egyes különleges kemencetípus adatait részletesen tárgyaljuk a következő fejezetekben.

	Egységek	Forgódobos kemence	Lángkemence	Aknás kemence	Tégelyes kemence		
Altípus			Egy kamrás		Tüzelőanyag fűtésű	Ellenállás fűtésű	Indukciós
Energiaforrás		Tüzelőanyag (folyékony, gázalakú)	Tüzelőanyag (folyékony, gázalakú)	Tüzelőanyag (folyékony, gázalakú)	Tüzelőanyag (folyékony, gázalakú)	Villanyáram	Villanyáram
Termikus hatásfok[1]	%	15-40	<30-57	35-60	15-40	65	65-70
Elsődleges termikus hatásfok[2]	%	15-40	<30-57	35-60	15-40	22	22-25
Fajlagos energia igény[3]	KWh/t Al[4]	600-1250	975-1150	580-900 *610-720*	900-1200 *610-680*	750 *470-590*	475-640 *440-470*
Adagonkénti/folyamatos		Adagonkénti	Adagonkénti	Folyamatos	Adagonkénti	Adagonkénti	Adagonkénti
Olvasztási kapacitás	t	3-10	0,5-30	0,5-4(-15)	0,1-1,2	0,1-0,4	0,2-25
Befogadóképesség	t	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható	1,5-10	0,1-1,5	0,1-1,5	0,15-6
Olvasztási idő	h	2-4	3-4	0,5-1	0,5-1	4-5	0,2-0,5
Finomítási képesség		Kicsi	Kicsi	Kicsi	Jó	Nagyon jó	Kicsi
Leégési veszteség	%	Nincs adat	Nincs adat	1-3	1-2	1-2	1-2
Porképzés	kg/t Al	Nincs adat	<1	<1	<1	Kicsi	Kicsi
NO_x[5]	kg/t Al	Nincs adat	<1-6	<1-6	<1-6	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
Beruházási költségek[6]	1 000 EUR	Nincs adat	Nincs adat	190-370	20-50	12-100	190-500
Üzemeltetési költségek	1 000 EUR	Nincs adat	Nincs adat	20-100	3-20	15-45	35-150
Kibocsátás-csökkentési technikák		Zsákos szűrőház nagyobb berendezésekhez	Zsákos szűrőház nagyobb berendezésekhez	Zsákos szűrőház nagyobb berendezésekhez	Jellemzően nem szükséges a kis Kemenceméreteknek következtében	Nem szükséges	Nem szükséges

[1] Definíció: a folyékony fürdő hőtartalma és a tüzelőanyag által bevitt hő közötti arány; a mutatott értékek nagyságrendet adnak meg, de ez nagy mértékben függ az olyan kihasználási feltételektől, mint a fémhőmérséklet.
[2] Az áramfejlesztés (tüzelőanyagok) hatásfokának becsült értéke: 35%
[3] A hővisszanyerési intézkedésektől függ; az értékeket a [148, Eurofon, 2002]-től kaptuk.
[4] A KWh/t Al egység a folyékony alumíniumötvözetre utal
[5] Az égő konstrukciójától és üzemeltetésétől függ
[6] A hővisszanyerési intézkedésektől függ; csak az olvasztásra érvényes.
Az információk forrásai a következők: VDG belső áttekintés; Aluminium Taschenbuch, Band 2, 15. Auflage, Aluminium Verlag GmbH, Düsseldorf, 1996; Aluminium recycling, Aluminium Verlag GmbH, Düsseldorf, 2000; [148, Eurofine, 2002], comments CTIF

3.21. táblázat Alumíniumolvasztó-kemencék tulajdonságai és kibocsátási adatai
[148, Eurofine, 2002] és a CTIF valamint VDG megjegyzései

3.3.2. Aknás kemence

Bevitel	**Kibocsátás**
- alumíniumtömbök - energia - dezoxidáló és gáztalanító termékek	- folyékony alumínium - por - NO_x, CO - használt tűzállóanyag

A kibocsátási adatok jó öntvény tonnánként vannak megadva a következő feltételezésekre alapozva:

átlagos folyékony fém kihozatal	70 %	(öntvény/folyékony fém)
átlagos hulladék érték	5%	(hulladék a tisztításból/öntvény)
teljes fémkihozatal	0,7x0,95=66,5%	(jó öntvény/folyékony fém)

Egy 3 t/h teljesítményű, alumíniumolvasztó, aknás kemence fogyasztási és kibocsátási adatai 1 t jó öntvényre vonatkoztatva a 3.22. táblázatban találhatók. Ez megadja a füstgáz kibocsátás szintjét is a tisztítás nélküli nyersgázra vonatkozóan.

Bevitel	**Tonnánkénti érték**	**Nm^3-kénti érték**
Alumíniumtömbök	1 503 kg/t	
Földgáz	717 kWh/t	
Villamos energia	172 kWh/t	
Kibocsátás		
Salak (30-40% alumíniummal)	40,3 kg/t	
Használt tűzállóanyag	0,3 kg/t	
Kibocsátások (füstgáztisztítás nélkül)		
Szilárd részecskék	0,12 kg/t	112 mg/Nm^3
NO_x	0,18 kg/t	113 mg/Nm^3
VOC	0,12 kg/t	
SO_2	0,04 kg/t	
CO		150 mg/Nm^3
Pb+Cr+Cu		0,98 mg/Nm^3
Cd+Hg		0,01 mg/Nm^3
As+Ni		0,03 mg/Nm^3
Az adatok számított értékek tonna jó öntvényenként		

3.22. táblázat Bevitel és kibocsátás alumíniumolvasztó aknás kemencénél
[177, Silva Ribeiro, 2002]

A 3.23 táblázat egy 2 tonna kapacitású alumíniumolvasztó aknás kemence felhasználási szintjeit mutatja.

	Összes mért felhasználás	**Fajlagos felhasználás fémbetét tonnánként**
Adagolt fém	115 332 kg (54% tömb, 46% hulladék)	1 t
Csapolt fém	113 983 kg	0,988 kg/t
Fémveszteség	1 349 kg	0,012 kg/t-1,2%
Eltávolított fölzet	1 412 kg	0,012 kg/t-1,2%
Gázfogyasztás	92 786 kWh	804 kWh/t

3.23. táblázat Egy 2 tonnás kapacitású, alumíniumolvasztó aknás kemence 6 napos próbaüzemének eredményei
[48, ETSU, 1994]

3.3.3. Indukciós kemence

Bevitel	**Kibocsátás**
- alumínium tömbök, saját hulladék - villamos energia - hűtővíz	- folyékony alumínium - por - használt tűzállóanyag

Az alumíniumolvasztó indukciós kemencék befogadóképessége 500 kg-tól 2 tonnáig terjed, és 250-1 000 Hz közötti frekvencián működnek.

Egy berendezésnél például, két 1,5 t alumínium befogadóképességű acélköpenyes buktatható kemencét 1250 kW, 250 Hz árammal működtetnek egy átkapcsolóval, mely lehetővé teszi a kemencékben a váltakozó olvasztást. Ezzel a rendszerrel 1,5 tonnát tudnak olvasztani 40 perc alatt.

Az indukciós kemencék jó energia hatásfokú olvasztó-berendezések. Az olvasztás energiafogyasztására az adag tömörsége (sűrűsége) és a használt olvasztási gyakorlat van hatással. Az adagonkénti olvasztás kevésbé hatékony, mint a folyékony tócsa használata. Az 50%-os folyékony tócsa a leghatékonyabb. Az energiafogyasztás 540 kWh/t és 600 kWh/t között változik, nagy sűrűségű betét (kis darabos hulladék és tömbök) esetétől a kisebb sűrűségű betét (mint nyomásos öntési beömlők és tömbök) esetéig. Míg az energiafogyasztás kicsi az olvasztási költségek nagyobbak lehetnek, mint a gáztüzelésű kemencéknél, a villamos energia mint hőforrás nagyobb költségigénye következtében.[175, Brown, 1999], [148, Eurofine, 2002]

Az indukciós kemence tekercsének hűtésre van szüksége. A hűtővíz zárt körben folyhat, vagy egy nyílt, elpárologtatós rendszerben.

3.3.4. Sugárzó boltozatú (ellenállás fűtésű) kemence

Ezek az ellenállás fűtésű kemencék főként alumíniumötvözetekhez használatos hőn tartó kemencék. A kibocsátás a használt fémtől, a hőn tartás hőmérsékletétől, a felületterülettől, a „fém be”, „fém ki” gyakoriságától és különösképpen a hőn tartás idejétől függ. Az kibocsátások oly kicsik, hogy mérési adatok nem állnak rendelkezésre. [202, TWG, 2002]

3.3.5. Lángkemence

Lángkemencék különböző nagyságokban és alakokban léteznek. A nagy lángkemencékkel gyorsan lehet olvasztani, és zömök betétanyagot lehet beléjük adagolni, de a betétanyag és a láng közötti közvetlen érintkezés nagy fémveszteségekhez, gázfelvételhez és jelentékeny oxid-szennyeződéshez vezethet. A hőmérsékletszabályozás is nehéz lehet. Ezt a típusú kemencét kevésbé használják, viszonylag kis termikus hatásfoka (1100 kWh/t) miatt. A lángkemencét rézötvözetek olvasztásához is használják (ld. a 3.5.1. szakaszt). [175, Brown, 1999]

A 3.24. táblázat kibocsátási adatokat ad egy 450 kg/h teljesítményű, olajtüzelésű, alumíniumolvasztó, füstgázkezelő rendszer nélkül üzemelő, lángkemencéről.

Vegyület	Kibocsátás (mg/Nm^3)	Tömegáram (g/h)	Évi tömegáram (t/év)
O_2	17,6%		
CO_2	2,2%		
CO	<4	<24	<0,0438
NO_x	45	270	0,4928
SO_2	13	78	0,1424
Por	1	6	0,011
TOC (összes szerves C)	5	30	0,0548
Al	0,092	0,552	0,001
Füstgáz áram: 6 000 Nm^3/h (száraz); üzemórák száma: 1 825/év			

3.24. táblázat Egy olajtüzelésű, alumíniumolvasztó lángkemence kibocsátási adatai
[183, Goovaerts, 2002]

3.3.6. Tégelykemence (tüzelőanyag és villamos ellenállás fűtésű)

Bevitel	**Kibocsátás**
alumíniumtömbök, saját hulladék vagy folyékony ha hőn tartó kemenceként használják villamos energia vagy tüzelőanyag	folyékony alumínium por

A tégelyes kemencék közvetett fűtésűek, tüzelőanyag tüzelésű égők, vagy villamos ellenállás használatával. A tüzelőanyag fűtésű tégelyek termikus hatásfoka nem olyan nagy, mint a többi olvasztókemencéké, mert nehéz hasznosítani az égéstermékek hőjét. Viszonylag nem drágák, és mivel a láng nincs közvetlen kapcsolatban az olvadékkal, a fémveszteségek kicsik és az olvadék minősége jó, és az ötvözetváltást is könnyű végrehajtani. [175, Brown, 1999]

Alumíniumötvözeteknél a részecskék mennyisége durván 0,3 kg/t folyékony fém körülire becsülhető.[126, Teknologisk, 2000]

Egy 3t/h teljesítményű alumíniumolvasztó tégelykemence egy tonna jó öntvényre eső fogyasztási és kibocsátási adatai a 3.25. táblázatban találhatók.

Bevitel	
Földgáz	538 kWH/t
Villanyáram	414 kWH/t
Összes energia bevitel	952 kWH/t
Kibocsátás	
Salak	61 kg/t
Tűzállóanyag hulladék	6,87 kg/t
Kibocsátás (zsákos szűrőállomás után)	
NO_x	0,18 kg/t
SO_2	0,04 kg/t
VOC	0,12 kg/t
Por	0,12 kg/t
Minden adat 1 t jó öntvényre eső számított érték.	

3.25. táblázat Alumíniumolvasztó tégelykemence fogyasztási és kibocsátási adatai
[177, Silva Ribeiro, 2002]

3.3.7. Az alumínium fémkezelése

A gáztalanítás és tisztítás kombinációja forgólapátos állomás, mely általában argon vagy nitrogén 3% Cl-al való keverékét használja. Egyedül gáztalanításhoz az argon vagy nitrogén általában klór nélküli. Az alkalmazott gázáram és gáztalanítási idő a használt ötvözet típusától és a kezelőedény nagyságától függ. A módosító-, szemcsefinomító- és folyosítószer-fogyasztás az ötvözet típusától függ, de általában a 100 g-1 kg/50 kg folyékony fémig terjedő nagyságrendben van.

3.4. A magnézium és magnéziumötvözetek olvasztása és öntése

3.4.1. A magnéziumolvadék védelme

Takarógázként SF_6 és SO_2 használatos a folyékony magnézium oxidációjának (vagy égésének) megakadályozására. Mivel a SF_6 könnyebben kezelhető, mint a mérgező SO_2, az 1970-es évek közepén történt bevezetése után előnyben részesítették. A SF_6-nak 22 200 (100 éves időhorizont) globális felmelegedést okozó potenciálja van, és légköri élettartama 3 200 év. [194, UNEP IPCC, 2002]

A különböző üzemeltetési körülmények között használt SF_6 mennyiségek a 3.26. (nyomásos öntésnél) és 3.27. (kokillaöntésnél) táblázatban vannak megadva. Ezeket a koncentrációkat az olvadék felszínének közelében kell fenntartani. [191, IMA, et al.] A táblázatban foglalt értékeket ajánlja használni a gyakorlatban a SF_6 alkalmazásához a Nemzetközi Magnézium Szövetség (IMA). A gyakorlatban néha nagyobb koncentrációkat használnak (pl. 99.4% CO_2, 0,6% SF_6). [202, TWG, 2002]

Olvadék hőmérséklet (˚C)	**Olvadék fölötti légkör (térfogat %)**	**Felületmozgás**	**Maradék folyósítószer[1)]**	**Olvadékvédelem**
650-705	Levegő / 0,04 SF_6[2)]	Nincs	Nincs	Kitűnő
650-705	Levegő / 0,2 SF_6	Van	Nincs	Kitűnő
650-705	75 levegő / 25 CO_2 / 0,2 SF_6	Van	Van	Kitűnő
705-760	50 levegő / 50 CO_2 / 0,3 SF_6	Van	Nincs	Kitűnő
705-760	50 levegő / 50 CO_2 / 0,3 SF_6	Van	Van	Nagyon jó
[1)] Jelen lehet előző műveletekből [2)] Minimális koncentráció szabályozott körülmények között Megjegyzés: Száraz levegő (<0,1% H_2O) használandó a keveréshez				

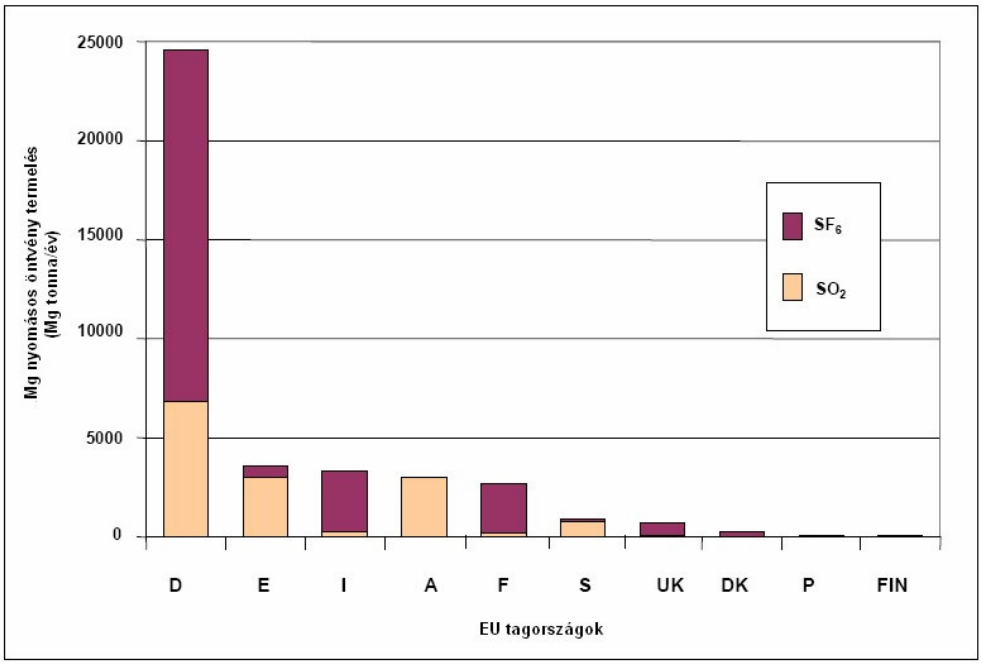
3.26. táblázat A SF_6 használata nyomásos öntésnél különböző üzemi körülmények között
[191, IMA et al.]

	Nyugodt (olvasztás/hőn tartás) kis gázáram		**Mozgatott (ötvözés/öntés) nagy gázáram**	
Tégelyátmérő (cm)	SF_6 (ml/min)	CO_2 (l/min)	SF_6 (ml/min)	CO_2 (l/min)
30	60	3,5	200	10
50	60	3,5	550	30
75	90	5	900	50
Megjegyzés: A javasolt gázáram 1,7-2% (térfogatszázalék) SF_6				

3.27. táblázat A SF_6 használata kokillaöntésnél
[191, IMA et al.]

Jelenleg a SF_6 egyetlen folyósítószer nélküli alternatívája a SO_2. Nyugodt olvadéknál a használat jellemzően 1-2% legyen a levegőben vagy a nitrogénben, 5-10 l/min gázáramnál. [182, Closset, 2002], [218, Harnisch és Schwarz, 2003]

2001-ben az EU teljes körű magnézium alkatrész termelése 39 100 tonnát tett ki, melynek 37%-át SO_2-al és 63%-át, vagyis 24 500 tonnát SF_6-al készítették. (ld. a 3.4 ábrát). Ezt a témát tovább tárgyaljuk a 4.2.7.1. szakaszban.



3.4. ábra Az EU államainak védőgáz (SO_2 vagy SF_6) alatti Mg nyomásos öntvény termelése t/év mértékben (2001. évi adatok)
[218, Harnisch és Schwarz, 2003]

3.4.2. Magnéziumolvadék kezelés

Az alumíniumtartalmú magnéziumötvözeteket hexaklór-etánnal kezelik szemcsefinomítás céljából. Ez a kezelés vonatkozik a homok-, és kokillaöntéssel készített ötvözetekre, melyek a teljes magnéziumötvözet mennyiség 10%-át teszik ki. A hexaklór-etán megkívánt mennyisége a gyártandó alkatrész típusától függ, és a meglevő adatok az egyedi öntödék tapasztalatain alapulnak. Megközelítő értékként 2 kg hexaklór-etánt jelentettek a magnéziumötvözetek alumínium-tartalmának tonnájaként. [178, Wenk, 1995]

3.4.3. Magnéziumhulladék

Egy Mg nyomásos öntödében a visszatérő saját magnéziumhulladék mennyisége közel egyenlő a jó nyomásos öntvényekével. A visszatérő saját hulladék 80%-a megfelel a hulladék minőségi fokozat első osztályának (ld. a 3.28. táblázatot).

Osztály	Leírás
1. osztály	Tiszta, tömör, ismert összetételű hulladék Beömlök és táplálók: tiszták Nyomásos maradványok: tiszták Selejtes öntvények: tiszták, bevonatmentesek
2. osztály	Hulladék öntvények, festve (részben Fe-, Al-betétekkel, réz- és nikkel-szennyezés nélkül)
3. osztály	Szennyezett, tömör fémhulladék (olajos, nedves, homokkal, rézzel, nikkellel, ferro-szilíciummal szennyezett), vagyis főként a felhasználásból visszakerült hulladék
4. osztály	Forgács: tiszta, száraz Forgács: olajos, nedves Pikkelyek, fáncok, beömlők: olajos, nedves
5. osztály	Fölzék (a fém felületéről)
6. osztály	Tégelysalak
7. osztály	Hulladéktartalmú folyósítószer, használt só
8. osztály	Nemfémes maradvány
9. osztály	Intermetallikusok (két vagy több fémes alkotóból álló ötvözetek)

3.28. táblázat A magnéziumhulladék minőségfokozati osztályai
[206, Ditze és Scharf, 2000]

3.5. A réz és rézötvözetek olvasztása és öntése

3.5.1. Olvasztó és öntő egységek

A rezet és a rézötvözeteket általában tégelykemencékben olvasztják. Ezek a kemencék általában a következő tartományokban működnek:

fémbetét	30-1 800 kg
kapacitás	30-400 kg/h
energiafelhasználás (olaj)	0,4 l/kg
energiafelhasználás (butángáz)	0,3 Nm^3/kg

Középfrekvenciás indukciós kemencéket is használnak kvarc vagy alumínium-oxid béléssel.

A 3.29. táblázat egy vízvezeték-szerelvényeket gyártó sárgaréz öntöde jellemző tömegmérlegét tartalmazza. Az adatok az olvasztás és kisnyomású öntés műveleteire vonatkoznak (de tisztítás, kikészítés nélkül). Minden adat eladott jó öntvényre vonatkozik. Az adatok gáztüzelésű, 1 t/h kapacitású, tégelykemencében történt olvasztás eredményeit tartalmazzák.

Bevitel	
Villamos energia	1 360 kWh
Propángáz	14
Sűrített levegő	48 kWh
Víz	85,7 l
Gáztalanító tabletták	0,6 egység
Dezoxidáló-szer	0,9 egység
Rézötvözet	0,44
Fedősó	0,31
Magok	286
Grafit festék	3,4
Kibocsátás	
Öntéshez nem használt homok	101
Öntéshez használt homok	6,7
Grafit festék	61,41
Cink por	0,075
Salak	36,3
Sárgaréz hulladék	57,1
Sárgaréz forgács	18,4
Kibocsátások (füstgáztisztítás nélkül)	
Por	3,9
VOC	3,3
SO_2	0,1
NO_x	0,03
Réz	0,081
Cink	26,3
Minden adat egy tonna eladott jó öntvényre vonatkozik; az adatok kg-ban vannak megadva, hacsak nincs másképpen megadva a táblázatban.	

3.29. táblázat Egy kisnyomású sárgaréz öntöde tömegmérlegének (olvasztás+kisnyomású öntés) adatai
[177, Silva Ribeiro, 2002]

A rézötvözetek esetében a kibocsátott por mennyisége nagymértékben az ötvözet cinktartalmától függ. Irányvonalként a 3.30. táblázat megmutatja a kapcsolatot a kibocsátott részecskék mennyisége és a cinktartalom között.

	Zn-tartalom (%)	**Porkibocsátás (kg/t folyékony fém)**
Bronz	0-7	0,3-1,5
Sárgaréz	20-40	0,5-16

3.30. táblázat Porkibocsátás rézötvözetek tégelykemencében való olvasztásánál
[126, Teknologisk, 2000]

A salak- és fölzetképződés kereken 60 kg/t folyékony fém. Ez az érték hasonló az indukciós és lángkemencében való olvasztásnál és a különböző rézötvözeteknél. A salak összetétele az olvasztott ötvözet típusától függ. Általában a réztartalom a 45-55% tartományba esik. Állandó salakminőséget lehet kapni az öntöde különböző salaktípusainak specifikus keverésével. Ez az állandó minőség szükséges a külső visszaforgatásához.

A tűzállóanyag-hulladék képződése 8-9 kg/t folyékony fém az indukciós olvasztásnál, és 7,5 kg/t folyékony fém olajtüzelésű lángkemencében történő olvasztásnál.
[34, Binninger, 1994]

3.5.2. A réz és rézötvözetek fémkezelése

Ha inert gáz átbuborékoltatást használnak a réz gáztalanításához, 50-70 liter gázt használnak minden 100 kg rézhez. Egy alternatíva különleges tabletták vagy brikettek használata. A gáztalanító kezelés 3-10 percig tart az olvadék nagyságától függően. A szükséges dezoxidáló szer mennyisége az alkalmazott olvasztási gyakorlattól függ.
[175, Brown, 1999]

3.6. A cink és cinkötvözetek olvasztása és öntése

A 3.31. táblázat egy cink nyomásos öntöde jellemző tömegmérlegét adja. Zamac ($ZnAl_4Cu1$ vagy $ZnAl_4$) öntésére vonatkozik. Cinkötvözet tömböket olvasztanak selejttel és beömlő-rendszerekkel együtt (visszatérő saját hulladék), az öntőgép gáztüzelésű tégelykemencéjében. Leválasztó-szert permeteznek a kokillára öntés előtt. A leöntött darabokat egy vízfürdőben hűtik le és a beömlőrendszereket eltávolítják. Az öntvényeket ezután zsírtalanítják és köszörülik. Az olvasztási füstgázokat elszívják és portalanítják egy száraz rendszerben. A magkészítés és tisztítás-kikészítés adatai a 3.9. és 3.11. szakaszban találhatók.

Bevitel	
Cinkötvözet	1 040
Selejt öntvény	50
Beömlő és kitápláló rendszer	450
Leválasztó-szer	201
Víz	1 m^3
Villamos energia	700 kWh
Földgáz	70 Nm^3
Kibocsátás	
Jó öntvény	1 000
Forgács	3
Fölzék	30
Mosási és köszörülési zagy	2
Távozó gáz	10 000 Nm^3
Szemcsés részecskék	1
Minden adat egy tonna jó öntvényre vonatkozik; az adatok kg-ban, hacsak nincs másként megadva a táblázatban.	

3.31. táblázat Tipikus tömeg és energia adatok cink nyomásos öntésnél

3.7. Az ólom olvasztása és öntése

Az ólom öntési eljárásai a következőkre oszthatók fel:
- az ólom nyomásos öntése,
- akkumulátortelepek öntése,
- védőernyők öntése.

3.8. Füstgáztisztítás

3.8.1. Szennyezés-csökkentő rendszerek

Különböző füstgáztisztító technikákat használnak az öntőiparban. Ezek elveit a színesfémiparról szóló BREF dokumentum tárgyalja. A porcsökkentő rendszerek tulajdonságai és kibocsátásai a 3.32. táblázatban találhatók. A szennyezés-csökkentő technikák kiválasztásának, a különböző öntödei eljárásokhoz való alkalmazhatóságuknak, és az elérhető kibocsátási szintek teljes tárgyalása, a figyelembe veendő technikák kiválasztásának részeként a 4. fejezetben található.

Technika	**Részecske nagyság µm**	**Összegyűjtés hatásfoka 1 µm-nél (%)**	**Maximális üzemeltetési hőmérséklet (˚C)**	**Az elérhető kibocsátás tartománya (mg/Nm^3)**	**Megjegyzések**
Forró EP*	<0,1	>99 a konstrukció-tól függően	450	5-15 (elő- szennyezés csökkentés >50)	4 vagy 5 zóna. Általánosan alkalmazott az elő-szennyezés-csökkentés.
Nedves EP*	0,01	<99	80	1-5 (vizuálisan tiszta)	EP* 2 zónával sorozatban. Főként köd kicsapás.
Ciklon	10	40	1 100	100-300	Durva részecskék. Más módszerek segítségére használják.
Szövetszűrő	0,01	>99,5	220	1-5	Jó teljesítmény megfelelő por típusnál.
Nedves mosó	1-3	>80-99	bemenet 1 000, kimenet 80	4-50	Jó teljesítmény megfelelő portípusnál. Savas gáz redukció.
* EP = elektrosztatikus porleválasztó					

3.32. táblázat Példa jelenlegi kibocsátásokra néhány porcsökkentő alkalmazásnál
[155, European IPPC Bureau, 2001]

3.8.2. Dioxinok

Az olvasztási folyamatoknál dioxinok képződhetnek, ha olyan körülmények vannak jelen, melyek ilyen szennyezők keletkezését elősegítik a folyamat helyén és idejében. Ezek a körülmények a következők:

- klór-ionok jelenléte — eredhetnek szennyezett hulladékból, szén, koksz tüzelőolaj és bizonyos salakképzők használatából,
- szerves szén jelenléte — eredhet szennyezett hulladékból és szén, koksz vagy olaj tüzelőanyagként való használatából,
- 250˚C és 450˚C közötti hőmérsékleti viszonyok, elegendő gáz tartózkodási idővel ebben a hőmérsékletközben,
- katalizátorok jelenléte, mint pl. a réz,
- oxigén jelenléte.

A dioxin-képződés kockázatának kiértékelésénél különbséget lehet tenni a vas- és acél-, valamint a színesfémöntödék között:

- *Fémöntödék:* mindaddig, amíg csak tömböket és visszatérő saját hulladékot olvasztanak, a dioxin-képződés kockázata az olvasztási lépcsőben nagyon kicsi. Tiszta fémek olvasztása során nincs jelen a dioxin képződéshez szükséges klór valamint

szén. Azonban az idegen fémhulladék újraolvasztása fémgyártáshoz magában foglalhatja a dioxin-képződés kockázatát. Ez a tevékenység azonban ennek a dokumentumnak tárgykörén kívül esik.

- *Vas-és acélöntödék:* a kemence típusától és a fémbetéttől függően a dioxin-képződés feltételei előfordulhatnak. Figyelembe véve az olvasztókemencében uralkodó nagy hőmérsékletet, a dioxin-kibocsátás (ha egyáltalán előfordul) főként *de novo* szintézisből képződik. A fent említett feltételek használhatók a dioxin-képződés kockázatának értékeléséhez.

Dioxin-kibocsátási adatokat gyűjtöttek a források széles tartományából. A 3.33. táblázat adatokat mutat be különböző fémekről és kemencetípusokról. Az üres helyek azt mutatják, hogy a mutatott számot nem specifikálták. Nem minden, az áttekintésben szereplő rendszer nyújt specifikus dioxin-felfogó technikákat. Különbség tehető a technikák két csoportja között, ahol a dioxin-szintek nagyon kicsik (<0,05 ng/Nm^3), vagy ahol széles terjedelműek (<0,01-3 ng/Nm^3) Az első csoportba tartozik az alumíniumolvasztás, az öntöttvas indukciós olvasztása és az acél villamos ívkemencében való olvasztása. A második csoportba az öntöttvas kupolókemencében és forgódobos kemencében történő olvasztása tartozik. Az irodalmi adatok elemzése nem nyújt magyarázatot a második csoporton belüli különbségek okaihoz. Azonban az látható, hogy a bemutatott nedves mosóval ellátott forrószeles kupolókemence rendszer észrevehetően kisebb poliklórozott dibenzo-dioxin és furán kibocsátásokat mutat.

Terméktípus	**Kemence**	**Olvasztás (t/h)**	**Füstgáz (m^3/h)**	**Kibocsátás csökkentés**	**O_2 (%)**	**PCDD/F[*] 8ng/TEQ/Nm^3)[**]**
Alumínium	Lángkemence	Nincs adat	Nincs adat		Nincs adat	0,002
Alumínium	Lángkemence	0,45	9 300	Nincs	18,8	0,002
Alumínium	Aknás kemence	1,5	8 400	Nincs	18,4	0,01
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	3,4	15 900	Zsákos szűrő	Nincs adat	0,04
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	3,7	14 300	Zsákos szűrő	16	0,09
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	4,5	14 300	Zsákos szűrő	Nincs adat	0,09
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	3,4	Nincs adat		Nincs adat	0,33
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	5,5	17 400	Zsákos szűrő	15,9	0,51
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	6,5	17 500	Zsákos szűrő	Nincs adat	0,51
Öntöttvas	Hidegszeles kupoló	6	27 600	Zsákos szűrő +PCr	Nincs adat	3,14
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	45,5	55 000	Dezintegrátor	6	0,003
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	60	Nincs adat	Dezintegrátor	Nincs adat	0,0o3
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	40,6	75 000	Zsákos szűrő	12,5	0,005
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	50	75 000	Zsákos szűrő	Nincs adat	0,07
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	15	36 400	Zsákos szűrő+PC	Nincs adat	0,05
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	13	Nincs adat		Nincs adat	0,10
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	18,2	29 100	Zsákos szűrő	8,6	0,20
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	17,1	22 500	Zsákos szűrő	7,5	0,29
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	27	Nincs adat		Nincs adat	1,00
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	28	37 000	Zsákos szűrő	Nincs adat	2,08
Öntöttvas	Forrószeles kupoló	21	32 000	Zsákos szűrő+PC	Nincs adat	3,09
Öntöttvas	Indukciós kemence	19,5	208 000	Zsákos szűrő	20,2	0,003
Öntöttvas	Indukciós kemence	Nincs adat	Nincs adat	Zsákos szűrő	Nincs adat	0,01
Öntöttvas	Forgódobos kemence	8	Nincs adat		Nincs adat	0,004
Öntöttvas	Forgódobos kemence	1,4	9 000	Nincs	Nincs adat	0,02
Öntöttvas	Forgódobos kemence	2,1	18 600	Zsákos szűrő	19,9	0,45
Öntöttvas	Forgódobos kemence	3,5	Nincs adat	Zsákos szűrő	Nincs adat	0,61
Acél	Villamos ívkemence	5,4	54 150	Zsákos szűrő	20,9	0,003
Acél	Villamos ívkemence	9	5 000	Nedves mosó	Nincs adat	0,02

[*] PCDD/F = poliklórozott dibenzo-dioxinok és furánok, [**] TEQ = toxicitási (mérgezőségi) egyenérték tényező

3.33. táblázat Különböző típusú öntödék dioxin-kibocsátási adatai

[21, Stauß, 1994], [23, Brettschneider és Vennebusch, 1992], [27, Kran et al., 1995], [43, Batz, 1996], [110, Vito, 2001], [202 TWG, 2002], [225, TWG, 2003], személyes kommunikációk

A különböző vas- és acélolvasztó kemencék dioxin-kibocsátási adatait a következőkben tárgyaljuk.

- *Kupolókemencék.* A kupolókemencékben a kokszból származó masszív többlet klór mindig jelen van. Elegendő mennyiségű szén is jelen van a kokszból, de kiegészítő szén bevitel is szükséges lehet, a gyenge minőségű hulladék következtében. Különleges üzemeltetési körülmények között kialakulhat a dioxin képződésének feltétele. Mivel *de novo* szintézis megy végbe többnyire a füstgáz hűlése közben, ez mind a hidegszeles, mind a forrószeles kupolókemencére vonatkozik. A 3.34. táblázatban a 3.33. táblázatban megadott, a hidegszeles és forrószeles kupolókemencékre vonatkozó, mérési adatok statisztikai elemzésének eredménye van megadva. Míg a 3.33. táblázatban üzemenkénti átlagos értékek találhatók, a 3.34. táblázathoz az egyedi mérések eredményeit használták fel, átfogó elemzés készítésére.

	Egységek	**Hidegszeles**	**Forrószeles**
Átlag	NgTEQ/Nm^3	0,54	0,75
Standard eltérés	NgTEQ/Nm^3	1,08	1,3
Középérték	NgTEQ/Nm^3	0,18	0,09
Minimum	NgTEQ/Nm^3	0,001	0,001
Maximum	NgTEQ/Nm^3	5,1	4,4
A mérések száma		35	18
A kemencék száma		11	11

3.34. táblázat A kupolókemencék dioxin-kibocsátása

Egy német áttekintés adatai (6 berendezés, 18 mérés) 0,006-0,22 ngTEQ/Nm^3 tartományt mutattak, 0,0724 ngTEQ/Nm^3 átlaggal. Az áttekintés adatkészlete részben átfedi a fent bemutatott adatkészletet, de nem adott elég információt ahhoz, hogy kiterjesszük azt. [224, Helber et al., 2000]

Az adatok azt mutatják, hogy az átlag, a standard eltérés és az értéktartomány azonos a hidegszeles és a forrószeles kupolókemencénél. A középérték a forrószeles kupolónál kisebb, mint a hidegszelesnél. Ez megerősíti azt az állítást [224, Helber et al., 2000], hogy nincs statisztikai különbség a forró- és hidegszeles kupolókemencék dioxin-kibocsátása között. A nagy standard eltérés azt mutatja, hogy az adatokat interpretálni kell üzemről üzemre alapon inkább, mintegy átlagos alapon.

Dezintegrátorral végzett nedves portalanításnál, a füstgáz áthalad a kritikus hőmérsékleten (250-450˚C) portalanítás után, vagyis kis portartalommal. Ezenkívül a kloridok kimosódtak. Ez erősen csökkenti a *de novo* szintézis kockázatát.

- *Forgódobos kemence.* Az ötvözés korlátozott lehetősége következtében a forgódobos kemence betétje általában tiszta anyagokból áll. A nagy lánghőmérséklet következtében a forró füstgázok 1 000 és 1 300˚C közötti hőmérsékleten hagyják el a kemencét. Az utánégés a kemence terében történik. *De novo* szintézis lehetséges, ha a füstgáz lassan hűl le. A jelentett értékek 0,004-0,61 ngTEQ/Nm^3 közé esnek.
- *Indukciós kemencék.* Az ötvözés korlátozott lehetősége következtében az indukciós kemence betétje általában tiszta anyagokból áll. A kemence nem termel csővezetékes nagy hőmérsékletű füstgázáramot, mely lassan hűl le.
- *Villamos ívkemence.* A villamos ívkemence lehetővé teszi a fémkezelést és ötvözést, ha bázikus béléssel üzemeltetik. Ez lehetővé teszi a szennyezett hulladék használatát betétanyagként az olvasztáshoz. Ha szerves és/vagy klórtartalmú vegyületeket tartalmazó hulladékot adagolnak, dioxinok képződhetnek a füstgázáram hűlése közben. Ez lehet az az eset, amikor pl. elektronikus berendezésből, transzformátorokból és darabolt járművekből származó hulladékokat használnak. A savas bélésű villamos ívkemence nem teszi lehetővé a fémkezelést és ezért a

szennyezett hulladék adagolásának lehetősége csökkent mértékű. Ez egyben csökkenti a dioxin-képződés kockázatát is. [161, UK Environment Agency, 2002]

3.9. Formázás és magkészítés

3.9.1. Bevezetés

A formázás és magkészítés magában foglalja a homok különböző vegyi anyagokkal való keverését is, melyet bizonyos esetekben hevítési lépés is kísér. Gázalakú vagy illó reakciótermékek és feles reagensek kerülnek kibocsátásra. A 3.35. táblázat áttekintést mutat a keverés, kötés és a formák és magok tárolása közbeni kibocsátásokról és más környezeti hatásokról. A következő fejezetekben minden egyes kötőanyag típus kibocsátási és felhasználási szintjét tovább tárgyaljuk.

A rendszer neve, kötő- és segédanyagai	A kötés módja és viszonylagos energiaszükséglete	Levegőbe való kibocsátás keverés és kötés közben	Egyéb környezeti hatások
Nyershomok Agyag Szénpor vagy helyettesítője Víz	Nyomás – kicsi	Por- nincs jelentékeny kibocsátás a környezetbe	A homokszóródást a konvejorok körül el kell kerülni az illékony kibocsátások valószínűségének csökkentésére. A keverési eljárásnál nincs szükség csökkentő berendezésre (a folyamat általában önmagában zárt pótlevegővel szellőztetve az öntöde felé).
Héjhomok Fenol-formaldehid (Novolac) Gyanta	Hő – nagy	Formaldehid* Ammónia* Fenol* Aromások HCN	A bűz téma lehet, mert a héjformázó vagy /héjmagkészítő gépek általában külső levegőbe vezető elszívással vannak ellátva.
Alkálikus fenol Rezol-alkalikus fenol-formaldehid gyanta 1. Gázzal kikeményített: cold-box 2. Önkötő: (alkálikus fenolos no bake)	Gáz-kikeményítés metil-formiáttal – kicsi Önkötés észterekkel – kicsi	Formaldehid* fenol* metil-formiát formaldehid* fenol* észterek	
Fenol karbamid 1.Gázzal kikeményített: cold-box 2. Önkötő (fenol-karbamid no bake)	Amin pára –kicsi Önkötés pótolt piridinnel	Izocianát (metil-diizocianát) amin* formaldehid* fenol Izocianát (metil-diizocianát) formaldehid* fenol	A bűz gyakran probléma – ahol dimetil-etil-amint használnak, szag szabadul fel, és a csökkentése alapvető. Ez lehet elégetés vagy gázmosás (kénsav vagy foszforsav használatával) —az utóbbi olyan folyadékok képződésével jár, melyek különleges hulladékok. Ahol trietil-amint használnak, a mosás csak akkor követelmény, ha bűzprobléma lép fel.
Furán Fenol Karbamid furfuril-alkohol formaldehid gyantakombináció	Hidegen kötés savakkal – kicsi	Formaldehid* fenol* furfuril-alkohol* kén-hidrogén savpárák	A gyantákat és savakat elkülönítve kell tartani (hacsak homok nincs jelen), mert azok erősen exotermikusak érintkezéskor

A rendszer neve, kötő- és segédanyagai	A kötés módja és viszonylagos energiaszükséglete	Levegőbe való kibocsátás keverés és kötés közben	Egyéb környezeti hatások
Hot-box Fenol Karbamid furfuril-alkohol formaldehid gyantakombináció	Hő – nagy	Formaldehid* savak furfuril-alkohol* fenol* ammónia izocianát sav metil-izocianát	A bűzprobléma téma lehet, mert a maglövő gépek általában szabadba vezető elszívással vannak ellátva.
Olajhomok Lenmagolaj és keményítő	Hő – nagy	Akrolein* komplex szerves anyagok	A bűz probléma lehet, mert a magszárító kemencék általában a szabadba vezető elszívással vannak ellátva.
Vízüveg-CO_2 Nátrium-szilikát (vízüveg)	Gázkikeményítés CO_2-vel – kicsi	Nincs	
Szilikát-észter Nátrium-szilikát (vízüveg)	Hidegen köt észterekkel – kicsi	Észterek	
1 megjegyzés: Az összes fent leírt eljárások használt homok képződését (beleértve törött magokat, szóródásokat és a keverő berendezési maradványokat) eredményezik, melyek terepfeltöltéshez kerülhetnek. 2 megjegyzés . A *-al jelzett anyagok azok, melyek a legvalószínűbben bűzképződést okoznak. 3 megjegyzés: Minden gyanta kötőanyag alkotó különleges hulladéknak tekintendő deponálási szempontból, és elcsöpögésük a vízrendszerek szennyezésének kockázatát idézheti elő. 4 megjegyzés: A gázkikeményítéshez használt aminok és a metil-formiát erősen gyúlékony és erős szagú. A csöpögések, szivárgások elkerülése a tárolásnál alapvető.			

3.35. táblázat Kötőanyag rendszerek környezeti hatása
[126, Teknologisk, 2000], [160, UK Environment Agency, 2002], [225, TWG, 2003], [229, Lilja et al., 2000]

Formázó üzemek porkibocsátásának mennyiségi adatait gyűjtötték össze egy olasz öntödei áttekintésben. Az eredmények a 3.36. táblázatban találhatók. Mindegyik levegő-tisztító rendszer eléri a <15 mg/Nm^3 szintet.

	Koncentráció (mg/Nm^3)			Kibocsátási tényező (g/t)*		
	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum
Zsákos szűrő	3,2	0,4	12,1	24,4	0,5	108,3
Nedves mosó	5,2	3,6	6,7	6,2	4,0	8,0
Nedves Venturi rendszer	9,6	8,5	10,9	34,2	30,1	39,9
*Egységek: g/t jó öntvény A leválasztó berendezések száma: zsákos szűrő: 33; nedves mosó: 4; nedves Venturi rendszer: 3						

3.36. táblázat Formázó üzemekből származó porkibocsátás értékei és kibocsátási tényezői az elszívott levegő tisztítása után
[180, Assfond, 2002]

A 3.35. táblázatban foglalt kibocsátások a keverés, kötés, valamint a formák és magok tárolásának stádiumára vonatkoznak. A legtöbb kibocsátás fennmarad a fém öntése és az öntvények hűlése közben is, de most a pirolízis termékeinek hozzáadódásával. Ezt a 3.10.1. szakaszban tárgyaljuk.

A 3.37. táblázat megadja egy német mérési kampányból származó porkibocsátási adatokat. A port PM_{10}, $PM_{2,5}$ és PM_1 frakciókra elemezték.

Tevékenység	Távozó gáz térfogat (Nm^3/h)	Gáztisztító berendezés	Összes por (mg/m^3)	PM_{10} (%)	$PM_{2,5}$ (%)	PM_1 (%)
Homok előkészítés	25 600	Zsákos szűrő	0,3			
Nyershomok előkészítés	24 400	Porburkolat, zsákos szűrő	0,7	88	38	
Homok előkészítés	70 400	ESP	22-28,3	79	18	
Magkészítés	4 670 (száraz)	Amin mosó	0,7	98	47-62	
Formázás	52 300 (száraz)	Zsákos szűrő	0,7	95-97	50-60	2-5
Tisztítás	22 000 (száraz)	Zsákos szűrő	5,3	100	45-48	9

3.37. táblázat Példa a formázás és magkészítés porkibocsátására és szemcseméret eloszlására [202, TWG, 2002]

3.9.2. Formázás agyagkötésű (bentonitkötésű) homokkal (nyershomok-formázás)

Bevitel	**Kibocsátás**
- homok, - kötőagyag (vagyis bentonit), - szénpor, dextrin, - víz (a formázókeverék előkészítéséhez)	- nyershomok-formák - por (finom kvarc, részben kiégett agyag, el nem égett szénpor és hamu)

A homokhoz hozzáadott bentonit összetétele függ mind a homok, mind a bentonit fajlagos tulajdonságaitól, valamint a kész forma megkívánt szilárdságától és gázátbocsátó képességétől. A 3.38. táblázat megadja az agyagkötésű homok néhány paraméterét, amelyeket 105 vasöntödei homokmintából határoztak meg.

Paraméter	Egységek	Átlag	Minták száma az átlagos tartomány±10% százalékában		Maximális érték	Minimális érték
			Tartomány	%		
Víztartalom	%	4,1	3,4-4,5	48	6,9	2,4
Bentonittartalom	%	8,3	7,5-9,1	45	11,9	5,6
Sűrűség	g/cm^3	0,940	1,00-0,85	75	1,06	0,73
Izzítási veszteség	%	5,0	4,5-5,5	20	15,0	1,0
Nyomószilárdság	N/cm^2	18,6	16,7-20,5	54	24,5	13,2

3.38. táblázat A nyershomok jellemző tulajdonságai 105 vasöntöde 105 mintáján mérve [36, Winterhalter et al., 1992]

További adalékok, melyeket a nyershomok-keverékhez kevernek:

- *Szénpor* Főként vasöntödékben használják, de kisebb mennyiségben néhány színesfémöntödében is. A szénpor szintje 2-3% kisebb öntvényeknél, 7-8% vastag szelvényű öntvényeknél. Túl sok szénpor lyukak keletkezését okozhatja az öntvényekben, vagy hidegfolyás oka lehet. Különböző szénport helyettesítő termékek léteznek. Ezeket általában gyengén módosított koncentrációban adagolják a szénporhoz viszonyítva.
- *Gabonanemű kötőanyagok.* Keményítőt és dextrint főként acélöntödékben használnak a kvarc hőtágulása okozta hibák elkerülésére és a homokkeverék túlzott nedvességtartalmának szabályozására. A gabonanemű kötőanyagok hatékony

adagolása az új, nyers mintahomok-keverékhez 0,5-0,75%. Az egységes nyershomokokban a gabonanemű kötőanyag egy része tönkremegy az öntési folyamatban. Az ajánlott adalék minden egyes újra forgatáskor 0,1-0,25%, a gabonanemű kiégésétől és a homok magokkal és új homokkal történő hígításától függően. [174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

3.9.3. Formázás kötőanyagmentes homokkal (vákuum-formázás)

Bevitel	**Kibocsátás**
- száraz homok, - polietilén fóliák, - energia (a vákuum létrehozásához és fenntartásához)	- formák, - por

A folyékony fémmel való érintkezés okozta hősokk feltöri a homokszemeket, melynek eredményeként por képződik, mely főként az ürítés közben kerül a légtérbe. A maradék port a homokból el kell távolítani a homok formázásra való újra felhasználhatóságának lehetővé tételére Ezt a módszert használva csak kis mennyiségű porzás fordul elő a formaszekrény megtöltése közben.

Ez az eljárás érdekes nagyon kis környezeti hatása miatt. Mindazonáltal, mivel ez az eljárás sok műveleti lépcsőt tartalmaz, a formázás sebessége kicsi, és az időköz a formázás megkezdése és minden egyes új öntvény között hosszú. Ezenkívül a beruházási költségek nagyon nagyok. Következésképpen ez az eljárás csak korlátozott mértékben alkalmazott.

3.9.4. Formázás és magkészítés vegyi kötésű homokkal

Bevitel	**Kibocsátás**
- homok, - gyanta, - katalizátor, kikeményítő, adalékok	- homokformák és magok, - felesleges reagensek, - reakciótermékek, - por

3.9.4.1. A vegyszerek felhasználási szintjei

A különböző típusú kötőanyagok, kikeményítők, katalizátorok és adalékok felhasználási szintjei a 3.39. táblázatban találhatók.

A kikeményítés típusa	Gyanta-típus	Gyanta-adagolás a homok tömeg %-ában	A katalizátor/ kikeményítő típusa	Katalizátor/ kikeményítő adagolás a gyanta tömeg %-ában	Az adalék típusa	Adalék-adagolás a homok tömeg %-ában
Hidegen kötő	Furán	0,8-1,5	Kénsav	25-60	Szilán	0,1-0,2
	Fenol	1-2	Kénsav	25-50	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Poliuretán	0,8-1,5	Piridin derivát	2-6	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Rezol	1,0-1,5	Észter	22-25	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Észter szilikát	2,0-4,5	Észter	10-15	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
A kikeményítés típusa	**Gyanta-típus**	**Gyanta-adagolás a homok tömeg %-ában**	**A katalizátor/ kikeményítő típusa**	**Katalizátor/ kikeményítő adagolás a gyanta tömeg %-ában**	**Az adalék típusa**	**Adalék-adagolás a homok tömeg %-ában**
Gáz-kikeményítés	Fenol/ furán	0,8-1,2	SO_2	0,3-3	Peroxid	0,1-0,5
	Poliuretán Cold-box	1,0-1,8	Amin	0,05-0,15	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Rezol	1,2-1,8	Metil-formiát	0,3-0,5	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Rezol	2,-2,5	CO_2	0,7-1,25	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Akril/epoxi	1,2-1,6	SO_2	0,02-0,05	Peroxid	0,05-0,06
	Szilikát	2-4	CO_2	1-2	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
A kikeményítés típusa	**Gyanta-típus**	**Gyanta-adagolás a homok tömeg %-ában**	**A katalizátor/ kikeményítő típusa**	**Katalizátor/ kikeményítő adagolás a gyanta tömeg %-ában**	**Az adalék típusa**	**Adalék-adagolás a homok tömeg %-ában**
Hővel keményítés	Olaj	0,8-4			Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Warm-box furfuril-alkohol-alapú	1,0-1,5	Kénsavak Cu-sói	10-30	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Hot-box femol vagy furán-alapú	1,2-3,0	Ammónium-sók	10-25	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
	Héj (Croning) Fenol	1,5-5	Hexametilén-tetramin	15	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható

3.39. táblázat A különböző gyanták, katalizátorok, kikeményítők és adalékok felhasználási szintjei a vegyi kötésű homok előkészítéséhez
[174, Brown, 2000], [225, TWG, 2003]

3.9.4.2. Kibocsátási tényezők

A vegyi kötőanyagok használata különböző vegyületek képződését eredményezi a keverés, formázás és magkészítés, öntés és hűlés közben, ahogy azt a 3.35. táblázat mutatja. Néhány több eljárásra vonatkozó, mutató kibocsátási tényező van megadva a 3.40. és 3.41 táblázatban.

	Furános homok	**Fenolos homok**
Szerves oldószerek	1,4	1,25
Fenol	0,02	0,18
Formaldehid	0,08	0,15
Minden adat kg/t folyékony fémben van megadva		

3.40. táblázat Kibocsátási tényezők a formázáshoz
[110, Vito, 2001]

	Cold-box	**Hot-box**	**Héj**
Por	Nem alkalmazható	0,003	0,003
Furfuril-alkohol	0,1	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
Formaldehid	0,01	Nem alkalmazható	0,003
Szerves oldószerek	Nem alkalmazható	0,03	Nem alkalmazható
Aromás oldószerek	0,12	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
Aminok	0,13	Nem alkalmazható	Nem alkalmazható
Minden adat kg/t folyékony fémben van megadva.			

3.41. táblázat Kibocsátási tényezők a magkészítéshez
[110, Vito, 2001]

3.9.4.3. A hidegen kötő eljárások kibocsátásai

A hidegen kötő eljárások kibocsátásai a következőképp írhatók le:

- *Fenolos:* Formaldehid és fenol párák juthatnak ki ezen alkotók páranyomása miatt. Mivel azonban a polimerizáció környezeti hőmérsékleten megy végbe, ezek a páranyomások kicsik, és tekintve a felhasználási szinteket, a kibocsátások jelentéktelenek.
- *Furános:* Formaldehid, fenol, furfuril-alkohol, és alkohol párák juthatnak a levegőbe ezen alkotók páranyomása miatt. Mivel azonban a polimerizáció környezeti hőmérsékleten megy végbe, ezek a páranyomások kicsik, és tekintve a felhasználási szinteket, a kibocsátások jelentéktelenek.
- *Poliuretános:* Formaldehid, fenol, izocianát és aromás oldószerek emittálódhatnak ezeknek az alkotóknak páranyomása miatt. Mivel azonban a polimerizáció környezeti hőmérsékleten megy végbe, ezeknek az alkotóknak páranyomása kicsi, és tekintve a felhasználási szinteket, a kibocsátások jelentéktelenek. Kellemetlen szagok képződhetnek a formázótéren, de nem valószínű külső kellemetlenség okozása.
- *Rezol-észteres:* A gyanta nem reagált fenolt és formaldehidet tartalmaz, de ezek kibocsátása rendkívül csekély és környezetileg jelentéktelen.
- *Alkid-olajos:* A formázás és magkészítés közben nincsenek kibocsátási problémák, hacsak nem hővel keményítik ki azokat, mely esetben bűzproblémák léphetnek fel.
- *Észter-szilikát:* Ez az eljárás nem okoz semmiféle kibocsátási problémát.

[32, CAEF, 1997]

3.9.4.4. Gázzal kikeményítő eljárások kibocsátásai

A gázzal kikeményítő eljárások kibocsátásai a következőképp írhatók le.

- *Cold-box eljárás*: Kis mennyiségű formaldehid, fenol, izocianát és aromás oldószerek jutnak a levegőbe, kis páranyomásuk ellenére. Az aromás oldószer kibocsátások átöblítés közben a legnagyobbak. A legjelentékenyebb kibocsátás az aminoké, melyek már kis koncentrációban bűzösek, és külső kellemetlenséget okozhatnak. Az aminok veszélyesek, viszonylag kis kitettségi értékhatárral, és erős jellegzetes szaguk van nagyon kis koncentrációkban is.
- *Rezol-észteres:* A gyanta nem reagált fenolt és formaldehidet tartalmaz, de ezek kibocsátása, még az elgázosítási és öblítési szakasz közben is, nagyon kicsi. A metil-formiát nem mérgező, nincs kellemetlen szaga, és kitettségi értékhatára viszonylag nagy.
- *Rezol-CO_2 eljárás:* A gyantának kis nem reagált fenol és formaldehid tartalma van, és azok kibocsátása, még az elgázosítás és öblítés periódusában is, nagyon kicsi.
- *SO_2-vel kikeményített fenol- és furán-gyantás eljárás.* A gyanták és az előkészített homokok formaldehid kibocsátást okoznak. A nagyobb kibocsátási problémát a kén-dioxid okozza, mely nagyon veszélyes.
- *SO_2-vel kikeményített epoxi/akril-gyantás eljárás:* Minimális kibocsátás képződik magkészítés közben.
- *CO_2-szilikát eljárás.* Ez az eljárás nem okoz semmiféle kibocsátási problémát formázás vagy magkészítés közben.

[32, CAEF, 1997]

3.9.4.5. Hővel kikeményítő eljárások kibocsátásai

A hővel kikeményítő eljárások kibocsátásai a következőképpen írhatók le.

- *Hot-box eljárás:* A mintákat általában szabad levegőn, gázégőkkel hevítik fel, égési gáz-kibocsátást okozva. A távozó füstgáz fenolt, ammóniát, formaldehidet és mono-izocianátokat tartalmazhat (ha a gyanta nitrogént tartalmaz).
- *Warm-box eljárás:* A hot-box eljáráshoz viszonyítva a kibocsátások jelentékenyen kisebbek. A kibocsátás nem tartalmaz fenolt vagy ammóniát, és a formaldehid kibocsátás is négyszer kevesebb. Mivel a minta hőmérséklete is kisebb a hot-box eljárásban alkalmazotthoz képest, a munkakörülmények jobbak. A környezeti hatást viszonylag kicsinek tartják.
- *Héj-eljárás.* A hot-box eljáráshoz viszonyítva a kezelt homok felhasználása nagyon kicsi. Azonban a gyantás homok 2-3-szor több gyantát tartalmaz, és a minta hőmérséklete megközelítően azonos, végeredményképp a munkakörülményekre gyakorolt hatás hasonló.
- *Lenolajos eljárás:* Mivel az olaj gyakran szerves oldószerekben oldat alakjában van jelen, mint pl. kőolaj vagy kerozin, nagy mennyiségű illékony szerves vegyület (VOC) képződik a kikeményítés közben, mely külső bűzproblémát okozhat. Ez a probléma még erősebb öntés közben. Ezek a problémák és a gyenge termelékenység részben az okai annak, hogy ennek az eljárásnak alkalmazása iránt csökken az érdeklődés.
  [32, CAEF, 1997]

Egy hot-box magkészítő üzem anyagmérlege található a 3.42. táblázatban. Az adatokat egy kisnyomású sárgaréz öntöde magkészítő műhelyéből gyűjtötték. [177, Silva Riberio, 2002]

Bevitel	
Újhomok	371
Villamos energia	352,9 kWh
Propángáz	7
Sűrített levegő	187,1 kWh
Gyanta	8,3
Tartósító	0,51
Katalizátor	0,76
Bevonóanyag	1,7
Kibocsátás	
Magok	287,7
Nem leöntött (elszóródott) homok	84,3
Gyanta	1,41
Fém és műanyag tartályok	
Kibocsátás (zsákos szűrővel történt leválasztás után)	
Szemcsés anyag	0,11
Illékony szerves vegyületek (VOC)	0,83
Minden adat eladott öntvények tonnájaként, az értékek kg-ban, ha nincs másképp megadva.	

3.42. táblázat Egy sárgaréz öntöde hot-box eljárást használó magkészítésének tömegmérleg adatai

[177, Silva Ribeiro, 2002]

3.9.5. A vegyi kötésű homokformák és magok bevonása

Bevitel	**Kibocsátás**
- használatra kész bevonó-anyag vagy vízben ill. alkoholban oldandó massza - hő az oldószer elpárologtatásához	- illékony szerves vegyületek (VOC), (alkohol alapú)

3.9.6. Elhasználódó mintás öntés (elvesző habmintás/tele forma öntés)

3.9.6.1. Kötőanyag nélküli homok — elvesző habmintás öntés

Bevitel	**Kibocsátás**
- expandált polisztirén (EPS) granulátum, - EPS ragasztó, - tűzálló bevonó anyag, - homok	- homokformák, - EPS maradékok, - pirolízis és égési termékek, - por

Alumínium öntvények készítéséhez mintegy 15 kg/t jó öntvény EPS granulátumot használnak fel. A tűzálló bevonó-anyag felhasználás mintegy 20 kg/t jó öntvény.

A 3.43. táblázat egy nyersformázású és egy elvesző habmintás öntési eljárást alkalmazó alumíniumöntöde összehasonlító elemzését tartalmazza. Mindkét öntöde évi termelése egyaránt 5 490 t volt. Meg kell jegyezni, hogy az értékek nem veszik figyelembe a belső regenerálást. A gyakorlatban mindkét típusú öntöde alkalmaz regenerálást, így csökkentve a lerakandó maradék mennyiségét.

A hulladék típusa	Elvesző habmintás öntést használó öntöde	Nyershomok formázást használó öntöde
Öntödei homok (belső regenerálás nélkül)	1,04	2,95
Szűrőben leválasztott por (belső regenerálás nélkül)	0,056	0,22
Szűrőben leválasztott por (belső regenerálással)	0,056	0,61
EPS maradék	0,0027	-
Minden érték kg/t jó öntvényben		

3.43. táblázat A hulladékképzés összehasonlító adatai egy elvesző habmintás öntést és egy nyersformázást alkalmazó alumínium öntödére vonatkozóan
[96, Spillner, 1997]

A szerves vegyületek kibocsátási adatai a 3.44. táblázatban találhatók. Ezek egy 1,5 t/h termelésű elvesző habmintás öntést használó, és egy 1,2 t/h termelésű, 1,9 t/h cold-box magot felhasználó nyershomok formázást alkalmazó öntödére vonatkoznak. Az elvesző habmintás öntésű öntöde zsákos szűrős leválasztó egységgel és utánégetővel van felszerelve. A nyersformázást alkalmazó öntöde adatai egy zsákos szűrős leválasztó egységre vonatkoznak. Az adatok azt mutatják, hogy az intenzívebb gáztisztítást alkalmazó elvesző habmintás öntöde nagyobb mennyiségű benzol, toluol, etil-benzol, xylén (BTEX) és formaldehid, de jóval kisebb szerves szén kibocsátást ért el. Az öntési füstgázok utólagos elégetésére volt szükség az EPS öntés közbeni pirolízis termékeinek elbontásához.

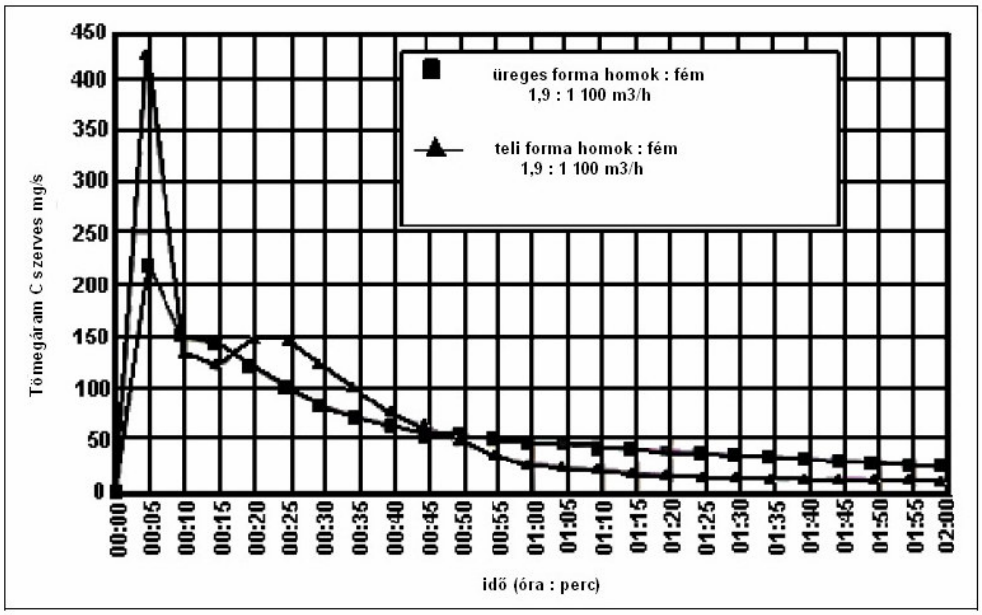
Vegyület	Elvesző habmintás öntést használó öntöde	Nyersformázást használó öntöde
Benzol	35,33	8,5
Toluol, xilén, etil-benzol, sztirén	354,67	18,58
Ismeretlen szerves vegyületek	96,67	655,0
Összes szerves szén	857,33	1 283,33
Policiklikus aromás szénhidrogén	1,45	1,43
Formaldehid	18,00	2,08
Fenol	18,00	69,83
Minden érték g/t folyékony alumíniumban		

3.44. táblázat Elvesző habmintás és nyersformázó alumíniumöntödék kémény-kibocsátási adatai
[96, Spillner, 1997]

3.9.6.2. Vegyi kötésű homok — Teli forma

Bevitel	**Kibocsátás**
- EPS granulátum, - EPS ragasztó - tűzálló bevonó-anyag, - homok, - kötőanyagok,	- homokformák, - EPS maradékok, - pirolízis és égési termékek, - por.

A teli forma és üreges forma öntési eljárások kibocsátásainak tömegáramai hasonlónak tekinthetők. Ez látható a 3.5. ábrából, mely a szerves szén tömegáramát mutatja öntés közben az idő függvényében. A „0:00” idő az öntés kezdetének felel meg. Az adatokat furán-gyantás homokkeverék használatánál gyűjtötték, mind a teli forma, mind az üreges forma eljárásnál.



3.5. ábra Füstgázterhelés öntés közben a teli forma és üreges forma öntési eljárásnál
Öntött ötvözet: lemezgrafitos öntöttvas; forma: furán-gyantás homok; 1,9 t homok :1 t Fe
[215, Müller, 1996]

A teli forma öntési eljárás nagy károsanyag-kibocsátást mutat öntés közben, egy kezdeti csúcs-kibocsátással közvetlenül öntés után, mely egy órán belül csaknem megszűnik. Az üreges forma öntési eljárás kisebb kezdeti kibocsátást mutat, mely lassabban csökken és 2 óráig tart. Ezért az összes szerves szén-kibocsátás az egész hűlés időtartama alatt egyenlő mindkét eljárásnál. Kiegészítő mérések azt mutatták, hogy ugyanez a profil vonatkozik a benzolra, etil-benzolra, fenolra, és furfuril-alkoholra is. A maximális sztirén- és toluol-kibocsátás 15-30 perc után történik. Ez a molekulák kezdeti kondenzációjának következménye a forma hidegebb részein. [215, Müller, 1996]

3.10. Öntés

3.10.1. Öntés, hűlés és ürítés elvesző formák használata esetén

3.10.1.1. Kibocsátások

Bevitel	**Kibocsátás**
- kész formák, - folyékony fém	- öntvények, - használt (öreg) homok, - égéstermékek (az öntőüstök előmelegítéséből), - szerves szennyezők a kötőanyagok, formabevonatok pirolíziséből és termikus bomlásából stb., (fenol, formaldehid, amin, cián-hidrogén, policiklikus aromás szénhidrogének, benzol, illékony szerves vegyületek), - bűz - hulladék az elszívott levegő tisztításából (száraz/zagy), - por az ürítésből

Az üstök **előmelegítése** közben égési gázok képződnek földgáz, mint közönséges energiaforrás használata eredményeképp.

A következő kibocsátás típusok fordulhatnak elő **öntés** közben:
- termikusan bomló alkotók, mint pl. az exotermikus felöntés hüvelyek, melyek gázok és/vagy párák kibocsátása mellett reagálnak,
- a kötőanyagokból és néhány fekecsből ill. forma-bevonó anyagból kémiai vegyületek szabadulhatnak fel a termikus bomlás és/vagy elillanás eredményeként, vagyis égési gázok, vízgőz és illó szerves vegyületek. Néhány bomlástermék bűzös lehet.

A tapasztalat azt mutatja, hogy a maximális kibocsátás (az összes szénre vonatkoztatva) csak az öntés után 10 perccel történik. A CO a fő alkotó, miközben a CO-szint mutatója az egyéb alkotók kibocsátásának is. [110, Vito, 2001]

Hűlés és ürítés közben folytatódik a bomlási folyamat, és illó vegyületek képződnek, főként a diffúziós és párolgási sebesség által vezérelve.
A homokformák és magok eltávolítása az öntvényről (ürítés) erősen porképző művelet, mert a formákat, legalább részben, szét kell rombolni.
A **második hűlési lépcső** nem bocsát ki semmit a vízgőzön kívül azokból az üzemekből, ahol vízpermetet használnak hűtőközegként. [32, CAEF, 1997]

Az öntés közbeni kibocsátás típusa függ a használt kötőanyag típusától. A kibocsátás hasonló a keverési stádiumához, a pirolízis termékek hozzáadásával, melyek a forró fémmel való érintkezéskor képződnek. A 3.45. táblázat a különböző kötőanyag típusokkal kapcsolatos minőségi áttekintés eredményeit tartalmazza.

Az eljárás neve és kötőanyagai	Levegőbe történő kibocsátás öntés közben	Megjegyzések
NYERSHOMOK FORMÁZÁS Agyag (bentonit), Szénpor vagy annak helyettesítője Víz	Szemcsés anyag – korom a szénpor égéséből Szén-monoxid és szén-dioxid Benzol Toluol Xilén	Lehetséges bűz (a szénpor kéntartalmával kapcsolatban)
HÉJ (CRONING) eljárás Fenol – formaldehid (novolak) gyanta	Szemcsés anyag – korom a szén alapú gyanták tökéletlen égéséből Szénoxidok Fenol*, krezolok*, xilolok* Ammónia Aldehidek Benzol Policiklikus aromás szénhidrogének	A bűzprobléma erősen általános – kezelésre lehet szükség, habár a szétoszlatás elegendő lehet
ALKÁLIKUS FENOLGYANTÁS eljárás Rezol – alkálikus fenol 1. Gázzal kikeményített 2. Önkötő	Szemcsés anyag – korom a szén alapú gyanták tökéletlen égéséből Szén-oxidok Formaldehid Fenol, krezolok, xilolok Aromások	A bűz probléma lehet
FENOL KARBAMIDGYANTÁS eljárás 1 Gázzal kikeményített, vagyis Cold-box eljárás 2. Önkötő (fenol karbamid no-bake)	Szemcsés anyag – korom a szén alapú gyanták tökéletlen égéséből Szén-oxidok Nitrogén-oxidok Mono-izocianátok Formaldehid Fenol, krezolok, xilolok Aromások (policiklikusok is) Anilinek Naftalinok Ammónia	A bűz probléma lehet
FURÁNGYANTÁS eljárás Fenol Karbamid Furfuril-alkohol Formaldehid Gyantakombináció	Szemcsés anyag – korom a szén alapú gyanták tökéletlen égéséből Szén-oxidok Nitrogén-oxidok Fenol, krezolok, xilolok Formaldehid Aromások (policiklikusok is) Kéndioxid Ammónia Anilin Izociánsav* Metil-izocianát*	A bűz esetenként probléma lehet
HOT-BOX eljárás Fenol Karbamid Furfuril-alkohol Formaldehid Gyantakombináció	Szemcsés anyag – korom a szén alapú gyanták tökéletlen égéséből Szén-oxidok Nitrogén-oxidok Fenol, krezolok, xilolok Formaldehid Aromások (policiklikusok is) Ammónia Anilin Izociánsav* Metil-izocianát*	
OLAJHOMOKOS eljárás Lenmagolaj és keményítő	Szemcsés anyag – korom a szén alapú gyanták tökéletlen égéséből Szén-oxidok Butadién Ketonok Akrolein	A bűz probléma lehet

VÍZÜVEG – CO_2 eljárás Nátrium-szilikát (vízüveg)	Szén-oxidok	
SZILIKÁT ÉSZTERES eljárás	Szén-oxidok Alkánok Aceton Ecetsav Akrolein	
*Nitrogén tartalmú gyantánál (karbamid)		

3.45. táblázat A kötőanyagrendszerek környezeti hatása öntés, ürítés és hűlés közben
[160, UK Environment Agency, 2002]

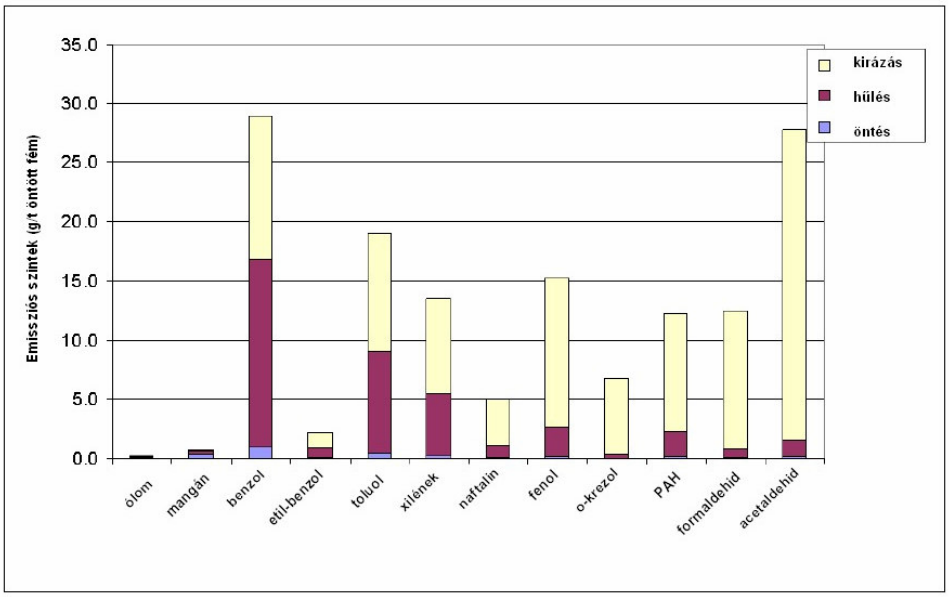
Belgiumban használt, hidegen kötő homokformákban készülő vasöntvények kibocsátási tényezői láthatók a 3.46. táblázatban.

Vegyület	Átlag kg/t folyékony fém
CO	1,1
Alifás heterociklikus szénhidrogének	0,22
Aromás szénhidrogének	0,05
HCN	0,03
Formaldehid	0,02
Kén-vegyületek (paratoluol szulfonsav használata esetén)	0,10
Illékony szerves foszforvegyületek (foszforsav használata esetén)	0,11

3.46. táblázat Hidegen kötő gyanta kötőanyagú homokformában készült vasöntvények kibocsátási tényezői
[110, Vito, 2001]

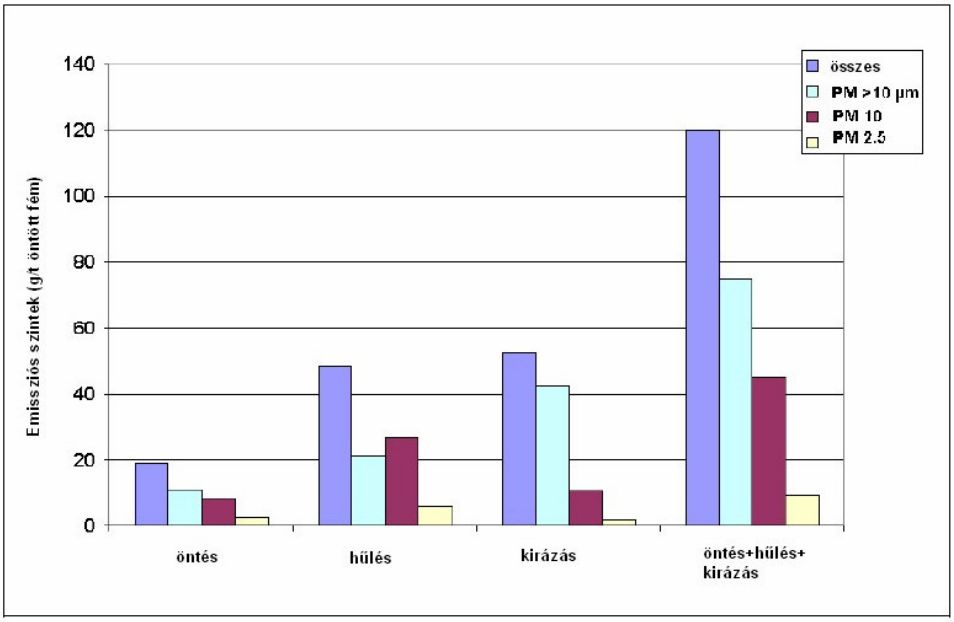
Mexikóban két autóipari öntödében határozták meg egy kevert homokrendszer öntés, hűlés és ürítés közbeni kibocsátási tényezőit intenzív mérési programmal. A tanulmányozott öntödék vasöntvényeket gyártottak nyers homokformákban vegyileg kötött homokmagokkal. Az kibocsátási tényezők nagyon eljárás-specifikusak és változók a forma- és mag-összetétel szerint, vagy az olyan folyamatparaméterek változásai szerint, mint a hűlési idő, vagy az alkalmazott olyan technikák szerint, mint a használt ürítő berendezések. Mindazonáltal a kapott kibocsátási tényezők hasznos tájékoztatást nyújtanak a kibocsátások típusairól és a különböző folyamatlépcsők viszonylagos fontosságáról. A legfontosabb feltárt légszennyezők kibocsátási tényezői a 3.6. ábrán láthatók. Az adatok azt mutatják, hogy a legnagyobb kibocsátás ürítés közben történik, és csak kisebb kibocsátás lép fel öntés közben. A naftalin és monometil-naftalinok okozzák főként a policiklikus aromás szénhidrogén kibocsátást. Ennek a kategóriának további elemzése feltárta, hogy sok olyan rákkeltő policiklikus aromás szénhidrogént, mint a benz(a)pirén, nem fedeztek fel.

A nagyobb fém-kibocsátás a mangánt, ólmot, nikkelt, rezet és krómot tartalmazta, ahol a mangán és az ólom volt a legnagyobb. [141, CERP, 1999]



3.6. ábra Egy nyersformázást alkalmazó vasöntöde szennyezőanyag kibocsátásai öntés, hűlés és ürítés közben
[141, CERP, 1999]

A szemcsés anyagok kibocsátási tényezőit a 3.7. ábra mutatja be. Ezek az összes por, PM_{10} (10µm, vagy annál kisebb részecskék) és $PM_{2,5}$ (2,5 µm, vagy annál kisebb részecskék) méréseire vannak alapozva. Megjegyzendő, hogy a PM_{10} meghatározása magában foglalja a $PM_{2,5}$-t is. [141, CERP, 1999]



3.7. ábra Egy nyersformázást alkalmazó vasöntöde szemcsés anyag kibocsátásai az öntés, hűlés és ürítés közben
(Összes = PM_{10} + $PM_{>10}$)
[141, CERP, 1999]

A fenti számadatok nyers gázra vonatkoznak. Egy olasz felülvizsgálatban tisztított távozó gázáram adatait gyűjtötték össze, és azok a 3.47. táblázatban olvashatók [180, Assofond, 2002]. Minden gáztisztító típus 20 mg/Nm^3-nél kisebb kibocsátást ér el. A nedves mosók mutatják a

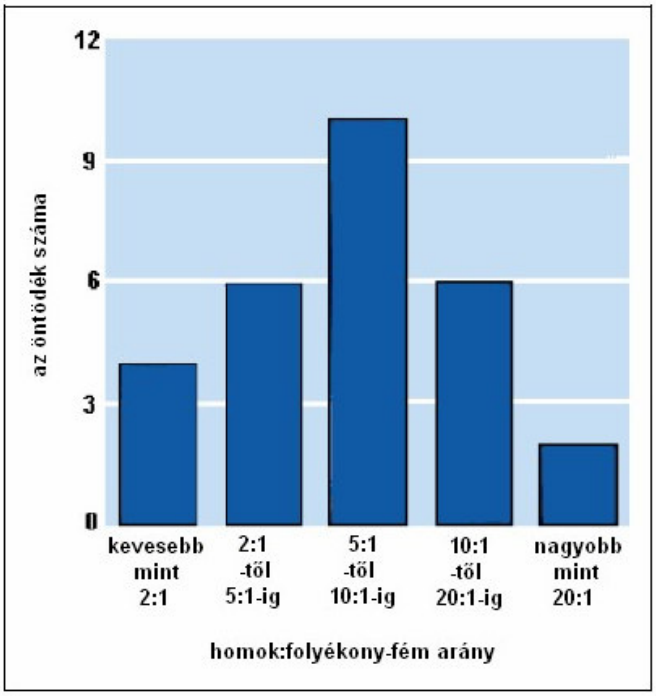
legjobb teljesítményt, de meg kell jegyezni, hogy az adatok csak három mérésre vannak alapozva.

Füstgáztisztító berendezés	Koncentráció (mg/ Nm^3)			Kibocsátási tényező (g/t)*		
	Átlag	Minimum	Maximum	Átlag	Minimum	Maximum
Zsákos szűrő	5,8	1,0	16,8	68,5	7,8	206,9
Nedves mosó	2,3	1,8	2,8	16,3	13,3	18,0
Nedves multiciklon	18,6	14,2	21,9	202,2	163,6	224,4
Nedves Venturi rendszer	11,7	6,2	16,9	116,3	38,2	187,7
*A kibocsátási tényező g/t jó öntvényben.						

3.47. táblázat Ürítő berendezés porkibocsátási értékei és kibocsátási tényezői gáztisztítás után
[180, Assofond, 2002]

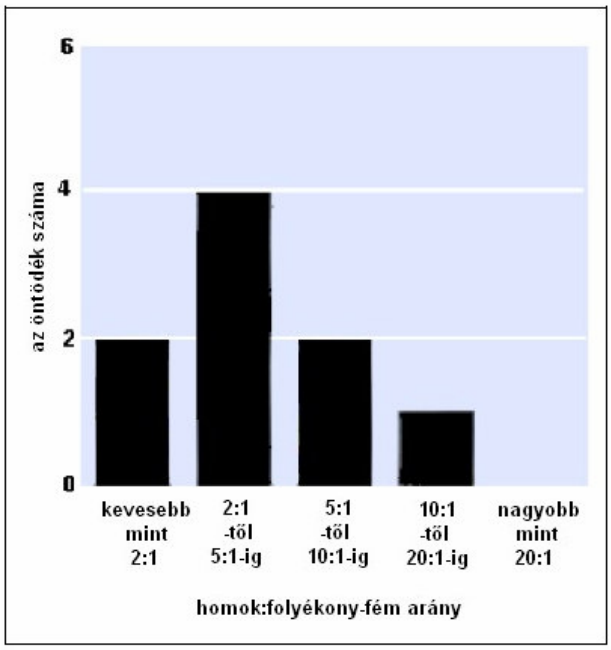
3.10.1.2. Homok:folyékony-fém arány

Túl nagy mennyiségű homok a formázó rendszerben szükségtelenül nagy tőkebefektetést és üzemeltetési költséget okoz. Egy kisebb homok:folyékony-fém arány csökkenti a homok összes mennyiségét a rendszerben, és ezért csökkenti az új anyagok felhasználásának szükségességét.
A homok:folyékony-fém arány eloszlását a nyersformázású vasöntödei ágazatban a 3.8. ábra mutatja. Az adatokat az Egyesült Királyság öntödei ágazatában végzett felülvizsgálat eredményeiből gyűjtötték. Míg a homok:folyékony-fém arány átlaga ebben az ágazatban 9:1, néhány öntöde ennél jelentékenyen nagyobb vagy kisebb aránnyal üzemel. A kisebb arányok általában bizonyos típusú fémformákkal vagy egy terméket gyártó öntödékkel kapcsolatosak, ahol a formaszekrény/öntvény kombinációk könnyebben optimalizálhatók. A nagyobb arányokat általában vagy a rendelésre gyártás vagy a rövid sorozatokban való gyártás okozza. Itt sok, szélesen változó öntvény konfigurációkról (és így minta konfigurációkról) van szó, vagy az eredeti termékösszetétel jelentékenyen megváltozott az üzem tervezése óta.



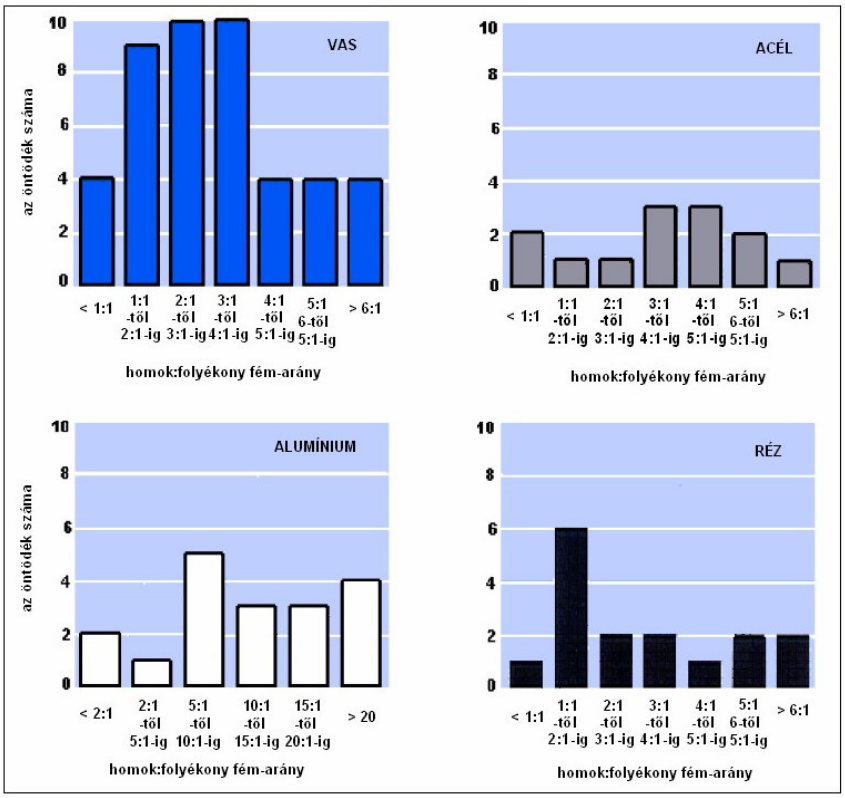
3.8. ábra Nyershomok:folyékony-fém arányok vasöntödékben
[73, ETSU, 1995]

A 3.9. ábra az összes homokkeverék-folyékony fém arány eloszlását mutatja a nyersformázást alkalmazó rézalapú ágazatra vonatkozóan, ahol az átlagos homok:folyékony fém arány 4:1. Annak oka, hogy ez az érték kisebb, mint a vasöntödéknél nagyrészt az, hogy a legtöbb rézöntöde termékorientált optimalizált formaszekrény mérettel.



3.9. ábra Nyershomok:folyékony-fém arány rézöntödékben [73, ETSU, 1995]

A vegyi kötésű homok: folyékony-fém arány különböző fémtípusok esetén a 3.10. ábrán látható.



3.10. ábra Összes homokkeverék:folyékony-fém arányok az Egyesült Királyság öntödéiben [72, ETSU, 1995]

3.10.1.3. Fémkihozatal

A fémkihozatal a kész jó öntvények tömegének és az olvasztott fém tömegének aránya. Öt fő tényező van hatással a fémkihozatalra, éspedig:

- a minőségi követelmények,
- a formaszekrények nagyságának választéka,
- a beömlő- és kitápláló rendszer nagysága,
- a fém fogyása,
- az öntvényselejt aránya.

A fémkihozatal nincs közvetlen hatással a homokfelhasználásra. Mindazonáltal a kihozatal növekedése azt eredményezi, hogy kevesebb formát kell készíteni ugyanazon öntvénymennyiség gyártásához, ami azt jelenti hogy összességében kevesebb homokot kell felhasználni. A kisebb kihozatal általában a hibátlan kivitelű termékekhez kapcsolódik, ahol nagyobb minőségi követelményeket kell teljesíteni, mely szükségessé teszi a kiterjedtebb kitápláló rendszer alkalmazását. A kisebb kihozatal azonban utalhat a nagyobb selejtarányra és a túlzottan nagy kitápláló rendszerekre is. Az ilyen esetekben az öntödéknek szükséges felülvizsgálniuk folyamatvezérlésüket és formázási módszereiket. Az átlagos fémkihozatalok a fő ötvözetekre vonatkozóan a 3.48. táblázatban találhatók.

Ötvözetcsoport	**Átlagos fémkihozatal (%)**	**A jelentett kihozatalok tartománya (%)**
Lemezgrafitos öntöttvas	68	40-90
Gömbgrafitos öntöttvas	63	40-90
Alumínium	57	40-80
Réz	58	30-90
Acél	45	nincs adat

3.48. táblázat A fő ötvözetcsoportok fémkihozatala
[73, ETSU, 1995], [225,TWG, 2003]

Az adatokat az Egyesült Királyság öntödei ágazatának és a Portugál Öntödei Szövetség egy felülvizsgálatából (az utóbbiból az acélöntödei adatokat) gyűjtötték össze. A felülvizsgálati válaszadók jelentékeny része megtagadta a kihozatali adatok megadását, különösképpen az alumínium és a rézötvözet ágazatban. Mindennek ellenére néhány általános megjegyzés tehető a fémkihozatalra:

- A lemezgrafitos és gömbgrafitos öntöttvas kihozatalára jelentett adatok 40-től 90%-ig terjedő tartományba estek.
- Az alumíniumöntödék fémkihozatali adatai egyenletesen eloszlottak 40 és 80% között. Az alumíniumöntödék több, mint 50%-a azonban nem szolgáltatott adatot.
- A kisszámú rézötvözet öntöde fele, melyek adatot szolgáltattak, 50 és 60% közötti kihozatalt jelentett, azonban a jelentett tartomány 30-90%.

[73, ETSU, 1995]

3.10.1.4. Használt öntödei homok (öreghomok)

Finnországban folytattak le egy felülvizsgálatot és tanulmányt az öntödei hulladékhomok minőségéről és összetételéről. Az adatokat az irodalomból és saját tapasztalatokból gyűjtötték össze. [169, Orkas, 2001]

Számos tanulmányban végeztek kémiai elemzéseket a különböző forrásokból származó használt öntödei homokokból. A legjelentékenyebb eredmények összefoglalása látható a 3.49.

táblázatban. Az adatok azt mutatják, hogy a fémes és szerves káros vegyületek előfordulása a használt öntödei homokokban rendszerint kicsi. Általában a káros fémes és szerves vegyület tartalom nagyobb a nyershomokokban a vegyi kötésű homokokhoz képest. A szervetlen homokok alapvetően tiszták.

Vegyület	Nyershomok (mg/kg)	Szerves kötésű homok (mg/kg)	Szervetlen kötésű homok (mg/kg)
Ba	35-118	2,4-5,5	Nincs adat
Cr	1,7-13,5	1,2-7,2	<5
Fe	2 950-21 000	640-16 300	530-1 700
Zn	1,5-1450	1,6-49	<10-30,0
Cd	0,03-6,7	0,01-0,03	0,02
Pb	1,6-390	0,4-2,1	1,3
Cu	4,7-5,0	2.7-4,4	<1,5-6,0
Ni	<2,5-20,0	0,3-8,5	2,5-8,3
Mn	76-78	22-79	25-34
As	0,2-2,1	0,2-1,8	<0,5-0,51
Fenol	1,1-29,6	0,1-14	0,03
Összes PAH*	1,0-206,6	0,1-8,8	<1,75

3.49. táblázat Különböző forrásokból származó használt öntödei homok elemzésének eredményei
[169, Orkas, 2001]

Az Öntvényfejlesztő Központ (CDC) elemezte különböző használt öntödei homokok PAH értékeit (összes PAH, naftalin és rákkeltő PAH) és fenol tartalmát. Az eredmények a 3.50. táblázatban találhatók. Egy adott homokrendszerre a PAH- és fenol-tartalmak változásai a használt homokban viszonylag kicsik.

Homokrendszer	Policiklikus aromás szénhidrogének			Fenol	
	Naftalin	Rákkeltő PAH	Összes PAH	Összes (mg/kg)	Kilúgozódó (µg/l)
Nyershomok	<1,0-7,4	0,03-<1,0	<10-11	1,4-63	26-1 600
Alkálikus fenolos	1,1-4,8	0,026-0,096	2,3-8,1	1,4-210	0,025-4 400
Furán-gyantás	0,87-<1,0	0,014-1,5	1,0-<10	0,18-15	1,2-19
Gyantás héj	0,11-7,1	0,01-0,67	0,75-9,3	3,7-3 300	0,025-3 200

3.50. táblázat PAH és fenol tartalmak használt öntödei homokokban
[169, Orkas, 2001]

A kilúgozási vizsgálatok azt mutatták, hogy a fémek kilúgozódása általában kicsi, és a kromit-homok jelenléte miatti krómkilúgozódás jelentéktelen. [169, Orkas, 2001].

3.10.2. Öntés tartós formákban (kokillákban)

Bevitel	**Kibocsátás**
- vízalapú leválasztó szer, - hűtővíz, - folyékony fém, - magok.	- öntvény, - olajos köd a leválasztó szer porlasztásából, - szerves szennyezők a magkötőanyag termikus bomlásából, - fém-oxidokat tartalmazó füst a hőn tartó kemencéből, - por a magok ürítéséből, - szennyvíz.

Három különböző alumínium nyomásos öntöde tömegmérleg adatai láthatók a 3.51 táblázatban.

	Por „A" öntöde	**„B" öntöde**	**„C" öntöde**
Bevitel			
Víz	802 l/t	935 l/t	1 709 l/t
Leválasztó szer	16 l/t	8,26 l/t	1,121 l/t
Villamos energia	1 103 kWh/t	1 380 kWh/t	652 kWh/t
Kibocsátás			
Szennyvíz[1]		122 l/t	
KOI	18 000 mg/l		126 mg/l
pH	7,5		7,5
lebegőanyag	1 300 mg/l		1 mg/l
olaj és zsír	3 000 mg/l		1 mg/l (össz.
BOI_5	2 000 mg/l		szénhidrogén)
Al	5 mg/l		78 mg/l
			0,6 mg/l
Elszívott gáz			
NO_x		0,006 kg/t	
VOC		0,28 kg/t	0,14-0,27 kg/t
Por		1,8 kg/t	0,030-0,16 kg/t
Minden érték t jó öntvényben vagy mg/l elfolyó szennyvízben [1]A „C" öntödénél a szennyvízminőség a desztilláló üzemben és elpárologtató tornyokban való kezelés után.			

3.51. táblázat Anyagmérleg adatok, elszívott gáz és elfolyó szennyvíz összetételek alumínium nyomásos öntödei egységekben
[177, Silva Ribeiro, 2002], [202, TWG, 2002]

A jelenlegi nyomásos öntési gyakorlatban vízalapú leválasztó szereket permeteznek a nyitott kokillára, 1:50-1:200 arányú hígítás után. A kokilla bevonása mellett ezt a permetezést használják a kokilla hűtésére. Ez megmagyarázza a táblázatban kimutatott vízfelhasználás különbségeket. Ez a gyakorlat veszteségeket és vízelfolyást okoz, és 40%-ig terjedő víz/leválasztó szer elfolyást az öntöde szennyvíz rendszerébe.

Az állandó formában való öntés kibocsátási és felhasználási szintjei függenek a használt ötvözettípustól, az olvadék felületterületétől a formába helyezett homokmagok mennyiségétől, és az öntvény felület/térfogat arányától. A homokmagok a kibocsátás fő forrásai. Nincs nagy különbség a különböző öntési technikák között. Az eljárások és alkalmazások széles választéka következtében nem lehetséges átlagos adatokat megadni. [202, TWG, 2002]

A villamos energia felhasználás az olyan folyamatjellemzőktől függ, mint az öntőszerszám záróereje, melyet műszaki alapokon választanak meg.

A bronz, sárgaréz és zamak kibocsátási tényezőit belga adatok szerint a 3.52. táblázat tartalmazza.

Ötvözet	CuO	SnO	PbO	ZnO	Al_2O_3	MnO
Bronz	0,06	0,04	2-20	625-6 250	Nincs adat	Nincs adat
Sárgaréz	0,01	Nincs adat	0,007-1	125-21 500	Nincs adat	Nincs adat
Zamak	Nincs adat	Nincs adat	Nincs adat	0,004	0,2	0,01
Minden adat g/t folyékony fémben						

3.52. táblázat Bronz, sárgaréz és zamak indikatív kibocsátási tényezői
[110, Vito, 2001]

3.11. Kikészítés/öntés utáni műveletek

Bevitel	Kibocsátás
- befejezetlen öntvények, - koptató anyagok, - víz, szappan, - villamos energia.	- kész öntvények, - por (homok, fémrészecskék) a mechanikai műveletekből - elgőzösített fémek, égéstermékek a termikus műveletekből, - szennyvíz.

3.11.1. Nedves koptatás

A 3.53. táblázat alumínium öntvények nedves koptatásának beviteli és kibocsátási adatait tartalmazza. Az elfolyó víz egy vízkezelő rendszerbe jut, és kezelés után visszaforgatják a nedves koptató berendezésbe. Koptató testeket használnak, és azok változatlanul kerülnek ki a berendezésből, minimális kopás mellett.

Bevitel	
Villamos energia	20,7 kWh
Tisztítószer	0,5 l
Víz	490 l
Kibocsátás	
Elfolyó folyadék	400 l
Minden adat t jó öntvényenként	

3.53. táblázat Alumínium öntvények nedves koptatásának bevitel-kibocsátás mérlege
[177, Silva Ribeiro, 2002]

3.11.2. Szemcseszórás

A szemcseszórás elszívott gázainak kibocsátásait egy olasz öntödei felülvizsgálat adataiból gyűjtötték össze. Az eredmények a 3.54. táblázatban vannak kimutatva. Minden technika 30 mg/Nm^3-nél kisebb porkibocsátást ért el. A nedves venturi rendszer a legkevésbé hatékony rendszer, lényegesen nagyobb kibocsátási tényezővel a többi technikához képest. Másrészről biztonsági berendezésként is működik az alumíniumpor robbanásának megelőzésére. [225, TWG, 2003]

	Koncentráció (mg/Nm^3)			Kibocsátási tényező (g/t)		
	Átlag	**Minimum**	**Maximum**	**Átlag**	**Minimum**	**Maximum**
Zsákos szűrő	5,3	0,4	19,3	53,1	0,3	327,3
Nedves szűrő	12,0	4,2	16,4	21,9	7,9	30,1
Nedves multiciklon	8,2	4,2	14,8	54,9	18,5	135,4
Nedves venturi rendszer	12,8	1,1	22,3	149,0	2,3	523,5
A kibocsátási tényező adatai g/t jó öntvényben vannak kifejezve és tisztított gázra vonatkoznak.						

3.54. táblázat Szemcseszórás elszívott levegőjének kibocsátási adatai, különböző technikák alkalmazása esetén
[180, Assofond, 2002]

3.11.3. Öntvénytisztítás

Az öntvénytisztítás elszívott levegőjének (gázának) kibocsátásait egy olasz öntödei felülvizsgálat adataiból gyűjtötték össze. Az eredmények a 3.55. táblázatban találhatók. Minden technikával 30 mg/Nm^3-nél kisebb kibocsátást értek el. A zsákos szűrő és a venturi mosó 10 mg/Nm^3-nél kisebb maximális szintek elérését teszi lehetővé. A nedves multiciklon a legkevésbé hatékony rendszer, az egyéb rendszerekénél lényegesen nagyobb kibocsátási tényezőjével. A kibocsátási tényező nagyrészt függ a szükséges kikészítés mennyiségétől és a készített öntvények típusától.

	Koncentráció (mg/Nm^3)			Kibocsátási tényező (g/t)		
	Átlag	**Minimum**	**Maximum**	**Átlag**	**Minimum**	**Maximum**
Zsákos szűrő	3,0	0,4	7,5	17,0	2,3	85,6
Nedves multiciklon	14,8	7,6	7,5	275,6	96,2	497,2
Nedves venturi rendszer	2,5	1,1	5,9	45,5	35,5	63,4
A kibocsátási tényező adatai g/t jó öntvényben vannak kifejezve és tisztított gázra vonatkoznak.						

3.55. táblázat Öntvénytisztítási elszívott levegő (gáz) kibocsátási adatai, különböző porleválasztási technikák használata mellett
[180, Assofond, 2002]

3.11.4. Kikészítési (öntvénytisztítási) műveletek acélöntödékben

Az acélöntödékben lángvágást, lángtisztítást (lángolást) és hegesztést használnak kikészítési műveletekként. Az átlagos porkibocsátási adatok a 3.56. táblázatban találhatók. Ezek a következő technikákra vonatkoznak.

- *Vágás* (a beömlő és kitápláló rendszer levágása): tetrén-acetilén-vas-oxid lángvágás a rozsdamentes acélok vágásához
- *Lángtisztítás.* Rézzel burkolt szénelektróda használatával.
- *Hegesztés.* Elektródák vagy huzalok használatával.

Kikészítési technika	**Porkibocsátás (kg/t)**
Tetrén vágás	11-13
Lángtisztítás	9-11
Elektróda/huzal	3-3,5
Minden érték kg/t jó öntvényben	

3.56. táblázat Az acélöntvény kikészítés átlagos porkibocsátása
[202, TWG, 2002]

3.12. Hőkezelés

Bevitel	Kibocsátás
- tisztított (kikészített) öntvények, - energia (villamos, gáz vagy tüzelőolaj), - edzőközeg (víz, olaj, levegő).	- kész (hőkezelt) öntvény, - égéstermékek a tüzelésből, vízgőz, füst, olajköd, - NO_x, SO_2

A hőkezelő kemencék káros anyag kibocsátásai főként égésgázokat tartalmaznak, különös képpen a gáz- és olajtüzelésű kemencéké. Az égésgázok összetétele a használt tüzelőanyag fajtájától függ. Az olajtüzelésű kemencék SO_2-t bocsátanak ki, mely nem fordul elő a földgáz tüzelésű kemencék gázaiban. Ahol edzést végeznek, füst, vízgőz vagy olajköd-kibocsátás is történik az edzőközegtől függően.

A hőkezelő kemencék ismertek a jól ismert „nem levegő" összetevők folyamatos forrásaiként. A kibocsátási szintek szoros kapcsolatban vannak az energiafelhasználással, az égő konstrukciójával és a karbantartással. A kibocsátás felfogása nem jelentékeny a lágyító kemencéknél. A kibocsátás felfogása a különböző kemencéknél jelentősen különbözik, és a kibocsátásokat a hulladékgáz csővezeték útján távolítják el. Általában nem történik további gázkezelés.

Az edzés általában adagonkénti folyamat. Ebből az okból a kibocsátási szintek lényegesen változnak. Az edzőkádakból származó kibocsátásokat többnyire lényegtelennek tartják a környezetre nézve, habár lényegesekké válhatnak nagy termelés esetén. A forráserősségre (kibocsátás rátára) és kémiai vegyületekre nem találtak adatokat.
[32, CAEF, 1997]

3.13. Szennyvíz

3.13.1. A szennyvíz forrásai

Az öntödékben használt technológiai víz mennyisége csekély, és főként a portalanításhoz választott technikáktól függ. Szennyvíz főként azokban a portalanítási és füstgázkezelési rendszerekben képződik, melyeket az olvasztóműben, a formázóanyag előkészítésben és regenerálásban, valamint a tisztítóüzemben alkalmaznak. Szennyvíz képződik a magkészítésnél is, ha nedves mosókat használnak (a használt magkészítési technikától és kötőanyagoktól függően). Kevés üzemben (2 ilyen üzemet jelentettek Európában) használnak vizet a homokregeneráláshoz. Vizet használnak még általában a kupolókemence köpenyének hűtésére és a nyomásos öntvények fürdőinek hűtésére.

A szennyvíz lehetséges forrásai a következők:
- a hulladéktároló és telephely csatornázása,
- a homokelőkészítés,
- az öntöde különböző területein a portalanításra használt nedves mosók,
- a nyomásos öntőgépek és öntőszerszámok hűtése,
- vibrációs kikészítés (nedves koptatás)
- a hőkezeléshez használt hűtő fürdők.

A termelés-specifikus szennyvízmennyiség átlag 0,5 m^3/t jó öntvény.
[160, UK Environment Agency, 2002], [195, UBA, 2003]

3.13.2. A hulladéktárolóból származó szennyvíz

A hulladék tartalmazhat rátapadt földet (talajt), és a vásárolt hulladék jellemzően magán viseli a termelés-specifikus szennyeződéseket. A hozzátapadó szennyeződések lemosódhatnak, amikor esik az eső, és beszivároghatnak a talajba és a felszín alatti vízbe. A lehetséges szennyeződésekről áttekintés látható a 3.57. táblázatban.

Hulladéktípus	Hozzátapadt szennyeződések
Forgács	Forgácsolási olajok, emulziók (klórt tartalmazhatnak)
Lyukasztási forgács	Lyukasztási olajok (tartalmazhatnak klórt)
Az előírásoknak nem megfelelő gépöntvény töredék	Hidraulika olajok, kenőolajok
Hidegalakítási és kovácsolási hulladék	Foszfátok, cinkszappanok, grafit, alakítási olajok.

3.57. táblázat Meghatározott hulladéktípusok lehetséges szennyezései
[195, UBA, 2003]

Ha a hulladékhoz tapadt szennyező anyagok a vizekre veszélyes anyagokat tartalmaznak (olajokat, emulziókat), akkor be kell tartani a vízre veszélyes anyagok tárolására vonatkozó követelményeket.

3.13.3. A kupolókemencés olvasztásnál használt nedves mosókból származó szennyvizek

Az olvasztóművekben a kupoló füstgázainak tisztítására nedves mosókat használnak. A nedves mosók vizet használnak a porrészecskék (átlagos tartalmuk: 10-15 g/Nm^3) és olyan gázok, mint a kén-dioxid eltávolítására a kupolókemence füstgázaiból. Az ülepítő tartályban a szilárd részecskék nagy részét felfogják, és ezzel csaknem teljesen eltávolítják a mosóvízből.

A kupoló füstgázából kimosott részben savas gázok, mint a kén-dioxid összegyűlnek a mosóvízben, növelve annak sókoncentrációját (pl. nátrium-szulfát képződésével) és csökkentve pH-értékét. Ezt a sókoncentrációt növelik a párolgási veszteségek, így szükséges a víz elszívása időről időre.

Az olvasztómű porleválasztó rendszeréből származó szennyvíz főként a következőket tartalmazza:

- szilárd anyagokat, mint pl. szilícium-, vas-, és alumínium-oxidok, kalcium-karbonátok és cianidok, nehézfémek; ezek a cink kivételével csak nagyon kis koncentrációban vannak jelen,
- szerves szennyező anyagokat, melyek a szennyvízbe kerülhetnek a szennyezett hulladék útján.

Az AOX (abszorbeálható szerves halogének) szintje a kupolókemence füstgázainak mosásához használt vízben több milligrammot érhet el. Az AOX-tartalom lehetséges okai azok a hulladék bevonatok és a hulladékhoz tapadt klórtartalmú szerves vegyületek, melyek a vízbe kerülnek a gázmosási folyamat alatt. A klórtartalmú szerves vegyületek a vízbe kerülhetnek olyan segédanyagokból is, mint a háztartási sósav vagy vas- és alumínium-klorid, melyeket kicsapató szerként használnak.

A 3.58. táblázat áttekintést ad a kupolókemencék nedves mosóiból származó iszap víztelenítése során keletkező, a szűrőből elfolyó folyadék szennyezőanyag koncentrációjáról.

Elemzett	Egység	Érték
pH érték		7,2-9,9
Elektromos vezetőképesség	µS/cm	1 400-18 400
Ólom	mg/l	<0,01-2,5
Kadmium	mg/l	<0,01-0,03
Króm	mg/l	<0,01-0,13
Réz	mg/l	0,02-0,89
Nikkel	mg/l	0,04-0,23
Higany	mg/l	<0,001
Cink	mg/l	1,8-27,9
Szulfátok	mg/l	430-1 550
Kloridok	mg/l	1 330-3947
KOI	mg/l	154-7 580

3.58. táblázat Kupolókemencék nedves mosóiból származó zagy víztelenítési szűrlet folyadékának szennyező anyag koncentrációi
[195, UBA, 2003]

3.13.4. Az öntés, hűlés, ürítés, valamint formázás/homokelőkészítés területéről származó szennyvíz

Az öntő, hűtő és ürítő tartományban és a formázás/homokelőkészítésnél a formázóanyagból oldhatatlan finom részecskéket választanak le a porleválasztásnál, a használt kötőanyagok kis szerves összetevőivel együtt. Ha nedves leválasztást alkalmaznak, ezek a vegyületek megtalálhatók a szennyvízáramban. A szervetlen szilárd részek vas-oxidok és agyagok, melyek részben finoman eloszlanak és ezért nehéz eltávolítani.

3.13.5. Szennyvíz a magkészítésből

A magkészítő műhelyekben vegyi mosókat használnak. Ezek savakat (cold-box eljárás), vagy lúgokat (SO_2 és Croning-eljárás) használnak. A kibocsátott szennyvíz mennyisége a körforgalomban lévő víz szennyezőanyag és sótartalmának felgyülemlésétől függ. Ha a szennyezettség szintje túl nagy, a szennyezett víz egy részét el kell szívni.

A cold-box és hot-box magkészítés mosóoldatai biológiailag könnyen lebontható aminokat és fenolokat tartalmaznak.

Az amin-tartalmú mosó oldatok kezelése egy nitrifikálási/denitrifikálási lépcsőt kíván meg. Ezek a kezelési lépcsők egy külső biológiai szennyvízkezelő üzemben is végrehajthatók. A mentesítés egy változata az aminok visszanyerése.

Az SO_2-eljárás mosó oldatai az oxidációt követően főként nátrium-szulfátot tartalmaznak. Mivel nagy szulfát-koncentrációk (>600 mg/l) a csatornarendszer rongálódásához vezethetnek, a határértéket az illetékes hatóság állapítja meg a helyi viszonyoknak megfelelően (pl. a szulfátálló csővezeték jelenléte és más szennyvizekkel való hígítás szerint).
[195, UBA, 2003]

4. AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB ÖNTÖDEI TECHNIKÁK KIVÁLASZTÁSÁNÁL FIGYELEMBE VETT TECHNIKÁK

Ebben a fejezetben az egyes feldolgozási lépések környezetvédelmi és energiatakarékossági intézkedéseit adtuk meg. A különböző technikák fajták szerint vannak csoportosítva, mely lehetővé teszi a téma szerinti megközelítést a különböző öntödei eljárások és lépések felbecslésére.

Valamennyi technika vagy a folyamat optimalizálását, vagy a környezeti hatások csökkentését célozza, mint pl.:

- minden egyes művelet kiválasztását és optimalizálását pl.: raktározás, olvasztás és fémkezelés, forma- és magkészítés, öntés
- a levegőbe és vízbe való kibocsátás csökkentését,
- az energiafelhasználás hatékonyságának növelését,
- a maradékok minimalizálását és újra-felhasználását

A téma szerinti megközelítésnek megfelelően az anyag a következő fejezetekre van bontva:

4.1. Nyersanyag-raktározás és kezelés
4.2. Fémolvasztás és folyékony-fém kezelés
4.3. Forma- és magkészítés, beleértve a homok-előkészítést is
4.4. A fém öntése
4.5. A füst, szálló gáz és elszívott levegő felfogása és kezelése
4.6. Szennyvízkezelés
4.7. Energiahatékonyság
4.8. Homokregenerálás, visszaforgatás, újra-felhasználás, és elhelyezés
4.9. Por és szilárd maradványok (hulladékok) kezelése és újra-felhasználása
4.10. Zajcsökkentés
4.11. Hulladék-elhelyezés

Az elérhető legjobb technikák (BAT) kiválasztásának lehetővé tétele érdekében, az összes figyelembe veendő technika egy szabvány szerkezet szerint kerül bemutatásra. Ezen szerkezet tételeit a 4.1. táblázat mutatja be.

Az ebben a fejezetben foglaltak minden egyes technikáról tájékoztatást adnak. A technikák mérlegelésével és kiválasztásával az 5. fejezet foglalkozik, a 4. fejezetben foglalt információkra alapozva.

Az információ típusának megnevezése	Az információ típusa
Leírás	A technika műszaki leírása
Az elért környezeti előnyök	A technika által előidézett fő környezeti hatások
Működési adatok	A technikát használó működő üzemek felhasználási és kibocsátási szintjének adatai. Minden egyéb információ arról, hogy hogyan kell működtetni, fenntartani és ellenőrizni a technikát.
Környezeti elemek közötti kölcsönhatások	Minden kölcsönhatás és más környezeti elemnek okozott hátrány, melyet a megvalósítás okozott. A technika környezeti hatásai összehasonlítva másokkal.
Alkalmazhatóság	Azoknak az üzemeknek típus szerinti megjelölése, melyekben a technika alkalmazható, figyelembe véve pl. az üzem korát (új vagy meglévő), nagyságát (nagy vagy kicsi), a már alkalmazott technikáit (pl. kemence típust, formázási

	technológiát) és a termékeinek típusát (vasalapú vagy egyéb fém)
Gazdasági kérdések	Tájékoztatás a költségekről (mind a beruházási, mind az üzemeltetési), és a lehetséges megtakarításokról, beleértve azokat a részleteket, ahogy ezeket a költségeket kalkulálták.
A bevezetés hajtóereje	Helyi körülmények és követelmények, melyek a bevezetéshez vezetnek, vagy ösztökélhetik azt. Tájékoztatás azokról a környezetitől eltérő okokról, melyek indokolják a bevezetést (pl. a termelékenység növelése, biztonság).
Példaüzemek	Utalások olyan üzemekre, melyekben a technika már alkalmazást nyert, és melyekből információkat gyűjtöttek.
Irodalmi hivatkozás	Irodalom, melyet a fejezet megírásához használtak, és amely további részleteket tartalmaz.

4.1. táblázat Minden egyes, a 4. fejezetben foglalt technika tárgyalásában foglalt információ

4.1. Nyersanyag raktározás és kezelés

4.1.1. Bevezetés

A szilárd anyagok, gázok és folyadékok raktározását és kezelését „A tárolásból származó kibocsátások” BREF [205, European IPPC Bureau, 2003] tárgyalja. A dokumentum tartalmazza az elérhető legjobb technikákat pl. a halmokhoz, silókhoz, tartályokhoz és csomagolt anyagokhoz (pl. veszélyes és gyúlékony anyagok). Ezek alkalmazhatók az olyan öntödei nyersanyagok esetében, mint a homok, vashulladék, koksz, tüzelőanyagok (gáz, olaj), vegyszerek, adalékok és az olyan maradék anyagokhoz, mint a használt öntödei homok, leválasztott por és salak. Ebben a fejezetben csak az olyan, öntödére jellemző témákat tárgyaljuk, melyek nem szerepelnek „A tárolásból származó kibocsátások” BREF-ben.

4.1.2. Tárolás és vizet át nem eresztő hulladéktároló terület

Leírás
A hulladéktároló területet a következő tényezők figyelembe vételével lehet kialakítani és irányítani:

- a kemenceadag összeállítása szükségessé teszi az adagolandó anyagok ismeretét. A különböző fémfajták és minőségek elkülönített raktározása lehetővé teszi az adag-összeállítás ellenőrzését, irányítását. Ez rekeszek vagy boxok használatával valósítható meg a raktéren vagy bunkerekben,
- ásványi és oxidos anyagok, mint rozsda, föld vagy piszok bevitele nagyobb mértékű tűzálló-anyag kopást eredményez. A lebetonozott hulladéktároló tér megakadályozza a föld, piszok vagy víz bevagonírozását,
- a hulladéktároló tér tetővel való befedése segít az esővíz kívül tartásában és a porkibocsátás megfékezésében,
- vízgyűjtő és -kezelő rendszer használható a talaj vagy víz szennyezésének megakadályozására.

Elért környezeti előnyök
A tető és megerősített (betonozott) udvar lehetővé teszi a lefolyó víz összegyűjtését, és ezért megakadályozza a vízbe és a talajba történő ellenőrizetlen kibocsátást. A talajba való közvetlen kibocsátás is minimális, mivel az anyag és a talaj keveredése meg van akadályozva.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek környezeti elemek közötti kölcsönhatások.

Alkalmazhatóság
A vizet át nem eresztő hulladék tároló tér alkalmazható a hulladék tárolására minden új és meglevő öntödében. A vashulladékot tető alatt tárolják, vagy a tárolótér vízgyűjtő és kezelő rendszerrel ellátott a vizek és a talaj szennyezésének megakadályozására.

A bevezetés hajtóereje
Az adag-összeállítás és a kemence üzemeltetésének irányítása javul, és ezzel a fém összetétele is. Minimalizálható a tűzálló kemencebélés elhasználódása is.

Példaüzemek
Ez a technika az öntödék többségében alkalmazott.

Irodalmi hivatkozás
[202, TWG, 2002]

4.1.3. Tárolási intézkedések vegyi kötőanyagok tárolásához

Leírás
A vegyi kötőanyagokon a gyártó specifikus tárolási javaslatai fel vannak tüntetve. Az ezektől az ajánlásoktól való eltérés használhatatlan, vagy nem szabványos termékeket eredményez, mely vagy különleges hulladék ártalmatlanítást tesz szükségessé, vagy gyenge minőségű öntvények készítését okozza a nem kifogástalan formák/magok következtében. A 4.2. táblázat összefoglalja azokat a minőségi problémákat, melyek a folyékony vegyi kötőanyagok helytelen tárolásából erednek. A helyes tárolás számításba veszi ezeket a problémákat.

Probléma	A termékre gyakorolt hatás	Következmény	Az öntvényekre gyakorolt hatás
Túl nagy hidegnek kitettség	Víz alapú termékek megfagyhatnak	Termékkiválás történhet, formahibát okozva. Az érintett termékeket el kell távolítani.	Az öntvénygyártás lehetetlenné válhat
Túl nagy melegnek vagy napfénynek kitettség	Idő előtti elöregedés, a gyanták keresztkötése és a viszkozitás megnövekedése	Rossz keveredési tulajdonságok, kis forma-szilárdság és gyenge ellenállás nagy hőmérséklettel szemben	Tisztítási hibák
Túl hosszú tárolás, vagy hideg tárolás	Megnőtt viszkozitás	Nehéz a homokszemcsék közé való diszperzió. A homokkeverék kevésbé jól folyik és nehéz tömöríteni. Kis szilárdságú formák	Elmosás, exogén (homok) zárványok, tisztítási és mérethibák
Nedvességgel szennyeződés	Az izocianát-tartalmú termékek tönkremennek, a vízzel való reakció következtében	Rossz a kötőanyag teljesítménye, és lehet, hogy a terméket ki kell dobni.	A gázos hibák (tűlyukacsosság) kockázatának megnövekedése
Üledékkezelés nagy szilikáttároló tartályokban	A pumpált folyadék egyenetlenné válhat	Kis formaszilárdság	Túlméretes (megdagadt) öntvények és fogyási hibák

4.2. táblázat A folyékony vegyi kötőanyagok helytelen tárolásából eredő problémák
[71, ETSU, 1998]

Néhány alapvető intézkedés a következő:
- tetővel fedett és szellőző tér,
- a kiömlött folyadék összegyűjtése,
- zárt tároló terület.

Az éghajlattól függően lehet számolni túlzott hidegnek vagy melegnek és napfénynek való kitétellel. További megelőző intézkedésekre van szükség az erősen gyúlékony folyadékok, mint pl. a metil-formiát, trietil-amin (TEA), dimetil-etil-amin (DMEA) és izopropil-alkohol tartalmú formabevonó anyagok tárolásánál.

Elért környezeti előnyök
A keletkező, használatra alkalmatlan, vegyi anyag hulladék mennyiségének csökkentése. A legtöbb vegyi kötőanyag veszélyes, és a következő tulajdonságok valamelyikével jellemezhető: mérgező, korrozív, gyúlékony. Ezek a tulajdonságok azt jelentik, hogy még kis kifröccsenések is veszélyt jelenthetnek a munkások egészségére és biztonságára, míg nagyobb kiömlések komoly balesetet okozhatnak. Egy nagyobb kiömlés, amely bejut a felszíni víz csatornába, komoly szennyezést eredményezhet a vizekben.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek környezeti elemek közötti kölcsönhatások.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő berendezésre vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A biztonsági intézkedések és az öntödei műveletek optimalizálása.

Példaüzemek
Ez a technika az öntödék többségében alkalmazott.

Irodalmi hivatkozás
[75, ETSU, 1996]

4.1.4. Tiszta hulladék használata az olvasztáshoz és a homok eltávolítása a visszatérő saját hulladékról

Leírás
Tiszta hulladék olvasztása megelőzi annak kockázatát, hogy a salak nem fémes vegyületeket vegyen fel, és/vagy megtámadja a kemence bélését. Ezek a vegyületek jellemzően mész, vas-oxid, mangán-oxid és bázikus oxidok (pl. MgO a gömbgrafitos öntöttvas visszatérő hulladékából) kombinációban a szilícium-tartalmú tűzálló anyaggal (savas). Ha a szennyeződés mennyisége korlátozott, ez csökkenti a képződő salak mennyiségét és növeli a kemence és az üst bélésének élettartamát. A gömbgrafitos öntöttvas gyártásánál, savas bélésű kemence használata mellett, a kvarchomok-tapadványok előnyös hatásúak lehetnek, mivel semlegesítik az öntödei visszatérő hulladékból származó MgO-t.

Ha szennyező anyagok és oxidok vannak jelen a kemence adagjában, ezek mind az olvasztó energia egy részét fogyasztják. A salak eltávolítása továbbá nagyobb fürdő-hőmérsékletet tesz szükségessé a salak folyékony állapotban tartásához.

A visszatérő saját hulladék beömlő és kitápláló rendszerekből és selejtes öntvényekből áll. A beömlő- és kitápláló rendszereket az ürítéskor letörik. Általában nem tartalmaznak hozzájuk tapadt homokot, geometriájuk következtében. A selejtes öntvényeket a minőségellenőrzésnél különítik el, mely az öntvények homokfúvással vagy szemcseszórással végzett tisztítása után történik. A homokmentes visszatérő hulladék használata ezért nem tesz szükségessé külön tisztítást.

Elért környezeti előnyök
Ez a technika csökkenti a salak és por mennyiségét mely kezelést (lerakást stb.) igényel és korlátozza a VOC-kibocsátást. Az energiafelhasználás csökken (10-15%-kal) a salakmennyiség csökkenése következtében. Az elszívott levegőáram is csökkenthető.
A vásárolt hulladék szemcseszórása tanácsos olyan hulladéknál, melynél a szennyeződés túlzott mennyiségű salak képződéséhez vezethet. A szemcseszórt hulladék kizárólagos használata valójában salakképző adalékok használatát is szükségessé teszi.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Ha az öntödék csak tiszta hulladékot fogadnak, a szennyezett hulladék mindenre kiterjedő visszaforgatási aránya csökken. Ez kiegészítő tisztítási műveletek szükségességét idézi elő, és növeli az ártalmatlanítandó hulladék mennyiségét.
A homoknak a visszatérő saját hulladékról való eltávolítására használt tisztítási technikák energia felhasználással járnak. Ezt azonban kiegyenlíti az olvasztásnál elért energia megtakarítás.

Üzemeltetési adatok
Egy működő öntöde jelentése szerint 30-40 kg homok 1 tonna öntvényről való eltávolításához az energiafelhasználás 12-15 kWh. A felhasználás nagysága az öntvények méretétől és típusától függ.
Villamos ívkemencében olvasztó acélöntödéből 2-3% folyékony fém kihozatal (csapolt fém/adagolt fém) növekedést jelentettek.
A villamos ívkemence tipikus fémadagja 55% öntödei acélhulladékból, 40% saját visszatérő hulladékból, és 5% összetétel kiigazító adalékból áll.
Ha az öntödék csak tiszta hulladékot fogadnak, a szennyezett hulladék általános, mindenre kiterjedő visszaforgatási aránya csökken. Ez kiegészítő tisztítási műveletek szükségességét idézi elő, és növeli az ártalmatlanítandó hulladék mennyiségét. A visszatérő saját hulladékról a homok eltávolítása tisztító technikák segítségével energiát fogyaszt. Ez azonban kiegyenlítődik az olvasztásnál fellépő energiamegtakarítással.

Alkalmazhatóság
A homok eltávolítása a saját visszatérő hulladékról minden új és meglévő öntödében alkalmazható. A tiszta hulladék használata az olvasztáshoz minden típusú öntödében alkalmazható, de a vásárolt hulladék fajtájának kiválasztását a meglévő olvasztási és gáztisztítási technikához kell igazítani. Ha az egész ágazat a tiszta hulladék használata mellett dönt, ez problémát okozhat a szennyezett hulladék visszaforgatásában.

A tiszta vasalapú hulladék (acél és mind egyaránt) használata megnöveli a beszerzési költségeket, és új tisztító berendezés beruházást igényel. Nem okoz nehézségeket sem az oxidált felületű hulladék, sem a nyersvas használata a kupolókemencében történő olvasztásnál (redukáló folyamat). A villamos kemencében való olvasztásnál csak olyan szennyezett

hulladék használatánál lépnek fel nehézségek, melyeknek paraméterei nem felelnek meg az öntödei acélhulladék paramétereinek.

A kupolókemencék könnyen megolvasztják a nem tiszta hulladékot. Kis többlet kokszfelhasználással jár és kevés környezeti következménye van, ha a gázokat helyesen kezelik.
A salak korlátozása nagyon fontos a tégelyes indukciós kemencék jó üzemeltetéséhez. A hulladék tisztaságának itt nagyobb hatása van a működtetésre, mint más típusú kemencéknél.

A szennyezett hulladék használatának nincs káros hatása a forgódobos kemence működésére, de ez a porkibocsátás meghatározó tényezője. Csak kis környezeti hatása van, ha a gázokat helyesen kezelik.

Gazdasági kérdések
A tiszta hulladék (1. kategóriás) 20-30%-al drágább, mint a szennyezett (2. kategóriás). A kokszfogyasztás a kupolókemencékben 10-20%-kal csökkenhet. A salak és por ártalmatlanítási költsége is csökken ezen technika alkalmazásával.

A bevezetés hajtóereje
A hulladék elhelyezési költségek nagysága és a költséges tűzálló anyagok.

Példaüzemek
Ezt a technikát szokásosan alkalmazzák az öntödékben.

Irodalmi hivatkozás
[103, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, 1998], [110,Vito, 2001], [202, TWG, 2002]

4.1.5. A saját vashulladék belső visszaforgatása

Leírás
Saját hulladék a beömlő- és kitápláló rendszer ürítésnél történő letöréséből, a minőségellenőrzésből és a tisztítási műveletekből képződik. A képződő saját hulladék mennyisége a fémkihozatalból számítható. A maradéktermelés minimalizálása érdekében a saját hulladékot visszaforgatják a kemenceadagba.
Acélöntödéknél a saját hulladék 100%-os felhasználása ritka az oldott gázok mennyisége miatt. Az üzemeltetők 60%-ot tartanak maximális mennyiségű visszatérő anyagnak (felöntések, selejt öntvények) a betétben. A forgács használata a folyékony fém túlzott oxidációját okozhatja.
A saját hulladék belső visszaforgatása korlátozott a gömbgrafitos alapvas olvasztásánál is, mivel nagy mennyiségű szilíciumot (a legtöbb esetben mintegy 1%-ot) adnak a folyékony fémhez kezeléskor. Bizonyos esetekben az összes saját hulladék újraolvasztása nem lehetséges, mert ebben az esetben a végső szilícium-tartalom túl nagy lenne (jellemzően 2-3% az öntvényben).
A lemez- és gömbgrafitos öntöttvas esetében az ólom és a bizmut nagyon ártalmas a fém dermedés utáni tulajdonságaira. Ha szennyezés fordult elő, a visszatérő hulladékot nem szabad visszaforgatni.

Elért környezeti előnyök
A maradékok minimalizálása a saját hulladék visszaforgatása által.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek környezeti elemek közötti kölcsönhatások.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő üzemben alkalmazható.

Gazdasági kérdések
A technika nem jár többletköltségekkel.

A bevezetés hajtóereje
A maradék anyagok minimalizálása, a fém optimális felhasználása.

Példaüzemek
A technikát minden európai öntöde alkalmazza.

Irodalmi hivatkozás
[202, TWG, 2002]

4.1.6. A magnéziumhulladék belső visszaforgatása

Leírás
„*Cellán belüli visszaforgatás"*
A tiszta beömlőket közvetlenül az olvasztókemencében lehet megolvasztani. Az oxidok és más zárványok miatt a visszaforgatható hulladék mennyisége korlátozott. A pontos analitikai és metallográfiai ellenőrzéshez speciális készülékek szükségesek.

„Házon belüli visszaforgatás"
A hulladékot külön visszaforgató üzemben kezelik és forgatják vissza az öntöde telephelyén. Két technika alkalmazható:

- *folyósítószer nélküli átolvasztás:* a Mg hulladék átolvasztása védőgáz alatt kádkemencében; csak 1. osztályú hulladékhoz alkalmazható. Előnye a kis kiegészítő beruházás és kis energiafelhasználás.
- *sófürdős átolvasztás*: a Mg hulladék átolvasztása sótakaró alatt. Alkalmazható minden hulladékosztályhoz, kivéve a használt folyósítókat és (kezeletlen) iszapot. Ha csak 1. és 2. osztályú hulladékot használnak, HP (nagy tisztaságú) magnéziumötvözet készíthető.

Mindkét technika használható folyékony adagolásra Mg-tömbök vagy fémolvadék gyártásához. Mind a folyósító szer nélküli, mind a sótakaró alatti átolvasztás salakkaparék (uszadékok az olvadékon) és iszap (üledékek az olvadékban), valamint fémtartalmú maradék (70-80% Mg az iszapnál, 60-90% Mg a salakkaparéknál) képződésével jár. A fémtartalom visszanyerésére három lehetőség áll rendelkezésre:

- só átolvasztás (ugyanabban, vagy külön kemencében)
- átolvasztás alumíniumiparban
- felhasználás vas vagy acél kéntelenítéséhez.

Ha a hulladékot folyósító szer nélküli kemencében olvasztják át, a salakkaparék és iszap sójának átolvasztása egy külön kemence üzemeltetését teszi szükségessé.

A kevert osztályú hulladék átolvasztása a só átolvasztás alkalmazásával történik. A kevert hulladék előkezelést igényel. A 4.1.3. táblázat az előkezelés inputjáról és outputjáról ad áttekintést.

Bevitelek	Berendezés	Kibocsátások	A technológiai sor vége
olajos vagy nedves Mg forgács (>2% olaj/víz) villanyáram	**Centrifuga**	Mg forgács (<2% olaj/víz) olaj/víz emulzió	
centrifugált és minden egyéb hulladék villanyáram	**Forgácsprés (T=400˚C)**	préselt forgács távozó levegő	a porlasztott olajrészecskék szeparátora
beömlők, öntvényselejt salakkaparék (só nélkül, az öntödei folyamatból) villanyáram	**Aprítógép (ha szükséges)**	aprított anyag por	

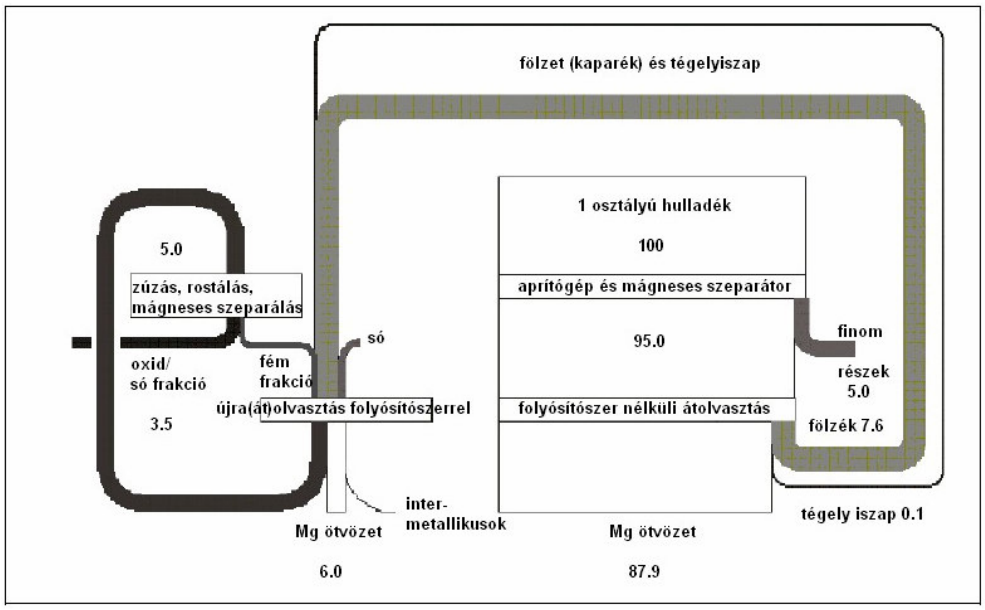
4.3. táblázat A magnéziumhulladék-kezelő berendezésének bemenetei és kibocsátásai

A fém visszanyerését az átolvasztott só-maradékból száraz zúzással és szitálással, valamint mágneses szeparálással, vagy nedves mosó rendszerrel végzik. A nedves rendszerben magnézium frakció és iszap képződik, ami a műtrágyagyártó iparban használható fel.

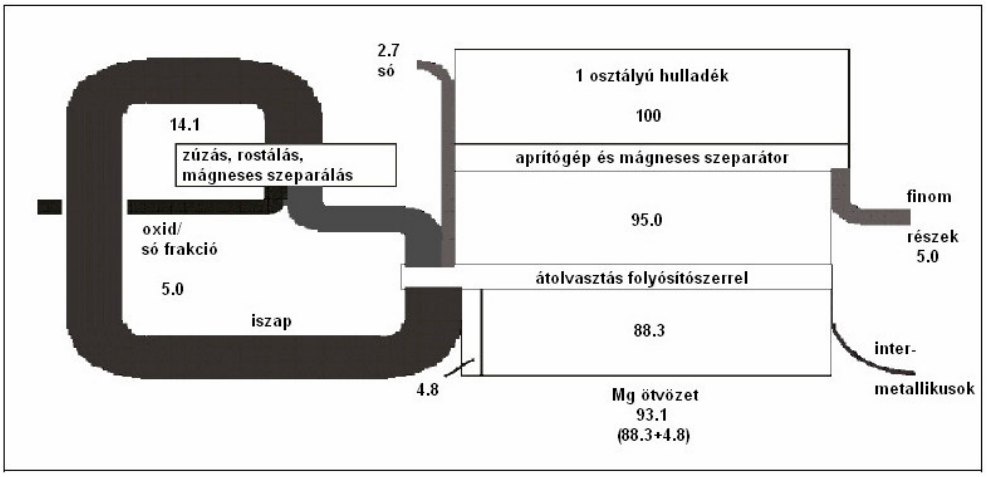
Elért környezeti előnyök
A legfőbb előny a magnézium optimalizált visszaforgatása. A belső visszaforgatás további előnye, hogy nem szükséges külső visszaforgató üzembe szállítás. Típus-specifikus olvasztással a fémkihozatal nő.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A folyósító-szer nélküli átolvasztás kéntartalmú védőgázok használatával jár, mely hozzájárul a globális felmelegedéshez (SF_6), vagy mérgező (SO_2). Ezt a témát a 4.1.2.7.1. szakasz tárgyalja.

Üzemeltetési adatok.
Az 1. osztályú hulladék átolvasztásának tapasztalati tömegáramlási diagramjait a 4.1. és 4.2. ábra mutatja. A diagramok az iszap és salakkaparék belső átolvasztását is magukban foglalják.



4.1. ábra Az 1. osztályú magnézium-hulladék folyósítószer nélküli újraolvasztásának tömegáram diagramja
[206, Ditze and Scharf, 2000]



4.2. ábra Az 1. osztályú magnéziumhulladék só alatti átolvasztásának tömegáram diagramja
[206, Ditze and Scharf, 2000]

Egy 2 000 t/év teljesítményű, kevert, előkezelt hulladék átolvasztó üzem (3, egyenként 600 kg kapacitású kemence) üzemeltetési adatai a következő felhasználásokat tükrözik: 3,4 kg só/t hulladék és 26,5 Nm^3 gáz/t hulladék.

Alkalmazhatóság
Ez a technika új és meglevő magnézium-öntödékben alkalmazható.

Gazdasági kérdések
A külső visszaforgatás költségei megközelíthetően 1 200 EUR/t-ra becsülhetők, a szállítástól, a szállítási távolságtól és a helyi piactól függően. A házon belüli visszaforgatás költsége 500 EUR/t, a különbség 700 EUR/t. Egy egyedi üzemnél 1 500 t/év visszaforgatandó anyaggal ez több, mint 1 millió EUR megtakarítási lehetőséget jelent évenként.

A megadott adatok általánosak, és minden egyes vállalatnál egyedileg adaptálandók. A termékektől és az alkalmazott eljárásoktól függően figyelembe kell venni a hulladék elkülönített gyűjtésére fordított költségeket. A hulladékot fajlagosan kell gyűjteni minden ötvözet és minden eljárás szerint.
További nagyobb hatású tényezők a következők:

- az értékcsökkenés (megközelítően 10% egy 5 éves érték leírási időszakban),
- személyi költségek (35-40%),
- az új anyag költségei (megközelítően 30%) az anyagveszteség (becsült 7%) pótlására,
- az energia, karbantartás, pótalkatrészek, só, hulladék elhelyezés költségei (20-25%).

A folyósítószerre alapozott berendezésnek, két kemencével, 8-11 hónap között mozog az amortizációja. Egy 500 kg óránkénti magnézium kapacitású folyamatos berendezés amortizációja valószínűleg néhány hónappal hosszabb.

A bevezetés hajtóereje
A magnézium kihasználás optimalizálása, az ártalmatlanítandó magnézium mennyiségének csökkentésével.

Példaüzemek
TCG Unitech, Kirchdorf/Krems (A) házon belüli visszaforgatást alkalmaz. Folyósítószer nélküli átolvasztó üzemekről nem történt jelentés Európában, habár az olvasztási technológia a piacon rendelkezésre áll.

Irodalmi hivatkozás
[202, TWG, 2002], [206, Ditze és Scharf, 2000], [223, Rauch et al., 2003]

4.1.7. Használt tartályok visszaforgatása

Leírás
A vegyszerek és adalékok szállítói visszavehetik az üres tartályokat (műanyag, fa, fém) hasznosításra. Érdemes megfontolni a lehető legnagyobb méretű tartályok használatát.

Elért környezeti előnyök
Megakadályozza a hulladékképződést és ösztönzi a visszaforgatást.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Ha a tartályokat további tisztítás nélkül visszaadják, nincsenek környezeti elemek közötti kölcsönhatások.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő üzemben alkalmazható.

Gazdasági kérdések
A gazdaságossági adatok eltérnek az egyes telephelyek esetében, és függenek a szállítóval kötött megállapodástól.

A bevezetés hajtóereje
A hulladékra és csomagolási hulladékra vonatkozó jogszabályok által előírt megelőzési és visszaforgatási tervek.

Példaüzemek
Ezt a technikát általánosan használják az európai öntödék.

Irodalmi hivatkozás
[110, Vito, 2001]

4.2. Fémolvasztás és a fémolvadék kezelése

4.2.1. Kupolókemencék

Ez a szakasz az olvasztási gyakorlatot és a kemencék üzemeltetését tárgyalja. A technikák vagy a hideg- vagy a forrószeles üzemre, vagy mindkettőre vonatkoznak. A torokgázra vonatkozó technikákat, mint az utóégetést és torokgáz tisztítást a 4.5.2. szakasz tárgyalja. Az a szakasz tárgyalja a hidegszelesről a forrószeles kupolókra való áttérést is.

4.2.1.1. A kemence üzemeltetésének optimalizálása

Leírás
A por és elszívott torokgáz mennyisége közvetlen arányban áll a vas tonnájára eső koksz adaggal. Ezért minden olyan intézkedés, mely javítja a kupoló termikus hatásfokát, egyúttal csökkenti a kemence kibocsátását is.

A jó olvasztási gyakorlat lehetséges intézkedései a következők:

- *a kemence lehető legoptimálisabb működési módon történő üzemeltetése*
  A szélmennyiség és a koksz-adag hatása a csapolási hőmérsékletre és az olvasztási teljesítményre minden kupoló esetében kifejezhető Jungbluth-hálódiagrammal. A hálódiagram mennyiségileg csak arra a kupolóra érvényes, melyre elkészítették. Kimutatja, hogy a fémhőmérséklet és az olvasztási teljesítmény miként viselkedik a fúvószél és kokszadag arányának változásával, és lehetővé teszi az optimális termikus hatásfok pontjának (vagy vonalának) meghatározását.
- *az olvadék túlzottan nagy hőmérsékletének elkerülése és a túlhevítési hőmérséklet csökkentése* intézkedésekkel a csapolt fém kezelése alatt,
- *egyöntetű adagolás:* gondot fordítva arra, hogy a fém és a koksz egyenletesen oszoljon el,
- *az adagtömeg, a fúvószél-áram és a fémhőmérséklet szabályozásának és ellenőrzésének javítása,*
- *a levegőveszteségek minimalizálása:* a helyes levegőellátás alapvető a hatékony kupoló működéshez. Ezt gyakran gátolják a levegőveszteségek. Ezért fontos gondos figyelmet fordítani minden levegőszökés megelőzésére a hatékony működés biztosításához. A salakcsapoló nyílásokat az időszakosan csapolt kupolóknál gyakran nyitva hagyják és túlméretezik, mely jelentős levegőveszteségeket okoz. A levegőveszteségek részben általánosak a forrószeles kupolóknál. Ez a hőcserélőkben történik. A következmény az, hogy oxigént kell befúvatni a fúvókákon keresztül az elveszett levegő helyett.
- *A „koszorúképződés" elkerülése a kupolóban.* A koszorúképzés és fennakadás a nem helyes kupoló-adagok fennakadásai a kupoló aknájában. Ez veszteséget okoz az olvasztás hatásosságában és súlyos esetben az olvasztást teljesen leállíthatja.

- *Jó bélelési gyakorlat alkalmazása*: Ahogy az olvasztás előrehalad, az olvasztózóna átmérője és területe nő a bélés eróziója és elhasználódása következtében. Ez hatással van az üzemelésre, elmozdítva azt az optimumtól. A bélés megtámadásának minimalizálása ezért energia-megtakarítási intézkedés. Kielégítő és gazdaságos kupoló üzemeltetéshez az olvasztózónát olvasztás után javítani szükséges.

Elért környezeti előnyök
Az energiahatékonyság nő, a kokszfelhasználás és a hulladékképződés csökken.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nem jelentettek környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő kupolókemencére vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A kemence üzemeltetésének optimalizálása.

Példaüzemek
A jó olvasztási gyakorlati intézkedések minden kupolókemencés öntödére vonatkoznak.

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [202, TWG, 2002]

4.2.1.2. A kokszbetét minőségellenőrzése

Leírás
A használt koksz minőségének közvetlen hatása van a kupoló üzemeltetésének hatásosságára. Különleges hatása van az első vas hőmérsékletére, a vas szén- és kénfelvételére. Az öntödei koksz specifikálása a következők vizsgálatát jelenti:

- *fix széntartalom:* minél nagyobb a széntartalom, annál nagyobb a koksz fűtőértéke,
- *hamutartalom:* a nagy hamutartalom nem kívánatos, mert csökkenti a koksz fűtőértékét, és növeli a képződő salak mennyiségét,
- *illóanyag-tartalom:* nem kívánatos, mert csökkenti a fix széntartalmat, és így csökkenti a koksz fűtőértékét,
- *kéntartalom:* a kén jól ismerten nem kívánatos elem minden típusú öntöttvasban, és SO_2-kibocsátáshoz vezet. Minél kisebb a koksz kéntartalma, annál jobb. A koksz kéntartalma annak a szénnek a kéntartalmától függ, amelyből készítették. Sajnos, nincs ismert módszer a szénből a kén eltávolítására.
- *nedvességtartalom:* a nedvesség a kokszban, amikor azt a kokszoló kemencéből kibocsátják, nem kívánatos, mert csökkenti tömegében a rendelkezésre álló karbon mennyiségét. Mindamellett szükséges, hogy a koksz tartalmazzon valamennyi nedvességet, a szállítószalagokon, valamint a teherautókon és vagonokban esetleg keletkező tűz megelőzésére.
- *nagyság:* az öntőkoksz nagysága közvetlen hatással van az olvasztott vas tonnánkénti kokszfogyasztása és az olvasztási teljesítményre is. Az optimális teljesítmény elérésére a kokszoló kemencéből való kikerülése után a kokszot általában méret szerint osztályozni kell úgy, hogy a kupolókemencébe kerülő koksz fő mérete átmérőben nagyobb legyen, mint 90 mm, nem több mint 4% 50 mm átmérőjű

darabokkal. A finom szemcsés rész mennyisége hatással van kirakodás és kezelés közben a porkibocsátásra.

Elért környezeti előnyök
A koksz input optimalizálása nagyobb folyamat-hatékonyságot eredményez.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Az öntőkoksz tipikus tulajdonságai a 4.4. táblázatban láthatók.

Tulajdonság	Tipikus érték (%)	Határérték (%)
Hamutartalom	5,8-5,9	6,5 max
Illóanyag-tartalom	0,3-0,4	0,8 max
Kéntartalom	0,68-0,70	0,75 max
Nedvesség-tartalom	1,5-2,5	3,0 max
Szilárdság M80 Micus index M10 Micus index	 81-82 8-8,5	 78,0 max 9,0 max
Fix karbon tartalom	93,7-93,8	93,0 min
Fűtőérték	32 200kJ/kg	31 800 kJ/kg

4.4. táblázat Az öntőkoksz tipikus tulajdonságai
[197, Nalonchem, 2002]

A 4.4. táblázat adatai a szállítók specifikációiból származnak. Helyi szabványok nagyobb határértékeket tartalmaznak.

Alkalmazhatóság
A technika alkalmazható minden új és meglevő kupolókemencénél.

Gazdasági kérdések
Általában a kis kéntartalmú koksz drágább.

A bevezetés hajtóereje
Az öntödei folyamat hatékonyságának növelése.

Példaüzemek
Ezt a technikát általánosan alkalmazzák az európai, kupolókemencét használó öntödék.

Irodalmi hivatkozás
[44, ETSU, 1993], [225, TWG, 2003]

4.2.1.3. Üzemeltetés savas vagy bázikus salakkal

Leírás
Salakképző anyag használatos a salak eléggé folyékonnyá tételéhez, hogy elváljon a vastól, és lehetővé tegye szabad kifolyását a kupolóból. A legáltalánosabban használt salakképző a mészkő (kalcium-karbonát), mely a kupolókemence aknájában égetett mésszé alakul, bázikus oxiddá, mely vegyületet képez a többi salakképző anyaggal (főként savas jellegűekkel)

folyékony salakot eredményezve. A salak bázicitását a következő arány adja meg: (CaO%+MgO%)/SiO_2%

A legtöbb kupoló savas, vagy gyengén bázikus salakkal (bázicitás <1,2). A bázikus kupolók (bázicitás 2-ig terjedően) 3 előnnyel rendelkeznek:

- nagyobb széntartalom
- kisebb kéntartalom
- gyengébb minőségű vashulladék adagolásának lehetősége,

de a következő hátrányai is vannak:

- a szilícium leégés nagy
- a tűzálló bélés anyagának költsége nagy, hacsak nem alkalmazunk bélés nélküli kemencét,
- a salakképző anyag költségei nagyobbak,
- a fém kémiai összetételének vezérlése nehezebb, mint a savas bélésű kupolókemencénél.

Elért környezeti előnyök
Savas bélésű kupolókhoz száraz szűrőket lehet alkalmazni. A bázikus bélésű kupolók salakjának nagyobb az olvadáspontja. Így a salak folyékonnyá tételére általában CaF_2-alapú salakképzőt használnak. Az ilyen típusú kupolóknál fluortartalmú alkotók vannak a kibocsátásban. Ez nedves gázmosók alkalmazását teszi szükségessé ezen alkotók hatékony leválasztására.

Alkalmazhatóság
A technika minden új és meglevő kupolóra vonatkozik. Ha bázikus salakkal dolgoznak, nedves leválasztó berendezés alkalmazása szükséges.

Példaüzemek
Ezt a technikát általánosan alkalmazzák az európai, kupolót használó öntödék.

Irodalmi hivatkozás
[D44, ETSU, 1993], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.2.1.4. A hidegszeles kupolókemence aknamagasságának növelése

Leírás
A kupolók aknájának megkívánt magassága a különböző olvasztási teljesítményeknél a 4.5. táblázatban található. Ezek az aknamagasságok optimalizálják a lefelé haladó adag előmelegítését. Azonban, ha a gázt el kell égetni az adagoló nyílásnál, megfontolható rövidebb aknamagasság: minél rövidebb az akna, annál forróbb a torokgáz és annál könnyebb annak elégetése, akár spontán, akár utánégetővel elősegítve.

A kupoló olvasztási teljesítménye (t/h)	**A fúvókáktól az adagolóajtó alsó széléig terjedő magasság (m)**
5-ig	4,
5-8	5,8
>8	6,7

4.5. táblázat Aknamagassági követelmények

A hidegszeles kupolókemence termikus hatékonysága az aknamagasság növelésével javítható: minél magasabb a kemenceakna, annál hosszabb ideig maradnak az égési gázok érintkezésben az adaggal, és annál több hő adódik át az adagnak.

Elért környezeti előnyök
A magasságot optimalizálni kell a berendezés típusától függően, hogy lehetővé tegye a gázok elégetését és az adag hatásos előmelegítését.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Az üzemeltetési adatok a 4.6. táblázat találhatók. A módosítás magában foglalja a felső zóna térfogatának duplázását. Ez a kokszfelhasználás 140-ről 115 kg/t-ra csökkentését eredményezi, mely viszonylagosan 18% csökkentést jelent. Meg kell jegyezni, hogy az optimális aknamagasság általában a következő ökölszabályt követi:
aknamagasság =5 x a fúvósík átmérője. A példabeli kupoló kezdeti helyzete ezért az optimális alatti volt.

	A kupoló módosítás előtt	**A kupoló módosítás után**
Átmérő		
-olvasztó zóna (m)	1,4	1,4
- felső zóna (akna) (m)	1,4	1,7
A fúvókák fölötti magasság (m)	5	6,5
Koksz arány (kg/t)	140	115

4.6. táblázat Példaadatok a kokszfelhasználás változására az aknamagasság növekedésével

Alkalmazhatóság
A kemencemagasság optimalizálását a kemence tervezésének során kell végrehajtani, egyébként az aknamagasság növelését csak nagyobb átépítések során lehet megvalósítani.

A bevezetés hajtóereje
A kemence üzemeltetése hatásosságának növelése.

Példaüzemek
Az üzemeltetési adatok egy franciaországi példaüzeméi.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [44, ETSU, 1993], [202. TWG, 2002]

4.2.1.5. Második fúvókasor felszerelése a hidegszeles kupolókemencére

Leírás
A hidegszeles kupolókemence termikus hatásfoka javítható második fúvókasor alkalmazásával. Ez külön oxigént nyújt az égető zóna felett, mely a CO oxidációját eredményezi az elégető gázokban, mely CO a CO_2-nek a C (koksz) általi endoterm redukciója következtében keletkezik. Ez a technika az égetési gázok „latens" hőjét szabadítja fel, így javítva a kupoló termikus hatásfokát. A megosztott szeles kupoló két sor fúvókával van

ellátva, mindegyik mért és vezérelt fúvószéllel. Összehasonlítva a közönséges, egy sor fúvókával felszerelt kupolóval a megosztott szeles kupoló lehetővé teszi:

- nagyobb csapolási hőmérséklet és nagyobb szénfelvétel elérését adott adag koksz-felhasználás mellett,
- az adagkoksz-fogyasztás csökkentését és olvasztási teljesítmény növelését az adott csapolási hőmérséklet fenntartása mellett.

A maximális előny eléréséhez a megosztott szeles üzemelésnél a fúvószelet megközelítően a következőképpen kell elosztani a két fúvókasor között: 25-50% a felső sorban, 75-50% az alsó sorban. A két sor egymástól való távolságának mintegy 1 m-nek kell lennie (hidegszeles kupolónál), ill. 0,5 m-nek (forrószeles kupolónál). Minden egyes fúvókasort saját fúvó rendszerrel kell ellátni.

Elért környezeti előnyök
A kokszfogyasztás csökkenése és a termikus hatásfok növekedése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Helyesen elhelyezett és helyesen elosztott fúvószéllel táplált két sor fúvóka használatával a fém csapolási hőmérséklete mintegy 45-50˚C-kal növelhető adott kokszfogyasztás mellett. Egy másik változat a kokszfogyasztás 20-32%-kal csökkentése és az olvasztási teljesítmény 11-23%-kal növelése. Ha megosztott széllel, de a kokszadag csökkentése nélkül üzemelünk úgy, hogy nagyobb olvasztási hőmérsékletet kapunk, a szénfelvétel enyhén (mintegy 0,06%-kal) növekszik és a szilícium leégési vesztesége is nő, mintegy 0,18%-kal. Megosztott szeles üzemnél a bélés kiégése messzebb terjed ki a kemenceaknában. Az olvasztás megkezdésekor ezért szükséges az alap kokszágy mérése és hozzáigazítása. Rövid időtartamú olvasztásnál, pl. 2-3 óránál rövidebbnél az adagkoksz megtakarítása rendszerint nem kompenzálja az alapkoksz kiegészítési követelményét. Mindazonáltal, a megosztott szeles üzemnél még rövid olvasztás esetén is előnyös lehet sok öntöde számára a nagyobb csapolási hőmérséklet és az elérhető nagyobb szénfelvétel.
Egyéb jelentett előnyök a következők:

- a kilépő gáz hőmérséklete csak 250˚C, összehasonlítva a hagyományos kupolóval, ahol 450˚C,
- 100%-kal nagyobb darabok vehetők újraolvasztási hulladékként.
- az acélhulladék aránya növelhető az adagban.

Alkalmazhatóság
Új hidegszeles kupolók esetén a második sor fúvóka standard technikaként be van építve és rekonstrukció idején alkalmazható meglévő berendezéseknél is. Forrószeles üzemben rendszerint nem használják.

Gazdasági kérdések
A megosztott szeles kupoló jól bevált a gyakorlatban, mint a gazdaságos üzem eszköze szerény beruházási költség ellenében.
Meglévő kupolók megosztott szelessé való átalakításának tőke költsége alacsony a kapott megtakarításokhoz képest. A BCIRA hivatkozott egy brit öntödére, ahol a megtérülési idő csak tizennégy hét volt. Egy nagy kanadai öntöde 170 000 CAD-ot takarított meg egy év alatt a mindössze 18 000 CAD átalakítási költség ellenében. Kiegészítő előny a fajlagos

kokszfogyasztás mellett a kisebb kéntartalom, mely megtakarítást eredményez a kéntelenítő üzemnél és jobb minőségű vasat ad.

A bevezetés hajtóereje
Az olvasztási művelet hatékonyságának növelése.

Példaüzemek
Franciaországban az összes közelmúltban létesített hidegszeles kupolókemencék két sor fúvókások: STAUB (Merville), FONTE ARDENNAISE (Vivier au court), BERNARD HUET (Vivier au court). Van egy két sor fúvókás forrószeles berendezés is: FIDAY GESTION (Chassey les Scey).

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997], [196, Unido, 2002], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.2.1.6. A fúvószél oxigén-dúsítása

Leírás
A hidegszeles kupoló termikus hatásfoka javítható az elégető levegő oxigén-tartalmának dúsításával. Ez a koksz nagyobb égési hőmérsékletét eredményezi, ezúton a kokszfogyasztás csökkenthető vagy nagyobb csapolási hőmérséklet kapható.
Összehasonlítva a rendes üzemmel az oxigén folyamatos használata lehetővé teszi a következő javulások egyikének elérését:

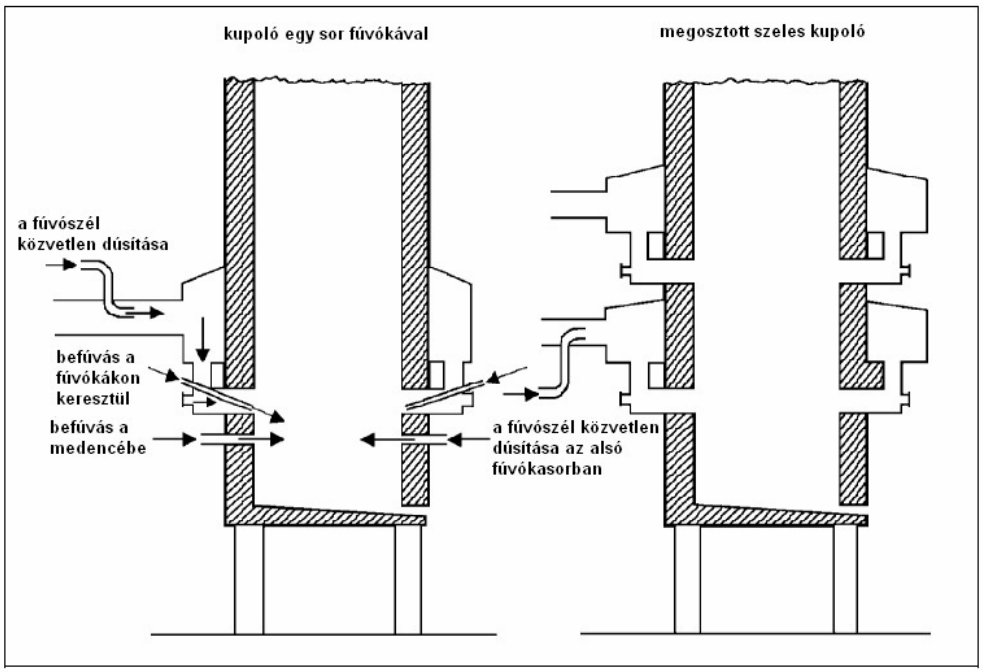
- nagyobb fémhőmérséklet, nagyobb karbon-felvétel és kisebb szilícium leégés azonos kokszfogyasztásnál, vagy
- kisebb kokszfogyasztás adott fémhőmérsékletnél, a szénfelvétel növekedése nélkül vagy a szilícium leégés csökkenése nélkül, vagy
- nagyobb fém-output a meglévő kupolóból, a nagyobb olvasztási teljesítmény eredményeként.

Az oxigén-befúvás lehetőséget ad a folyamat-ingadozásokra való gyors reagálásra és a folyamat feltételek kisebb változásainak kiegyenlítésére. Emiatt az oxigén-befúvást gyakran használjuk időszakosan, rendszerint olyankor, amikor a folyamat kiigazítást igényel.

Az oxigén hatásossága az oxigén kupolóban történő bevezetése módszerétől függ. Három eljárást fejlesztettek ki:

- *a fúvószél ellátás közvetlen dúsítása:* az oxigént a fő fúvószél-vezetékbe táplálják be; ezt a technikát alkalmazzák a hidegszeles kupolók többségénél.
- *befúvás a medencébe:* körvezetékből oxigént fújnak az alapkoksz-ágyba, mely vízhűtéses injektorokat táplál, melyek száma a kupoló méretétől függ. Az ilyen úton használt oxigén legalább kétszer olyan hatásos, mint amikor közvetlenül a fúvószél ellátást dúsítják. Azonban ez a típusú befúvás a folyamatosan csapolt kupolókra korlátozódik, mert a szakaszosan csapolt üzemben fennáll a kockázata a salak vagy a fém injektorok szintjéig való emelkedésének. A technikát az Egyesült Királyságban fejlesztették ki, de nem terjedt el széles körben.
- *befúvás a fúvókáknál:* az oxigént a kupolóba minden egyes, vagy minden alternatív fúvókába bevezetett injektorokon keresztül vezetik be. A módszer hatásossága a fúvószél közvetlen oxigénes dúsítása és az oxigén medencébe injektálás módszerének hatásossága között van. Ezt a technikát használják az esetek 20-30%-ban, de főleg forrószeles üzemben.

Az oxigénbefúvás elvét a 4.3. ábra mutatja.



4.3. ábra Az oxigénbefúvás különböző módszerei
[44, ETSU, 1993]

Elért környezeti előnyök
Az oxigéndúsítás alkalmazása alacsonyabb kokszfelhasználást és jobb folyamatirányítást eredményez. Ezen kívül a dioxin- és furán-kibocsátás csökkenését jelentették hidegszeles kupolókból (ld. a 4.5.1.4. szakaszt).

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A technika oxigént igényel, melyet nem a helyszínen állítanak elő, és mely elektromos energia-fogyasztással jár.

Üzemeltetési adatok
Összehasonlítva az egy sor fúvókás hidegszeles kupolókemence üzemével, a csapolási hőmérséklet növekedése adott kokszfelhasználás mellett a következőképp várható:

- a fúvószél közvetlen dúsításánál +15˚C
- a medencébe való befúvásnál +85˚C
- a fúvókákon keresztüli befúvásnál +40˚C

Megosztott fúvószeles üzemnél a fúvószél közvetlen dúsítása a csapolási hőmérséklet 85˚C-al való növekedését eredményezi a hidegszeles üzemmel szemben. Megosztott fúvószeles üzemben sem a medencébe való oxigén-befúvás, sem a fúvókákon keresztüli befúvás nem jár nagyobb előnnyel a közvetlen fúvószél dúsítás egyszerű módszerénél.
Az oxigén alkalmazásának fontos célja volt az olvasztási teljesítmény növelése meglevő kupolónál, a szokásos optimális olvasztási kapacitást messze meghaladó mértékben. A megosztott fúvószeles kupolóknál az olvasztási teljesítmény 6,8% körüli mértékkel, a csapolási hőmérséklet mintegy 20°C-al nő a fúvószél közvetlen oxigéndúsítása minden 1%-ra vonatkoztatva. Ha a hőmérséklet-növekedés nem kívánatos, és a kokszadagot csökkentik, még nagyobb növekedés érhető el az olvasztási teljesítményben azonos szélmennyiség és oxigéndúsítás mellett.

Alkalmazhatóság
Ma csaknem az összes európai forrószeles kupolóknál alkalmaznak fúvókákon keresztül oxigén-befúvást. A hidegszeles kupolókemencéknél az oxigéndúsítás standard technikának tekinthető. Ebben az esetben általában a fúvószél dúsítását alkalmazzák. Az oxidáló levegőkeverék oxigénszintje általában 22 és 25% között van (azaz 1-4%-os a dúsítás).

Gazdasági kérdések
Az oxigén használatának az olvasztási költségekre gyakorolt hatása nagyban függ az oxigén árától, mely fordított kapcsolatban van a felhasznált mennyiséggel. A nagyobb kibocsátású öntödék általában olcsóbban veszik az oxigént. Az oxigén használatának gazdaságosságát eseti alapon kell megállapítani.
Az elérhető jelentős termékkibocsátás lehetősége lehetővé tette az öntödék számára a termékkibocsátás nagy tőkeberuházás nélküli növelését és a túlóradíjak csökkentését, olyannyira, hogy az összköltség-csökkenés bőven igazolta az oxigén többletköltségének vállalhatóságát. Az ilyen javító intézkedéseknél a vonatkozó formázási és magkészítési kapacitást figyelembe kell venni.

A bevezetés hajtóereje
Az olvasztási folyamat hatásosságának és vezérlésének optimalizálása.

Példaüzemek
Ezt a technikát általánosan alkalmazzák az európai, kupolókemencét használó öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [156, Godinot, 2001]

4.2.1.7. A forrószeles kupolókemencék fúvószelének túlhevítése

Leírás
A lánghőmérséklet növelésének alternatív technikája a fúvószél 800-900˚C-ra való túlhevítése. Ehhez levegő-plazma injektálását vagy csöves ellenállás fűtőkben való hevítést alkalmaznak. A gyakorlat azt mutatta, hogy a szélhőmérséklet 200˚C-al, 550˚C-ról 750˚C-ra való növelése, mely 60 kWh/t vas energiát vesz igénybe, 10 kg kokszot takarít meg olvasztott tonnánként. A fő előny —fontosabb, mint a koksz-megtakarítás—, a rugalmasság: az óránkénti olvasztott vas 30%-kal való növelése az alapkoksz módosítása nélkül. A túlhevítés (plazma) alkalmazása továbbá lehetővé teszi a nyersanyag tiszta öntöttvasról acélra változtatását, következésképp pozitív gazdasági hatással jár.

Elért környezeti előnyök
Csökken a kokszfogyasztás és a folyamat hatékonysága nő.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az elektromos fűtés az elektromos energia-felhasználás növekedését okozza.

Üzemeltetési adatok

Az üzemeltetési adatokat a 3. fejezet tartalmazza. A fúvószél hevítése kisebb torokgáz áramot eredményez a hosszú forrószeles üzemmel szemben. Az oxigén-befúvással összehasonlítva a torokgáz-térfogat és az áramfelhasználás nagyobb.

Alkalmazhatóság
A technika új és meglevő forrószeles kupolókemencékre egyaránt alkalmazható. A technika (mind az elektromos, mind a plazma hevítés) hasonló hatást ér el, mint az oxigén lándzsákon keresztül befúvása, de alkalmazható komplexebb berendezéseknél, és nagyobb torokgáz térfogatot eredményez. Az oxigén-befúvás ezen kívül lehetővé teszi a szivárgások pótlását a szélvezetékben.

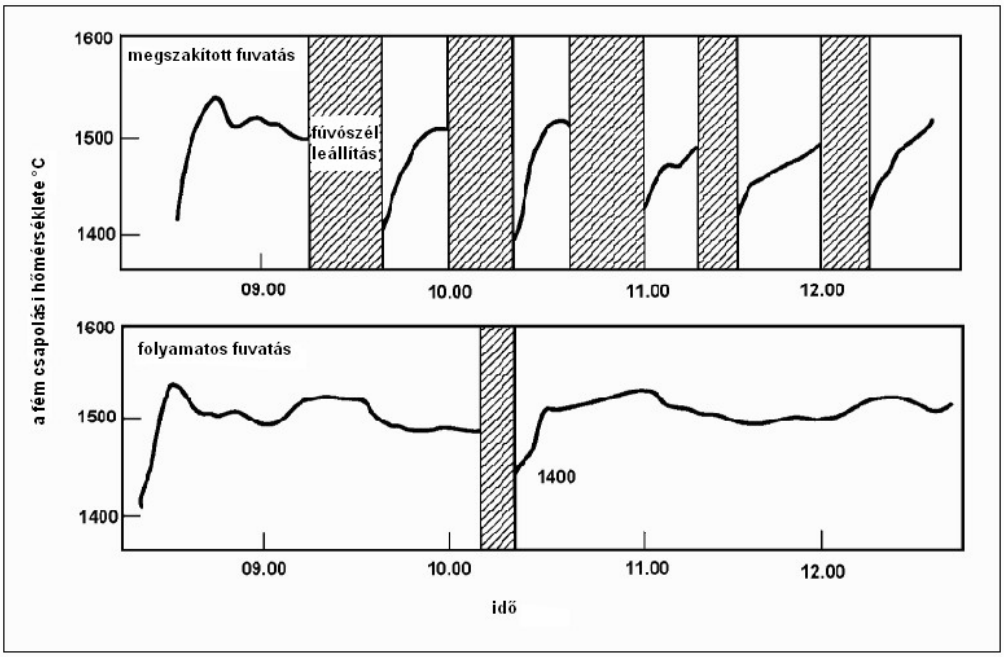
A bevezetés hajtóereje
A hatékonyság optimalizálása és az olvasztási folyamat vezérlése.

Példaüzemek
PSA, Sept-Fons, Franciaország.
Három öntöde Franciaországban csöves ellenállásfűtést alkalmaz.

Irodalmi hivatkozás
[156, Godinot, 2001]

4.2.1.8. A fúvószél-leállítás periódusainak minimalizálása

Leírás
A megszakítottan fúvatott kupolókemence nem működik hatékonyan, és a gyakori leállítás a fém csapolási hőmérsékletének csökkenését eredményezi, ahogy azt a 4.4. ábra mutatja.



4.4. ábra A fúvószél-leállítás időszakainak hatása a csapolási hőmérsékletre a forrószeles kupolókemencéknél
[44, ETSU, 1993]

A fúvatás leállítása csak időszakos fémigény következtében a következőket idézi elő:

- csökkenti az átlagos csapolási és öntési hőmérsékletet, és növeli változásainak mértékét, selejt öntvények gyártása kockázatának következményével,
- növeli a fém összetétel változásait, különösképpen a szén- és szilícium-tartalomét, a „fajtától eltérő" fém gyártásának veszélyével,
- növeli a kokszfelhasználást a kemencekezelő azon igyekezete következtében, hogy javítsa a csapolási hőmérsékletet,
- hatással van a vas csíraképződésére, és növeli a szívódási hajlamot.

A formázási és öntési ütemtervet ezért úgy kell programozni, hogy ésszerűen állandó fémigényt hozzunk létre, ezzel minimalizálva vagy éppen kiküszöbölve a fúvatás leállításának periódusait vagy a fúvatás mértékének nagy változásait.
Ahol a fémigény nagy ingadozásai elkerülhetetlenek, egy villamos hőn tartó kemence beállítását lehet fontolóra venni. Ez nagy puffert képez a fémigény változásainak felvételére, úgyhogy a kupoló folyamatosan üzemeltethető ésszerűen állandó fúvatással. Felhasználható a hőmérséklet- és összetétel-változások kiegyenlítésére is.

Elért környezeti előnyök
A kokszfogyasztás csökkentése. A folyamat nagyobb hatékonysága.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A villamos hőn tartó kemence üzemeltetése nagyobb energiafelhasználással jár.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő kupolókemencéhez alkalmazható.

Gazdasági kérdések
Egy hőn tartó kemence beruházásának gazdaságosságát nagyon gondosan kell mérlegelni, különösen a viszonylag kis termelésű öntödékben.

A bevezetés hajtóereje
Az öntödei folyamat hatékonyságának növelése.

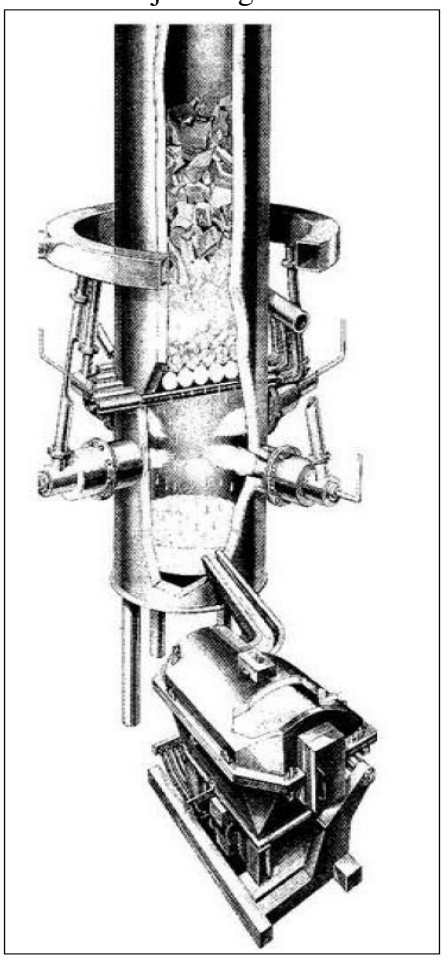
Példaüzemek
Az alkalmazható fúvatás-irányítás része az üzemeltetési megfontolásoknak minden kupolókemencét használó európai öntödében.

Irodalmi hivatkozás
[44, ETSU, 1993]

4.2.1.9. Koksz nélküli kupolókemence

Leírás
A koksz nélküli kupolókemencében a fémadagot földgáztüzeléssel melegítik. A hagyományos kokszágy helyett tűzálló anyag golyókból álló ágy vagy vízhűtéses rács tartja a fémadagot. A folyékony fém cseppek áthatolnak ezen az ágyon, és a medencében a kemence fenekén gyűlnek össze. A túlhevített fém hőmérsékletének kitett golyók élettartama korlátozott. A koksz nélküli kupoló ezért csökkentett hőmérsékleten (1 400˚C, 1 500˚C helyett) üzemel, és a

folyékony fém túlhevítését egy hozzácsatolt gáztüzelésű vagy indukciós kemencében végzik (duplex üzem). Ez az olvasztóberendezés jelenleg nem alkalmazott hazánkban.



4.5. ábra Koksz nélküli kupolókemence duplex üzemben
[110, Vito, 2001]

Fontos üzemeltetési tényező, hogy a koksz nélküli kupolót folyamatosan kell működtetni. Nagy az eldugulás és elzáródás kockázata a hűtött rostély rudakon. Abban az esetben, ha meg kell állítani a fémáramot (pl. formázó üzemben fellépő problémák miatt), az égők energiája 35-40%-ra csökkenthető, a falazat hőveszteségeinek kiegyenlítésére. A folyamatosságot az olvasztó zónában tűzálló bélés használatával kell kiegyenlíteni. Ezért jellemzően egy hetes olvasztási kampányokat használnak.
Az oxidáló atmoszféra és a viszonylag kis lánghőmérséklet növeli az oxidációs veszteségeket. Ez korlátozza az acéladagolás lehetőségét. Maximális mennyiségként 35% acélt használnak gömbgrafitos öntöttvas gyártásához, azonban 20% tekinthető általános gyakorlatnak. A betétanyag minőségére nagy gondot kell fordítani, mert a koksz nélküli kupoló nagyon érzékeny a boltozat képződésre.
A gömbgrafitos öntöttvas gyártásánál nagy előnye a koksz nélküli kupolónak, hogy itt nincs újra kénfelvétel, így az olvadék azonnal használható rekarbonizáció után.

Elért környezeti előnyök
A nagyobb termikus hatékonyság mellett ennek a kemencének más környezeti előnyei is vannak. A földgáztüzelésnek koksz helyett a következő következményei vannak a torokgázra:

- kevesebb por (0,8 kg/t fémbetét 10-15 kg/t fémbetét helyett a hidegszeles kupolónál), semmi CO- vagy SO_2-, és kevesebb CO_2- (120 kg/t fémbetét 450 kg CO_2/t fémbetét a hidegszeles kupolónál) kibocsátás,

- a torokgáz-áram kisebb (495 m^3/t fémbetét 770 m^3/t fémbetét helyett a hidegszeles, vízhűtéses tűzálló bélés nélküli kupolónál), így a porleválasztó berendezés sokkal kisebbre méretezhető.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A koksz nélküli kupolókemence használata duplex üzemeltetést tesz szükségessé, a vas túlhevítésének lehetővé tétele érdekében. Indukciós kemencében történő túlhevítés esetében, nagyobb elektromos energia szükséglet merül fel, mint a forrószeles üzemben.

Üzemeltetési adatok.
Üzemeltetési adatok a 4.7. táblázatban találhatók. A kemence általában λ=1,15 levegőtényezővel üzemel. A kemence kapacitása nagy lehet (gyakran a 10-12 t/m^2.h tartományban). A golyók mennyisége a fémbetét 1-1,4%-a. A kupoló energiahatékonysága, a csatolt indukciós kemence figyelembe vétele nélkül, a 70%-os tartományban van.

	Egységek	**Felhasználás (a folyékony fém tonnájaként)**
Földgáz-felhasználás		
A kemence előmelegítéséhez	m^3	600
Olvasztáshoz	m^3	48,0
Villamos energia felhasználás		
a) Túlhevítő		
Túlhevítés	kWh	64,0
Hőntartás	kWh	15,0
b) Segédberendezés	kWh	25,0
Bélésanyag felhasználás		
Kemenceakna	kg	5-8
Szifon	kg	0,7
Túlhevítő	kg	0,5
Vízfogyasztás	m^3	0,4
Oxigénfogyasztás	m^3	19,7
Fémbetét	Alkotók	Részarány (%/t)
	acél	25-35
	nyersvas	20-30
	saját/öntöttvas-hulladék	35-55
Ötvözőanyagok és adalékok	Alkotók	Részarány (%/t)
	karbonizálók	1,1
	Si-brikettek	0,8
	kerámia golyók	0,95
	salakképzők	0,3

4.7. táblázat A koksz nélküli kupolókemence jellemző üzemeltetési adatai
[202, TWG, 2002]

A koksz (és CO) hiánya következtében a koksz nélküli kemencerendszerben nincs rejtett hőveszteség. Duplex eljárásoknál (pl. indukciós kemencével kapcsolatban) 40-60%-os hatásfok érhető el. A kokszos kupolókemencék termikus hatásfoka 25% (hidegszeles) és 45% (forrószeles, hosszú üzemidejű) között van.
A koksz nélküli és a forrószeles kupolókemencék kibocsátási adatait hasonlítja össze a 4.8 táblázat. Ez a következő konfigurációkra vonatkozik:

	Koksz nélküli				Forrószeles			
	Üzemeltetési feltételek		**Nm^3/t**	**kg/t**	**Üzemeltetési feltételek**		**Nm^3/t**	**kg/t**
Gáz	50 Nm^3/t							
Energia	500 kWh/Nm^3							
λ	1,15							
Koksz					12%			
Acél					50%			
Felkarbonizálás					1,9%			
Összes éghető C					9%			
Füstgáz			550				2930	
CO_2		9,1%	50	98		6%	176	346
H_2O		18,2	100			-		
O_2		2,7%	15			15%		
CO		<1%	<5,5	<6,9		10 mg/Nm^3		
NO_x		155-375 mg/Nm^3		85-210 g/t		205 mg/Nm^3		150 g/t
SO_2		-				100 mg/Nm^3		300 g/t

4.8. táblázat A koksz nélküli és a forrószeles kupolókemence kibocsátási adatai
[170, Godinot és Carlier, 1999]

A következő megjegyzések tehetők:

- a koksz nélküli kupoló ötször kevesebb füstgázt bocsát ki, mint a forrószeles. Ez főleg az utánégetés következménye, mely fölös levegőt juttat az elégető kamrába a forrószeles kupolónál. Következesképp a koksz nélküli kupoló kisebb füstgázkezelő rendszerrel látható el.
- a koksz nélküli kupoló 3-4-szer kevesebb CO_2-t bocsát ki, mint a forrószeles,
- a koksz nélküli kupoló több CO-t bocsát ki, melyet elégetnek a forrószeles esetében,
- az NO_x- és SO_2-kibocsátás szintén kicsi, a jelenlegi határértékekhez viszonyítva (pl. Franciaországban 500 mg/Nm^3 ill. 30 mg/Nm^3).
- ha száraz porleválasztót alkalmazunk, mindkét technikának alacsonyak az kibocsátási értékei.

Alkalmazhatóság

A technika új, közepes és nagy sorozatgyártású berendezésekre alkalmazható. A koksz nélküli kupolónak állandó és folyamatos üzemeltetésre van szüksége. A nagy oxidációs veszteségek és a boltozat képződés nagy kockázata miatt a technikához tiszta betétanyagot, legfeljebb 35% acélhulladékkal, kell használni. Mivel kénfelvétel nincs, a technika különösen alkalmas gömbgrafitos öntöttvas gyártásához.

Gazdasági kérdések

Az (1999. évi) üzemeltetési költségeket a forrószeles kupolók üzemeltetési költségeihez viszonyítva (100%) a 4.9. táblázat mutatja be. Az értékek 12t/h teljesítményű berendezésre vonatkoznak, és 3 Európában működő koksz nélküli kupolókemence tanulmányozására alapozottak.

		Nyersanyagok (%)	Segédanyagok (%)	Olvasztási energia+ folyadékok (%)	Összehasonlító index
Lemezgrafitos Öntöttvas	Koksz nélküli kupoló Forrószeles kupoló	83 69	6 8	11 23	116 100
Gömbgrafitos öntöttvas	Koksz nélküli kupoló Forrószeles kupoló	81 69	6 8	13 23	104 100

4.9. táblázat A koksz nélküli kupoló üzemeltetési költségei a forrószeleséhez (100%) viszonyítva
[202, TWG, 2002]

A táblázat adatait 1999-ben számították, azonban azóta nőtt a koksz ára. Ebből a táblázatból azt lehet következtetni, hogy Európában egy 12 t/h teljesítményű kupoló:

- drágábban olvasztja a lemezgrafitos vasat,
- hasonló költséggel olvasztja a gömbgrafitos alapvasat, mint a forrószeles kupoló.

Az összehasonlítás erősen függ az energia és az anyagok helyi áraitól.

A bevezetés hajtóereje
A kupoló kibocsátásainak csökkentése.

Példaüzemek

- Düker, Laufach (D): 15 t/h gömbgrafitos öntöttvas
- Düker-Kuttner, Lingotes Especiales, Valladolid (E): 16 t/h lemez- és gömbgrafitos öntöttvas
- Hayes Hydraulic Castings (GB), 5-6 t/h lemez- és gömbgrafitos öntöttvas

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [170, Godinot és Carlier, 1999]

4.2.1.10. Gáztüzelésű, kokszos kupolókemence

Leírás
A koksz-gáz kupoló elve a koksz egy részének helyettesítése gázzal. Két technika van a kupolóban földgáz égetésére:

- levegő-gáz égők használata, a fúvókák fölött elhelyezve.
- oxigáz égők használata, a fúvókában elhelyezve.

Jelenleg a koksz/levegő-gáz kupolókemencét Európában korlátozott mértékben használják. Ez annak tulajdonítható, hogy nehéz a folyamatot vezérelni és ellenőrizni, és hogy a kemenceköpeny bonyolult. Az oxigáz égőt 1994-ben vezették be. Az oxigáz a tüzelés mellett lehetővé teszi a por bevezetését a fúvókákba visszaforgatás céljából, azonban a gyakorlatban ezt nem alkalmazzák. Az oxigáz égők a fúvókák 1/3-ában 1/2-ében vannak elhelyezve. A koksz energiájának mintegy 10%-át helyettesítik földgázzal, mely 8-16 Nm^3/t gázfogyasztáshoz vezet. Ez összes (égők+lándzsák) 40-60 Nm^3/t oxigén felhasználással jár. A technika alkalmazása nagyobb rugalmasságot tesz lehetővé a termelésben és/vagy metallurgiában.

Az oxigáz-égő hatása és használata az adott kupolótól függ. Hidegszeles kupolókemencéknél a technikát a könnyű újraindítás biztosítására és a kokszarány csökkentésére használják. Forrószeles üzemben a technikát a kemencekapacitás olvasztóágy módosítása nélküli

növelésére használják. A koksz egy részének CH_4-el való helyettesítése a torokgáz térfogatának csökkenését eredményezi. Ezt használják a kemencekapacitás növelésének eszközéül, a felszerelt füstgáztisztító rendszer túltelítése nélkül.

A technika a széntartalom növekedését eredményezi az olvadékban és lehetővé teszi az acélhulladék mennyiségének növelését az adagban. Az eljárás lehetővé teszi FeSi injektálását, mely kevésbé drága por alakban, mint ércként. Ezek a tulajdonságok előnyös gazdaságossági hatást eredményeznek.

Elért környezeti előnyök
A koksz egy részének CH_4-el való helyettesítése a füstgáz térfogatának csökkenését eredményezi. Ezen kívül nagyobb CO és H_2 tartalma következtében a füstgáz éghetővé válik. Ha utánégetés van, a kilépő füstgáz szerves vegyület és CO-szintje alacsonyabb.
A koksz helyettesítése földgázzal csökkenti a SO_2-kibocsátást.
A technika lehetővé teszi a kupolópor olvadékba visszaforgatását. Azonban, néhány kezdeti próbálkozás után, ezt az alkalmazást nem fejlesztették ki teljesen.
A koksz szintjének csökkentése a kupolóban növeli a boltozatképződés kockázatát.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az oxigén gyártása, tárolása és használata növeli a biztonsági kockázatot. Az oxigéngyártás hűtőkeverékes desztillálással, vagy vákuum (nyomás) „swing" adszorpcióval történik; mindkét eljárás elektromos energia felhasználással jár. Az utóbbi technika felhasználása 0,35-0,38 kWh/Nm^3 O_2. Az oxigéngyártást gyakran beszállító végzi, mely az oxigént tárolótartályban vagy közvetlenül csővezetéken szállítja.

Üzemeltetési adatok
Az AGA-Rayburn Foundry (Coalbrookdale, GB) hidegszeles kupolóinak 8 fúvókája közül 3-at oxigáz égővel látott el. Ez lehetővé tette az össz-kokszfelhasználás 15%-ról 10%-ra való csökkentését. Eredményes csökkenés következett be a folyékony vas kéntartalmában, mely lehetővé tette a nyersvas mennyiségének csökkentését az adagban és így a gazdaságosság növekedéséhez vezetett.
A Fritzwinter öntödében (D) 20-25 t/h kapacitású forrószeles kupolójának 6 fúvókája közül 3-t oxigáz égővel látott el. Ez lehetővé tette az olvasztási kapacitás 28 t/h-ra való növelését a kokszágy változtatásának szükségessége, valamint a torokgáz tisztítórendszer módosításának szükségessége nélkül. A torokgáz összetételére gyakorolt hatás elégetés előtt a 4.10. táblázatban található.

	Oxigénnel, oxigáz égők nélkül	**Oxigénnel, oxigáz égőkkel**
H_2	0,8-1,2	2,2-2,4
CO	14-15	19
O_2	2	2

4.10. táblázat Az oxigáz égők hatása a forrószeles kupoló torokgázának összetételére %-ban
[184, Godinot és Ressent, 2002]

Alkalmazhatóság
A technika alkalmazható mind hidegszeles, mind forrószeles kupolóknál, új és meglévő berendezéseknél. Az alkalmazásból nyert előnyök (nagyobb rugalmasság, gazdaságossági előny, kisebb torokgáz térfogat, nagyobb kapacitás) a figyelembe vett berendezés specifikus olvasztási feltételeitől függ. Jelentések szerint a technika nehézséget okoz a folyamat vezérlésében, és növeli a szükséges kemenceköpeny bonyolultságát.

Gazdasági kérdések
A fönt említett Aga-Rayburn öntöde (GB) hidegszeles kupolójának oxigázos működésre való átállítása előtti és utáni üzemeltetési költségei vannak megadva a 4.11. táblázatban. Az árak a CTIF (F) kalkulációja szerinti előirányzatok.

Bevitel	Egységek	Egységár	Égők nélkül		Égőkkel	
		EUR	Tonnánkénti fogyasztás	Költség EUR/t	Tonnánkénti fogyasztás	Költség EUR/t
Koksz	t	198	0,15	29,7	0,1	19,8
Gáz	Nm^3	0,15	0	-	16,5	2,5
Oxigén	Nm^3	0,38	14	5,4		
		0,23			40	9,2
Nyersvas	t	164,6	0,2	32,9	0	-
Vashulladék	t	125,8	0,2	37,7	0,5	62,9
Összesen	EUR/t			105,7		94,4
Az összes érték folyékony vas tonnánként van megadva.						

4.11. táblázat Hidegszeles kupoló üzemeltetési költségei oxigén égőkkel és azok nélkül
[184, Godinot és Ressent, 2002]

Az üzemeltetési költségek 105 EUR/t-ról 94 EUR/t-ra csökkentek. A gazdaságossági előny főleg a nyersvas aránya csökkenésének tulajdonítható. Ez azt is hangsúlyozza, hogy a mérleg eltérő lesz minden egyes öntödénél.

A bevezetés hajtóereje
Az öntöde rugalmasságának és/vagy a meglévő berendezések termelési kapacitásának növelése a berendezések elrendezési tervének változtatása nélkül.

Példaüzemek
- AGA-Rayburn Foundry (Coalbrookdale, GB)
- Fritzwinter öntöde (D)

Irodalmi hivatkozás
[156, Godinot, 2001], [184, Godinot és Ressent, 2002]

4.2.2. Villamos ívkemence

4.2.2.1. Az olvasztási és kezelési idő rövidítése

Leírás
Jobb vezérlésű módszerek rövidebb olvasztási és kezelési időkhöz vezethetnek. Néhány példa a következő:
- az összetétel (pl. C-, S-, P-tartalom) és az adagolt betétanyagok és salakképzők tömegének szorosabb ellenőrzése, irányítása,
- az olvadék hőmérsékletének megbízható vezérlése; ez javíthatja a kihozatalt és a finomítási reakciókat, továbbá a túlhevítés elkerülését,
- hatásosabb módszerek a próbavételhez és lesalakoláshoz, ezek csökkenthetik a kemence állásidejét,

A szekunder metallurgia, AOD/VODC (argon-oxigén-dekarbonizálás/vákuum-oxigén-dekarbonizálás) kezelés alkalmazásával, rövidíti a villamos ívkemence idejét, és pozitív hatása van az energia-megtakarításra. A technikát a 4.5.7.1. szakasz tárgyalja.

Elért környezeti előnyök
Nagyobb kemencehatékonyság a rövidebb olvasztási idők és csökkent állásidők eredményeként.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő villamos ívkemencére alkalmazható.

A bevezetés hajtóereje
Növeli az olvasztási és kikészítési művelet hatékonyságát.

Példaüzemek
Ez a technika széles körben alkalmazott az európai, ívkemencét használó öntödékben.

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997], [202, TWG, 2002]

4.2.2.2. A habsalakos gyakorlat

Leírás
A habsalakos gyakorlat, mely jelenleg az acélgyártó iparban használatos, szénpor és oxigén egyidejű injektálását tartalmazza a salakba az olvasztás végén. A salakhab a CO-buborékok hatására képződik. A CO-gáz a szén oxidációjából képződik az injektált oxigén hatására, és a vas-oxid (FeO) redukciójából az injektált szénpor hatására.
A habsalak javítja a hőátadást az adagolt egységekhez, és védi a kemence belsejében a hőálló anyagot. A jobb ívstabilitás és kevesebb sugárzás miatt a salak habosítása az energiafelhasználás, elektródafogyasztás és zajszint csökkenéséhez vezet, és növeli a termelékenységet.

Elért környezeti előnyök
Az energiafelhasználás és elektródafogyasztás csökkenése, kisebb zajszintek, és a füstgáz térfogatának csökkenése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A salak térfogata úgy megnő, hogy nagyobb salaküstökre van szükség. Csapolás után a salak ismét gáztalanodik. Nem jelentettek ellenkező hatásokat a salak újra felhasználhatóságáról.

Üzemeltetési adatok
A 4.12. táblázat ad üzemeltetési adatokat egy 60 tonnás ívkemencéről, és bemutatja a fő megtakarításokat energiában, időben, tűzálló anyagban és elektródákban.

	Egységek	Normál salak	Habsalak
Összes energia	MW	25	30
Sugárzási veszteség az ívből a füstgázba	MW	6	0
Füstgáz áram	m^3/h	41 000	28 000
Véghőmérséklet	˚C		
- fém		1 630	1 630
- salak		1 603	1 753
- füstgáz		1 463	1 607
- tűzálló anyag		1 528	1 674
Energia input	KWh/t		
- villanyáram		50,8	37,7
- fosszilis (szén)		37,1	22,6
Energia output	KWh/t		
- fém (ΔH)		10,4	10,4
- salak (ΔH		1,1	9,4
- kemence veszteségek		20,7	14,1
- füstgáz veszteségek		53,6	24,8
- egyéb veszteségek		2,5	1,6
Fűtési idő 1 584-1 630˚C	Min	11 min 45 s	7 min 30 s
Fűtési sebesség	˚C/min	3,9	6,1

4.12. táblázat A normál salakkal és habsalakkal üzemelő villamos ívkemence energia és hőmérséklet adatai
[202, TWG, 2002]

A salak sűrűsége 2,3 t/m^3-ről 1,15-1,5 t/m^3-re csökkent.

Alkalmazhatóság
A technika új és meglevő oxigén-injektálást alkalmazó villamos ívkemencékre alkalmazható.

A bevezetés hajtóereje
Kemenceüzem hatékonyságának növelése.

Példaüzemek
Nem jelentettek példaüzemeket, de a technikát alkalmazzák több európai öntödében.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997G, [202, TWG, 2002], [211, Európai IPPC Iroda, 2000]

4.2.3. Indukciós kemence

4.2.3.1. Folyamat-optimalizálás: a betétanyagok és az adagolási művelet optimalizálása

Leírás
A lehetséges folyamat-optimalizálási választék tégelyes indukciós kemencékhez a következő:

- *A betétanyag-állomány optimalizálása.* A rozsdás és szennyezett betét elkerülését, optimális méretű és tömörségű hulladék-betét, és „tisztább" karbonizálók használatát jelenti. Ezek az intézkedések rövidítik az olvasztási időt, csökkentik az olvasztáshoz szükséges fajlagos energiát és/vagy csökkentik a képződő salak mennyiségét.
- *A szorosan záró kemencefedél.* Az oxidáció csökkentése rosszul illeszkedő fedelek és a szükségtelen/meghosszabbított nyitások elkerülésével, gyors adagolással és

védőatmoszféra (N_2) használatával. A nyitási időket az energia veszteségek megelőzése érdekében minimalizálni kell. Az adagoláshoz, salakoláshoz, hőmérséklet-méréshez, próbavételhez és öntéshez szükséges nyitási idők a műszak idejének 50% és 25%-a között változnak. Az utóbbi szám új, optimális feltételekkel működő kemencékre vonatkozik. A jól illeszkedő zárt fedél a felületi hőveszteséget a bevitt energia kb. 1%-ára korlátozza. Amikor nyitva van, a hőveszteség elérheti a 130 kWh/t értéket 10 t kapacitású egységnél. Amikor zárt fedéllel olvasztunk, gondot kell fordítani a kemence túlhevítésének elkerülésére.

- *A hőn tartás minimumra csökkentése:* mivel az olvasztás az első lépés az öntöde folyamatláncában, a hőn tartási idő rövidítését csak integrált folyamat-optimalizálással lehet elérni az egész öntödére kiterjedően, a késések, problémák és rendellenességek minimalizálásával valamennyi öntödei részlegben. Hőn tartás alatt összetétel-kiigazítást végeznek, a kokillába öntött próbadarab elemzési eredménye alapján. A próbavételi, vizsgálati és kiigazítási folyamatok optimalizálása is lehetséges intézkedés a hőn tartási idő csökkentésére.
- *Maximális energiabeviteli szinten való üzemelés*. A kemencék hatékonyabban használják fel az energiát, ha maximális energiabeviteli szinten üzemeltetik őket, és akkor érjük el a legjobb eredményt, ha a rendelkezésre álló energiát teljesen hasznosítani lehet az olvasztási ciklus legnagyobb részében. Ez magában foglalja a hideg indulásos olvasztások csökkentését (a termelési program optimalizálását), és a kijelzéssel és számítógép vezérléssel végzett nyomon követés lehetővé tételét.
- *A túlzottan nagy hőmérséklet és szükségtelen túlhevítés elkerülése*. Fontos, hogy a fém akkor érje el a megkívánt hőmérsékletet, amikor a formázó üzem abban a helyzetben van, hogy fogadni tudja azt. A jó együttműködés az olvasztómű és a formázó műhely között alapvető a villanyáram-fogyasztás minimalizálása érdekében.
- *A nagy hőmérsékletű olvadékok optimalizálása a salak eltávolításához* (jó egyensúly): kis olvadáspontú salak képződése csökkenthető a kemence növelt hőmérsékletre való felfűtésével (1 580˚C-ra a rendes 1 450˚C-al szemben.) Ez nagyobb energiafogyasztást eredményez, és metallurgiai hatással lehet az olvadékra. Ha megengedjük, hogy salak képződjék a kemence bélésén, ez hatással lehet a kemence villamos hatásfokára. A salak eltávolítás a kemencefedél kinyitását igényli, és így hőveszteséget okoz. Jó egyensúlyt kell találni a fürdőhőmérséklet növelése és a salakeltávolítási gyakorlat között.
- *A salakképződés megelőzése:* általánosabbak és aggasztóbbak azok az esetek, amelyek nagy olvadáspontú képződésekkel járnak. Ez főleg homok, és vas olvasztása esetén, fémes alumínium fürdőbe való adagolásának eredménye. Néhány kemence üzemeltetője folyósító szerek és tisztítási eljárások alkalmazását kísérelte meg, de ebből a szempontból a megelőzés jobb, mint az orvoslás. Ez a homok és Al minimalizálását jelenti a nyersanyagban.
- *Az oxigén vékony sugárban történő injektálása* a hagyományos dekarbonizálás használata helyett
- *A tűzálló falazat kopásának minimalizálása és szabályozása:* a tűzálló falazat élettartama a salakkémia (savas vagy bázikus) függvényében választott anyagtól, az üzemi hőmérséklettől (acél, vas, fém) és az újra bélelésre (szinterezésre) fordított gondosságtól függ. Az élettartam 50-től (acél, öntöttvas) 200-300 (öntöttvas) olvasztásig változhat. Üzemeltetési ellenőrzési intézkedéseket tesznek a tűzálló bélés kopásának követésére. Ezek a szemre vételezés, fizikai mérések és a műszeres kijelző programok. A jó adagolási gyakorlati intézkedések megakadályozzák a fizikai dugulások felgyülemlő hatásait és a mechanikai feszültségeket. Ezek az

automatikus adagoló rendszerek, a forró adagolás, a nagy esések elkerülése, és a tömör és száraz hulladék használata.

Elért környezeti előnyök
Nagyobb kemence hatásfok a rövidebb olvasztási idők és csökkent állásidők eredményeként.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
A jellegzetes tégelyes indukciós kemence 600 kWh-nál kevesebb villamos energia felhasználásával meg tud olvasztani egy tonna vasat, és túlhevíteni az olvadékot 1 450˚C-ra. A gyakorlatban azonban csak kevés öntöde tudja elérni a fajlagos felhasználásnak ezt a szintjét hétről-hétre. Néhány öntöde 1 000 kWh tartományú villamos energiát használ fel minden egyes tonna vas készítésénél. A fennálló körülmények sok öntödében korlátozhatják a jó energiagazdálkodást, de ténylegesen majdnem minden tégelyes olvasztási üzem javítható valamely módon, annak érdekében, hogy elektromos energia megtakarítást érjenek el.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő indukciós kemencére alkalmazható.

A bevezetés hajtóereje
A kemenceüzem hatékonyságának növelése.

Példaüzemek
Az európai indukciós kemencét használó öntödékben általában tesznek folyamat-optimalizálási intézkedéseket.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [47, ETSU, 1992], [110, Vito, 2001], [145, Inductotherm], [225, TWG, 2003]

4.2.3.2. Áttérés hálózati frekvenciásról középfrekvenciás kemencékre

Leírás
A középfrekvenciás (250 Hz) kemencéknek nagyobb az áramsűrűségük (1000 kW/t-ig) mint a hálózati frekvenciás (50 Hz) kemencéknek (300 kW/t). Ez lehetővé teszi kisebb tégely (háromszor kisebb tényezőig) használatát, mely kisebb összes hőveszteséget eredményez. A középfrekvenciás kemencék termikus hatásfoka 10%-kal nagyobb, mint a hálózati frekvenciás típusoké. Ezen kívül a hálózati frekvenciás egységeket a tégely 2/3-ig terjedő visszamaradó folyékony fémfürdővel kell üzemeltetni, a fajlagos energiafelhasználás optimalizálásához és külön indító blokkra van szükségük a hideg indításhoz. A középfrekvenciás kemencék könnyen indíthatók hideg adaggal és minden műszak után vagy olvasztási adag után kiüríthetők.
Amikor egy öntöde áttér a hálózati frekvenciás olvasztásról a középfrekvenciás berendezés üzemeltetésére fontos, hogy a kemence személyzete átképzésen vegyen részt. A korábban használt üzemeltetési gyakorlatot el kell hagyni, és új, specifikus, jó fajlagos energiafelhasználásra tervezett eljárásokat kell adaptálni. Ha az újra-betanítástól eltekintenek, az energiafelhasználás javítását nem lehet teljesen elérni.

Elért környezeti előnyök
Az olvasztási művelet növelt energia hatásfoka.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Üzemeltetési adatok a 3. fejezetben találhatók.

Alkalmazhatóság
Ez a technika új beruházásokra és nagyobb felújításokra vonatkozik.

Példaüzemek
A technika általánosan vonatkozik olyan öntödékre, melyek új kemencéket helyeznek üzembe.

Irodalmi hivatkozások
[47, ETSU, 1992]

4.2.4. Forgódobos kemence

4.2.4.1. A termikus hatásfok növelése

Leírás
Minden olyan intézkedés, mely növeli a kemence termikus hatásfokát, kisebb CO_2-kibocsátáshoz vezet. Nagyobb javulást értek el levegő helyett oxigén bevezetésével az égetés eszközeként. Ezt a 4.2.4.2. szakaszban tárgyaljuk.
További javulás érhető el a következők szorosabb ellenőrzésével, vezérlésével és optimalizálásával:

- égő szabályozás
- égő helyzetének beállítása
- adagolás
- fém összetétel
- hőmérséklet.

Elért környezeti előnyök
Az optimalizálás kisebb por- és maradvány mennyiséget és nagyobb energia hatékonyságot eredményez.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Egy 3 t/h teljesítményű vasolvasztó kemence optimalizálási programja a következőket javasolja jó üzemeltetési gyakorlatként:

- tiszta hulladék használata a következő berakási sorrendben: (1) tömbök és kis Si tartalmú anyagok; (2) saját visszatérő hulladék és öntödei selejt; (3) ötvöző anyagok és olvadékvédő adalékok; (4) acélhulladék

- olvadékvédelem: antracit és szilícium használata az olvadék védelmére (2-2%-a a fémbetétnek)
- forgatás: nem folyamatos fázisban, 1/3 forgatás minden percben összesen 7,5 fordulattal, amíg a fázis vált. Folyamatos forgatás alatt: 1,7 fordulat/ perc.
- Az égő energiája és szöge: párhuzamos égőfej helyzet használata az alsó injektorhoz. Indulás maximális energiával 20 percen keresztül, 10%-al csökkentve minden 20 percben, amíg a fázis nem vált (60 perccel az indulás után).

Ezeknek az intézkedéseknek a használatával 95%-nál nagyobb fém hatásfok (folyékony fém/adagolt fém) tartható fenn.

Alkalmazhatóság
Az optimalizálás elvei általában érvényesek a vasolvasztásra, oxigén-égőket használó forgódobos kemencében. Az üzemeltetési adatokat 3 t/h teljesítményű kemencére állapították meg. Más méretű kemencéknél helyszín-specifikus optimalizálás szükséges.

A bevezetés hajtóereje
A kemenceüzem optimalizálása és az olvasztás hatékonyságának növelése.

Példaüzemek
A folyamat-optimalizálási intézkedéseket általánosan alkalmazzák az európai, forgódobos kemencét használó öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[204, Carnier Aldonso, 2001]

4.2.4.2. Oxiégő használata

Leírás
A lánghőmérséklet nő levegő helyett tiszta oxigén alkalmazásával az olvasztáshoz vagy az üstök előmelegítéséhez használt égőkben. Ez hatékonyabb hőátadást tesz lehetővé az olvadékhoz és csökkenti az energia felhasználást.
Ha a levegőellátás a szorosan zárt olvasztó berendezésben eltorlaszolt, nem tud NO_x képződni az atmoszférikus nitrogén-oxidáció által. Ezen kívül az oxiégőből a füstgázok teljes árama kisebb a nitrogén ballaszt távolléte következtében. Ez lehetővé teszi kisebb portalanító telepítését.

Elért környezeti előnyök
A technika csökkenti az energiafelhasználást és az NO_x- valamint CO_2-kibocsátást a nagyobb égési hőmérsékletnek köszönhetően.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az oxigén előállítása, tárolása és használata növeli a biztonsági kockázatot. Az oxigéngyártás hűtőkeverékes desztillálással, vagy vákuum (nyomás) „swing" adszorpcióval történik. Mindkét eljárás villamos energia felhasználással jár. Az utóbbi technika felhasználása 0,35-0,38 kWh/ Nm^3 O_2. Az oxigéngyártás gyakran egy külső beszállítónál történik, aki az oxigént közvetlenül csővezetéken keresztül szállítja a tárolótartályba.
A tüzelőanyag vagy nehézolaj növeli a SO_2- vagy NO_x-kibocsátást azok S- ill. N-tartalma függvényében. Tisztább karburizáló anyagok használatával, mint a földgáz és propán, nem okozunk további szennyezést a CO_2 kivételével, ahogy ez minden égési folyamatnál fennáll.

Üzemeltetési adatok
A 4.13. táblázat az öntöttvas „oxigázos” olvasztásához és különböző kemence kapacitásokhoz tartalmazza az elméleti felhasználási adatokat, több tüzelőanyagra és az oxigénre vonatkozóan, a vas olvasztott tonnájaként.

Energiaforrás	**Kemence kapacitás (t)**				
	3	5	8	12	20
Könnyű tüzelőolaj kg/t	33-38	33-38	33-38	32-37	32-37
Földgáz Nm^3/t	38-43	38-43	38-43	38-42	38-42
Propán Nm^3/t	15-17	15-17	15-17	14-16	14-16
Oxigén Nm^3/t	130-150	130-150	130-150	130-145	130-145

4.13. táblázat Az energiafelhasználás táblázata (minimális olvadék)
[148, Eurofin, 2002]

Az oxigéndúsítás rekuperátorral kapcsolva általában 30% energia-megtakarítást eredményez. Ezen felül a nagyobb égési hőmérséklet elősegíti a kibocsátás mindenre kiterjedő csökkentését. A távozó füstgáz térfogata is csökken. A teljes oxi/tüzelő-anyag tüzelés 50%-ig terjedő energia-megtakarítást ajánlhat, és 72%-ig terjedően csökkentheti a távozó füstgáz mennyiségét.
Egy német beruházásnál az olaj-levegő fűtést gáz-oxigén tüzeléssel váltották fel, mely 15-18 dB(A)-val csökkentette a zajkibocsátást a kemence közvetlen közelében, az elemzés pontjától függően. A berendezés határán 48 dB(A)-t mértek. Az energia rekuperációval az adag előmelegítésére 53% összes energia-megtakarítást jelentettek.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható bármely forgódobos kemencéhez és az öntőüstök előmelegítésére. Az oxiégőket színesfémöntödékben nem alkalmazzák, azonban használják pl. másodlagos rézolvasztásnál.

Gazdasági kérdések
Beruházási költségek: 3 400-4 500 EUR.

A bevezetés hajtóereje
A kemence üzemeltetés optimalizálása és az olvasztás hatékonyságának növelése.

Példaüzemek
Ezt a technikát széles körben alkalmazzák forgódobos kemencét használó vasöntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[23, Brettschneider és Vennebusch, 1992], [32, CAEF, 1997], [110, Vito, 2001], [103, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, 1998], [148, Eurofine, 2002], [163UK Environment Agency, 2002], [232, Novem, 2000]

4.2.5. Kupoló választása indukciós vagy forgódobos kemencével szemben az öntöttvas olvasztásához

Leírás
Adott a tény, hogy a különböző technikák az alkalmazási területben átfednek, az alaptechnika az olvasztás-technológia kiválasztása. Ebben a választásban a döntő kritériumok a következők:

- a fém típusa,
- folyamatos, vagy adagonkénti termelés,
- a sorozatok nagysága,
- fém átbocsátás vagy kapacitás,
- rugalmasság a fémes betétanyag típusával és tisztaságával szemben,
- rugalmasság az ötvözetváltással szemben,
- a készített termék típusa,
- a kibocsátások és más környezeti megfontolások.
- a nyersanyagok rendelkezésre állása,
- a tüzelőanyagok/elektromos energia rendelkezésre állása.

A különböző olvasztási technikák alkalmazása erősen függő a felsorolt kritériumoktól. A fent említettekből a következő általánosságokat lehet levezetni:

- Fémtípus: a villamos kemencék előnyösebbek a gömbgrafitos és ötvözött öntöttvashoz
- Folyamatos termelés: a kupolókemence előnyösebb
- Adagonkénti termelés: Villamos, vagy forgódobos kemence előnyösebb.
- Rugalmasság a betétanyagok típusával és tisztaságával szemben: a kupolókemence előnyösebb
- Rugalmasság az ötvözetváltással szemben: az indukciós és forgódobos kemence előnyösebb
- Környezeti megfontolások:
  - a kupolókemence csak akkor előnyös, ha jól van porleválasztással ellátva; a koksz nélküli jobb környezeti viselkedést mutat, mint a forrószeles vagy hidegszeles
  - az indukciós kemencének kisebb a CO-, SO_2-, NO_x-, dioxin-kibocsátása és a salakja, de észben kell tartani, hogy a villamos energia előállítása is kibocsátással jár.
- Nyersanyagok rendelkezésre állása: ha olcsó hulladék áll rendelkezésre, a kupolókemence előnyösebb.

A valóságban az összes kritériumot együtt kell figyelembe venni. A 4.14. táblázat műszaki megfontolásokra alapozott összefoglalást ad.

A tárgyalt kritériumok alapján meg lehet fontolni a kupoló helyettesítését indukciós vagy forgódobos kemencével. Az indukciós vagy forgódobos kemence választásának elsőbbsége van a hidegszeles kupolókemencével szemben kis, a termékek nagy választékát öntő öntödéknél számos európai országban (pl. Ausztriában, Belgiumban).

Kritérium		Csak lemezgrafitos öntöttvas					Lemez- és Gömbgrafitos öntöttvas	Csak gömbgrafitos öntöttvas			Csak tempervas
A gyártott termék típusa		**Ellensúlyok**	**Csatorna öntvények, csövek, utcai bútorok**	**Zománcozott öntvények, Fűtő berendezések**	**Gépöntvények**		**Gépöntvé-nyek**	**Csatorna-öntvények, csövek, utcai bútorok**	**Gépöntvények**		**Gépöntvények**
Sorozatnagyság		**Közepes és nagy**	**Minden**	**Közepes és Nagy**	**Egyedi és kis**	**Közepes és nagy**	**Minden**	**Minden**	**Egyedi és kis**	**Közepes és Nagy**	**Közepes és nagy**
Kupoló	Hidegszeles	++	++ (<10-15h/t)	++ (<10-15h/t)		++ (<10-15h/t)			(+)		
	Forrószeles	+	++ (>10-15h/t)	++ (>10-15h/t)	0	++ (>10-15h/t)		++ (>10-15h/t)	0	+ (>10-15h/t)	
	Koksz nélküli				0	+		+	0	+	
Indukciós			+	+	++	++	++	+	++	++	++
Forgódobos kemence		(+) egyedi			++	+	++	(+) egyedi vagy kicsi	++		++
++: műszakilag jobban alkalmazott +: műszakilag alkalmazott (+): néhány esetben alkalmazott 0: nem alkalmazott											

4.14. táblázat Az olvasztó berendezés műszaki kiválasztása öntöttvas olvasztásához
[202, TWG, 2002]

Elért környezeti előnyök.
A kupoló indukciós vagy forgódobos kemencével való helyettesítése CO és SO_2 közvetlen kibocsátásának és a salak mennyiségének csökkenését eredményezi. Az indukciós kemencék csökkent NO_x-kibocsátást és a dioxin-képződés kisebb kockázatát mutatják. Az indukciós kemencék használatával létrehozott közvetett kibocsátás a helyi elektromos energia előállítás infrastruktúrájától függ.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A kupoló indukciós kemencével való helyettesítése az elektromos energia-felhasználás erős növekedésével jár.

Alkalmazhatóság
A hidegszeles kupoló indukciós, vagy forgódobos kemencével való felváltása a fenti kritériumok figyelembe vételével nagyobb felújítások esetén alkalmazható.
Új beruházásokra a 4.14. táblázat kritériumai vonatkoznak a helyi és helyszín-specifikus megfontolások mellett. Ha kupoló és indukciós vagy forgódobos kemencék vannak megjelölve legjobban alkalmazhatóként, az indukciós és forgódobos típus részesíthető előnyben környezeti előnyei alapján.

Gazdasági kérdések
A 4.15. táblázatban egy spanyol példaöntöde által gyűjtött költség-adatok találhatók, mely öntöde meglevő kupolókemencéjét egy forgódobos vagy villamos kemencével akarta helyettesíteni. A táblázat nem tartalmazza a kibocsátás-leválasztó berendezések költségeit. Az adatok 1997-1998. éviek. Az összehasonlítás a következő három rendszert tartalmazza:

- hidegszeles 3,5 t/h kapacitású kupoló,
- oxigázos 3 t kapacitású forgódobos kemence.
- 2 középfrekvenciás 2+1 t kapacitású indukciós kemence.

A költségszámítást az olvasztási költségekre végezték, 1 t/h olvasztási teljesítményre, napi 8 órás munkára. Az indukciós kemencéknél a csúcs-idei és nem csúcs-idei elektromos energia költségek között tettek különbséget. Mivel az elektromos energia a nagyobb költségösszetevő, ez a különbségtétel nagy különbséget okoz a végköltségnél. Az indukciós kemence üzemeltetése nem csúcsidőben (éjjel) a forgódobos kemencével összehasonlítható költséget eredményez. Az adatok azt mutatják, hogy a beruházás megtérülési ideje 5-9 év.

Költségek EUR/t olvasztott vas	**Kupoló**	**Forgódobos**	**Indukciós**	
Energia	30,7	29,8	40,8 27,2	(csúcs) (völgy)
Tűzálló anyag	3,6	1,3	1,4	
Munkaerő	52,9	22,7	22,7	
Nyersanyagok	205	205	205	
Összes költség	292	259	270	
Évi költség EUR-ban				
1 320 t/év olvasztási költsége	385 000	341 000	356 000 338 000	(csúcs) (völgy)
Megtakarítások	Nincs	44 000	29 000 47 000	(csúcs) (völgy)
Beruházás	Nincs	250 000	26 000	
Épület		Nem szükséges	Szükséges	

4.15. táblázat Példaüzem költségadatai meglévő kupoló forgódobos vagy indukciós kemencével való helyettesítésénél
1997-1998 évi adatok, Spanyolország [202, TWG, 2002]

A bevezetés hajtóereje
A közvetlen kibocsátások csökkentése a vasolvasztásnál.

Példaüzemek.
A legtöbb osztrák öntöde —melyek kis és közepes vállalkozások— áttért kupolóról indukciós olvasztásra. Ennek következtében már csak három osztrák öntöde maradt meg a kupolókemencés olvasztásnál.

Irodalmi hivatkozások:
[202, TWG, 2002], [110, Vito, 2001], [225, TWG, 2003]

4.2.6. Lángkemence

4.2.6.1. Oxiégő használata

Ld. a 4.2.4.2. szakaszt.

4.2.7. Egyéb kemence-típusok

4.2.7.1. Alternatívák az SO_2 használatára védőgázként a Mg olvasztásánál

Leírás
Az általánosan használt SF_6 nagy globális felmelegedést okozó potenciálja miatt nagy az érdeklődés az alternatív magnézium-olvadék fedőgázok iránt. Az SF_6 helyettesítése évek óta kutatási téma. Jelenleg a Nemzetközi Magnézium Szövetség (International Magnesium Association) koordinál egy egész világra kiterjedő kutatási projektet az alternatívák kifejlesztésére és javaslására. Sikeresen vizsgáltak HFC-134a (CF_3CH_2F) és Novec 612 (perfluor-keton, $C_3F_7C(O)C_2F_5$)-tartalmú gázkeverékeket. A kutatás mindkét vegyület alkalmazhatóságára kiterjed. A HFC-134a a Kiotói Jegyzőkönyv tilalmai alá esik. Mindkét vegyületnek kisebb globális felmelegedést okozó potenciálja van, mint az SF_6-nak: Az SF_6 GWP-je=23 000; a HFC-134a GWP-je=1 300; a Novec 612 GWP-je=1 (globális felmelegedést okozó potenciál).
Jelenleg az SO_2 választható alternatíva. Néhány magnéziumöntödének hosszú tapasztalata van ezzel a gázzal és soha nem használt SF_6-ot, mióta ezt a gázt a 1970-es évek elején először használni kezdték. Az SO_2 reagál a folyékony magnéziummal, és védőfilmet képez a felületen. Rendelkezésre áll egy kis koncentrációjú SO_2-levegő keverésére szolgáló keverő egység. Ezen kívül kezelési eljárásokat fejlesztettek ki a SO_2-hoz a munkások kitettségének és kockázatának csökkentésére.

A védőgázt egy több kivezetésű csövön keresztül szállítják. A kivezető csonkok elhelyezése úgy van megválasztva, hogy a fémfelület minden területén biztosítsa a védelmet. A nyílásokhoz közelebb eső területek, melyeket gyakrabban nyitnak meg üzemelés közben nagyobb gázáramot igényelnek, mint azok a területek, ahol a körülvevő levegővel kicsi a kölcsönhatás.
A biztonság optimalizálásának, és a gázfogyasztás minimalizálásának érdekében teljesen beburkolt olvasztási és öntési folyamatokat alkalmaznak.

Ha a helyettesítés nem lehetséges, a következő műszaki intézkedések teszik lehetővé az SF_6-fogyasztás csökkentését:

- a kemencék jobb szigetelése,
- teljesen automatikus védőgáz adagolás,
- mind a gázkeverék, mind a gázáram elektronikus vezérlése,
- a túladagolás csökkentése.

Elért környezeti előnyök
Az SF_6 helyettesítével elkerülhető ezen üvegház-hatású gáz használata.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az SO_2 mérgező gáz és a munkások kitettségi határértékei figyelembe veendők. A foglalkozási kitettségi határérték a legtöbb országban 2 ppm (5 mg/m^3) 8 órán át. Kén- és oxigén-tartalmú lerakódások képződhetnek a kemencefalon. Kedvezőtlen feltételek mellett ezek a lerakódások bemerülhetnek a folyékony fémbe, ahol reakciót okozhatnak, mely fémkitöréshez vezethet a kemencéből. Gyakori lekaparással a kitörés megelőzhető.
A technika kis mennyiségű SO_2-kibocsátást eredményez, melynek mennyisége az öntöde kapacitásától és a kemencék számától függ. Egy becslés szerint az olvadék védelmére felhasznált SO_2-ből a kibocsátás mintegy 50-500 kg/év lehet.

Üzemeltetési adatok
Az SF_6-felhasználás a használt olvasztási technikától függ és 0,1-nél kevesebbtől 11 kg/t kész öntvényig terjedő határok között változik. Az alkalmazási adatok a 3. fejezetben találhatók.
Nyugodt olvadékban a SO_2 használata jellemzően 0,7% lesz a levegőben 5-10 l/min áramnál. Zárt (de nem levegőtömör) kemencékben, mint a nyomásos öntőgépek olvasztó és adagoló kemencéiben, tiszta SO_2 használatos. Minimális mennyiségű levegő, mely a fedélen keresztül belép, szükséges a fedés létrehozásához. Ha hordozó gázt használnak, a nitrogén részesítendő előnyben, semlegessége miatt. A SO_2-t akkor 1-2%-os koncentrációban keverik.
A magnézium-hulladék folyósító szer nélküli átolvasztásának tömegmérleg adatai a 4.6. szakaszban találhatók.

Alkalmazhatóság
Számos lehetőség van a SF_6 fogyasztás csökkentésére, de pillanatnyilag nem látszik lehetségesnek annak teljes helyettesítése nem üzemszerű helyzetekben. SO_2 alkalmazható általában a rendes olvasztási műveletekhez. Amikor javítják a kemencét, SF_6 marad a szükséges védőgáz, az egészségi kockázatok következtében, a SO_2-nak való kitétellel korrelációban. Ezen kívül az SO_2 nem használható magnézium tüzek eloltására. Ebben az estben is a SF_6 marad használatban.

Gazdasági kérdések
Az SF_6 ára drámaian nőtt az utóbbi néhány évben. Az SF_6-ról a SO_2-ra való áttérésnek ezért járulékos gazdasági hatása van. A 4.1.16. táblázat becsléseket ad az üzemeltetési költségekről SF_6 és SO_2 használatánál egy, három nyomásos öntőgépet üzemeltető öntöde tájékoztatására és ipari méretű próbák eredményeire alapozva. Habár a számok csak durva becslések, világosan mutatják, hogy nagy költségmegtakarítási lehetőség van az SF_6-nak SO_2-vel való helyettesítésében.

Tulajdonság	Egység	SF_6	SO_2
A gáz koncentrációja	%	0,4	0,7
Ár	EUR/kg	36,5	4,5
Átszámított sűrűség (0ºC és 1 bar)	l/kg	153	350
Évi gázfelhasználás	kg/év	339	259
Költség/év (NOK)	EUR	12 373	1 165
3 nyomásos öntőgép működés: 30 nap/év egyenként 10 l/min gázárammal.			

4.16. táblázat Költség-összehasonlítás az SO_2 és SF_6 védőgáz atmoszférák között
[190, Schubert és Gjestland]

Ha új beruházást veszünk figyelembe, a minden modern biztonsági és adagolási követelményt kielégítő SO_2-gáz rendszer 70 000 EUR-ba kerül, egy 1 000 t/ év kapacitású üzemnél. Egy új SF_6 rendszer 23 300 EUR-ba kerül. Erre a 1,5% SO_2-t és 0,2% SF_6-t, mindkettőt nitrogénben használó beruházásra vonatkozó üzemeltetési adatok a 4.17. táblázatban találhatók. A SO_2 összes évi költsége mintegy 2 500 EUR-val több mint a SF_6-é, másrészről 12 300 t-val egyenértékű kibocsátás kerülhető el. Minél nagyobb az üzem, annál kisebb a költségkülönbség a két rendszer között. Évi 1 500 t teljesítménynél elérjük a fordulópontot és a CO_2-redukció költsége alatta marad az SF_6 rendszer költségének.

Általános öntési adatok		
A kemencék kapacitása	2 000 kg	
Maximális olvasztási teljesítmény	1 000 kg/h	
Napi öntési idő (hideg kamrás)	13,2 h	
Munkanapok száma	250/év	
Kihasználás	76 %	
Bruttó olvasztási tömeg (lövési tömeg)	2 000 t/év	
Hulladék tényező	50 %	
A Mg alkatrészek nettó tömege	1 000 t/év	
Évi értékesítés (15,00 EUR/kg)	15 millió EUR	
A Mg fürdő felülete	6 m^3	
Gáz (hordozó-+védőgáz) per felület m^2	300 l/h, egész éven át	
Külön gázadagolás adagolás közben	+25 %	
Gáz adatok	**SF_6**	**SO_2**
Hordozógáz	nitrogén	nitrogén
Védőgáz koncentráció a hordozógázban	0,2 térf. %	1,5 térf.%
Védőgáz adagolás óránként	46,9 g	154,2 g
Védőgáz adagolás évenként	514 kg	1 688 kg
Védőgáz együttható/nettó Mg output	0,51 kg/t	1,69 kg/t
CO_2 egyenérték kibocsátás tonnában	12278	-
Költség adatok	**SF_6**	**SO_2**
1 kg védőgáz	20,00 EUR	3,00 EUR
1 m^3 hordozógáz (nitrogén)	0,20 EUR	0,20 EUR
Új gázberendezés beruházási költsége	23 333 EUR	70 000 EUR
Évi értékleírás	10 %	10 %
Leírási időszak	10 év	10 év
A berendezés évesített beruházási költsége	3 797 EUR	11 392 EUR
A védőgáz üzemi költsége	10 274 EUR	5 065 EUR
Évi üzemeltetési költség (nitrogén nélkül)	14 072 EUR	16 457 EUR
A SO_2 használatának kiegészítő összköltsége	-	2 385 EUR
Fajlagos kibocsátás-csökkentési költség	-	0,19 EUR/t CO_2 eq.
Kiegészítő értékesítési költség hányad	-	0,02 %
Megjegyzés: A legtöbb adat csak 1 000 t/év teljesítményű üzemre érvényes, és változik az üzemnagysággal.		

4.17. táblázat Egy 1 000 t/év Mg-kibocsátású új nyomásos öntöde üzemeltetési és költségadatai
[218, Harnisch és Schwarz, 2003]

Meglevő berendezéseknél, a SO_2-fogyasztás csökkent költségének meg kell térítenie a védőgázos berendezésre való áttérés beruházási költségeit. A megtérülési idő függ a tényleges védőgázfogyasztástól. 0,9 kg/t SF_6 fogyasztásra alapozva a fordulópont az, ahol a SO_2-használat összes költsége kisebb lesz, mint az SF_6 összehasonlítható költsége, és 900 t/év output alatt van. 500 t/év-nél a SO_2 még drágább, de 1 t CO_2 eq. fajlagos csökkentési költsége 0,31 EUR-t tesz ki. A kiegészítő értékesítési költség hányad 0,04%-ra rúg. Ezért ennél a kapacitásnál a technika szintén figyelembe vehető.
Következtetésként, azt találták, hogy a SO_2 használata SF_6 helyett védőgázként a magnézium nyomásos öntésénél gazdaságos, legalább azokban az üzemekben, ahol az évi fémkibocsátás 500 t vagy több, tekintet nélkül arra, hogy az üzem újonnan épített vagy még SF_6-al üzemel.

A bevezetés hajtóereje
Az üvegház hatású gáz kibocsátás-csökkentés intézkedései, különösen a Kiotói Jegyzőkönyv szabályozása a fluortartalmú gázok, HFC-k, PFC-k és SF_6 használatáról. Ezeknek a gázoknak nagy globális felmelegedést okozó potenciáljuk van, de nem ózonkárosítók. Ez fogja képezni az EU irányelvek alapját a fluor-tartalmú gázok használatáról. Néhány régió már tett javaslatokat használatuk betiltására, pl. Dánia, Németország és Ausztria.

Példaüzemek
LM Leichtmetall Systemtechnik, Feldbach (D)
Ausztriában, Dániában és Svédországban a SF_6-t már nem használják védőgázként.

Irodalmi hivatkozások
[182, Closset, 2002], [190, Schubert és Gjestland], [191, IMA és mások], [192 Gjesland és Westengen, 1996], [194, UNEP IPCC, 2002], [218, Harnisch és Schwarz, 2002]

4.2.8. A színes- és könnyűfémek kezelése

4.2.8.1. Az alumínium gáztalanítása és finomítása forgólapátos állomás használatával

Leírás
A hidrogén olvadékból való eltávolításához az alumínium gáztalanítása szükséges. A nem kívánatos elemek és szennyezők kis mennyiségeinek eltávolítása vagy csökkentése szükségessé teszi az olvadék halogénekkel, pl. klór, fluor, bróm kezelését. Erre a kezelésre a finomítás kifejezést használjuk, és általában a gáztalanítással van kombinálva.
Fizikai kezelési eljárásokkal végzett megfelelő gáztalanítás a legtöbb alumínium öntvény esetében nem ér el kellő finomítást. A vákuumos gáztalanítás igen kicsi hidrogén-tartalmat biztosít az olvadékban, de egyidejűleg a kevesebb kristálycsíra kevésbé hatásos kristályosodást jelent.
A kombinált gáztalanító és finomító eljárásban argon és klór, vagy nitrogén és klór gázkeveréket vezetnek be az olvadékba. A klór-koncentrációt optimalizálni kell a hordozógázban, a jó finomítás valamint a kis kibocsátás biztosítása érdekében. A legtöbb esetben csak gáztalanító kezelés szükséges. Ezt a kezelést Cl_2-gáz nélkül végzik. A kezelőedénytől függően a gáztalanítás hatásfoka porózus dugókkal és forgólapátokkal javítható.
Néhány elszigetelt esetben Ar/SF_6 keveréket használtak. Az utóbbi üvegház-hatású gáz, nagy légkör-melegítési potenciállal, mely a Kiotói Jegyzőkönyv hatálya alá tartozik (ld. a 4.2.1. szakaszt is).

Elért környezeti előnyök
A forgólapát használata Ar/SF_6 vagy N_2/Cl_2-vel szükségtelenné teszi a hexaklór-etán használatát az alumíniumfinomító kezelésében. A hexaklór-etán használata 2003. június 30. óta tilos az EU-ban.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Ezen gáztalanító egység alkalmazása lehetővé tette a hexaklór-etán gáztalanító és finomítási célokra történő használatának mellőzését.

Üzemeltetési adatok
A kombinált gáztalanításhoz és finomításhoz általában 3% Cl_2-tartalmú nitrogént használnak. Csak gáztalanításhoz Cl_2 nem szükséges.
Mobil forgólapátos állomás használható 50-250 kg Al hőn tartó kemencéihez és üstjeihez. A kezelés 3-5 percig tart. Fémkezelő egységet használnak 400-1 000 kg Al kapacitásokhoz. A fürdőt 1,5-5 percig kezelik 8-20 l/min gázárammal. A grafit forgórész élettartama 100-150 kezelés, az olvadék hőmérsékletétől függően.

Alkalmazhatóság
Forgólapátos állomásokat 50-1 000 kg-os folyékony alumínium hőn tartó kemencéihez és üstjeihez fejlesztettek ki.

Gazdasági kérdések
A beruházási költségek a 4.18. táblázatban szerepelnek.

Leírás	Költség EUR
Forgólapátos üzem tartozékokkal együtt	15 000
Berendezés az argon és klórgáz keveréséhez	40 000
Összesen	**55 000**

4.18. táblázat A forgólapátos állomás beruházási költségei
[178, Wenk, 1995]

A bevezetés hajtóereje
A 97/16/EK EU Irányelv, mely megtiltja a hexaklór-etán használatát a színes- és könnyűfémek gyártása és feldolgozása során.

Példaüzemek
A technikát rendesen alkalmazzák az alumínium-öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[175, Brown, 1999] [178, Wenk, 1995]

4.3. Forma- és magkészítés, beleértve a homok-előkészítést is

4.3.1. A forma típusának kiválasztása

A forma típusának kiválasztása főleg műszaki kritériumokon alapul. A különböző formázási típusok alkalmazhatósága a 4.19. táblázatban van összegezve. A 4.20. táblázat megadja a különböző rendszerek általános tulajdonságait.

	„Egyszer használható” formák				Tartós formák				
	Formázási módszerek				Öntéstechnika				
	Nyers homok formázás	Héjformázás	Fenol-furángyanta formázás	Pep-set/vízüveges formázás	Kis nyomású öntés	Nagynyomás öntés (meleg)	Nagynyomású öntés (hideg)	Pörgetett öntés	Folyamatos öntés
Öntöttvas									
Lemezgrafitos öntöttvas	x	x	x	x	o			x	x
Gömbgrafitos öntöttvas	x	x	x	x				x	x
Tempervas	x	○	x	○					
Fehér öntöttvas	x	x	x						
Acél									
Ötvözetlen	x	x	x	x				x	
Gyengén ötvözött	x	x	x	x				x	
Erősen ötvözött	x	x	x	x				x	
Mangán-, rozsdamentes és hőálló	x	x	x	x			o	x	
Nehézfém									
sárgaréz	x	x	x	x	x				
bronz	x	x	x	x					
réz	x	x	x	x	x		x	x	x
cink ötvözetek					○		x	x	
Könnyűfém									
Alumínium ötvözetek	x	x	x	x	x		x		x
Magnézium ötvözetek	x	○	x	x	x	x	x		
Titán	○	○	x	x	○				
x a módszer használható ○ a módszer lehetséges, de ritkán alkalmazott									

4.19. táblázat A különböző formázási típusok alkalmazhatósága
[126, Teknológisk, 2000]

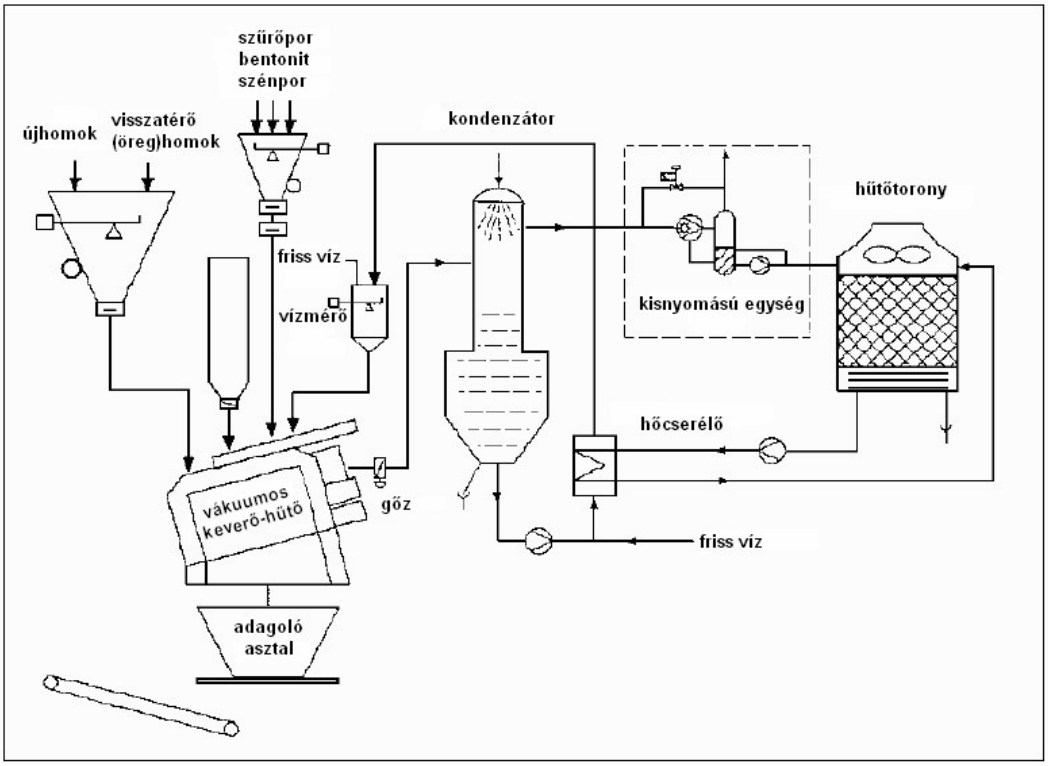
	Nyershomok - formázás	Vegyi kötésű homok	Kisnyomású és kokilla	Nyomásos öntés
Viszonylagos költség sorozatgyártásnál	kicsi	közepes	kicsi	legkisebb
Viszonylagos költség kis mennyiség esetén	legkisebb	közepes	nagy	legnagyobb
Az öntvény megengedhető tömege	mintegy 1 t-ig	több tonnáig	50 kg	30 kg
A legvékonyabb önthető szelvény cm-ben	0,25	0,258	0,3	0,08
Jellemző mérettűrés, centiméterben (az osztócsíkot nem számítva)	0,03	0,02	0,07	0,02
Viszonylagos felületminőség	elfogadhatótól a jóig	elfogadhatótól a jóig	jó	legjobb
Viszonylagos mechanikai tulajdonságok	jó	jó	jó	nagyon jó
Az öntvény komplex konstrukciójának viszonylagos könnyűsége	elfogadhatótól a jóig	jó	elfogadható	jó
A konstrukció változtatásának viszonylagos könnyűsége a termelésben	legjobb	elfogadható	gyenge	leggyengébb
Az önthető ötvözetek tartománya	korlátlan	korlátlan	rézalapú és kisebb olvadáspontú fémek előnyben	alumínium alapú és kisebb olvadáspontú fémek előnyben
*) A mechanikai tulajdonságok hőkezeléssel javíthatók				

4.20. táblázat A különböző formázási típusok műszaki tulajdonságai
[42, US EPA, 1998]

4.3.2. Formázás agyagkötésű (bentonitos) homokkal (nyers formázás)

4.3.2.1. Agyagkötésű homok előkészítése vákuumos keveréssel és hűtéssel

Leírás
A keverési és hűtési folyamat egy folyamatlépésben van kombinálva. Ezt a homokkeverő csökkentett nyomás alatti működtetésével érjük el, mely a víz szabályozott porlasztásával hűtést eredményez. A keverőnek hermetikusan zártnak kell lennie. Nyomásálló burkolata van, és vákuum rendszerrel van összekötve. Az elrendezési terv a 4.6. ábrán látható.



4.6. ábra Formázóhomok előkészítő üzem vákuumos keverő-hűtő berendezéssel
[207, Drews, 1996]

A rendes homok-előkészítő üzemmel összehasonlítva, ez a technika nem kíván külön hűtőt és kapcsolódó berendezést. Mivel a teljes levegőáram kisebb, a vákuum-berendezés kisebb központi porleválasztóval rendelkezik. A porszűrő mérete és energiafelhasználása 50%-a a hagyományos üzemének. A levegőáram csökkentése kisebb aktív bentonit elszívást, így általánosan kisebb adalékfelhasználást eredményez. A zárt működés következtében a technika nincs kitéve a külső éghajlati körülményeknek.
Gőz használata levegő távollétében a bentonit gyors aktiválódásához vezet, mely a kötött homok optimális nyomószilárdságának gyors elérését eredményezi.
A vizet két külön lépcsőben adják hozzá:

- víz a visszatérő homok nedvességének az előkészített homokkeverék szintjére történő beállításához,
- víz a homoknak a megkívánt 38-40ºC hőmérsékletre való lehűtéséhez, a víz porlasztásával.

A rendszer hátránya a vákuum rendszer működtetése és vezérlése. Az eljárás érinti a homok műszaki tulajdonságait is (pl. a nyomó- és szakítószilárdságot, gázáteresztő képességet), melyek csökkennek 72 h után („a 72 órás hatás”). Ez megelőzhető mintegy 90 s-os átkeveréssel.

Elért környezeti előnyök
A teljes levegőáram csökkentése kisebb távozó gáz- és ártalmatlanítandó pormennyiséget eredményez, valamint kisebb kötőanyag felhasználást a hagyományos hűtő- és keverő üzemekhez képest (azonban ez függ a regeneráló üzem hatásosságától is). Ezen kívül a rendszer kevesebb energiát használ.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
A technika új nyershomok előkészítő berendezésekhez alkalmazható.

Gazdasági kérdések
Az alkalmazhatóság gazdaságossági határa olyan folyamatoknál van, ahol a homokhűtés követelmény, és melyeknek 60 t homok/h-nál nagyobb kapacitásuk van.

A bevezetés hajtóereje
Az ártalmatlanítandó por mennyiségének csökkentése és az adalékanyagok mennyiségének optimalizálása. Az alapterület korlátozása.

Példaüzemek
Japánban a vákuumos keverő és hűtő üzemek 1993 óta üzemelnek, 100 m^3/h előkészített homok átbocsátással.
Különböző berendezések üzemelnek jelenleg Olaszországban, Franciaországban és Angliában is.

Irodalmi hivatkozások
[143, Inasmet és CTIF, 2002], [207, Drews, 1996], [214, Gerl, 2003]

4.3.3. Formázás és magkészítés vegyi kötésű homokkal

4.3.3.1. A kötőanyag- és gyantafelhasználás minimalizálása

Leírás
A vegyi kötőanyagok minimalizálása a folyamatvezérlés és az anyagkezelés optimalizálásával érhető el. Az utóbbi kategóriával a 4.1. szakasz foglalkozik. Ebben a szakaszban a folyamatintézkedéseket tárgyaljuk.
A vegyi kötőanyagok pazarlásának leggyakoribb módja a túlzott felhasználás a gyenge folyamatvezérlés kompenzálására. A jó kötőanyag-gazdálkodás kulcsparaméterei a következők:

- *homok egyenletesség:* olyan homokminőség használata, mely összefér a kötőanyag rendszerrel. A homokraktározás és homokvizsgálat (tisztaság, szemnagyság, alak, nedvességtartalom) jó szabályozása a legfontosabb. A kis finomszemcse-tartalom és a használt homok maximális mennyisége csökkenti a szükséges gyantamennyiséget.
- *hőmérséklet-szabályozás:* a homokhőmérsékletet szűk tartományban kell tartani, rendszeres ellenőrzésekkel és a keményítő adalék mennyiségének hozzáigazításával. A homokmelegítő épp a keverő előtti elhelyezése lehetővé teszi a pontos hőmérsékletszabályozást.
- *a keverő karbantartása és tisztítása*
- *formaminőség:* ellenőrzés, a formázási hibák megoldása és megelőzése
- *adalék részarány:* a megfelelő kötőanyag adalék függ a kötőanyag típusától, a homok fajlagos felületétől és az öntvény nagyságától
- *keverő működés:* a keverő működésének optimalizálása magában foglalja a működés megfigyelését és vezérlését.

A 4.21 táblázat sorolja fel azokat a keverési folyamat-változókat, melyeket könnyű mérni a készen rendelkezésre álló műszerezéssel. A szabályozókat egy riasztó rendszerrel összekötve lehetővé teszi a kezelő számára a „specifikáción kívüli" helyzet felismerését. Ezt tisztítással, karbantartással és újra kalibrálással korrigálni kell, mielőtt nagyobb probléma lépne fel.

Folyamatváltozók	Megjegyzések	Műszerezés
Homokáram	Változhat az ürítő nyílásban levő akadályok miatt, melyek csökkentik/megállítják a homokáramot, vagy kopott / laza megállító anyacsavarok, melyek gyorsabb áramot okoznak.	Ütközőlemezes áramlásmérők
Homokhőmérséklet	Meghatározza a kikeményedés sebességét és a megkívánt kikeményítő mennyiségét/típusát.	Egy folyamatszabályozó műszer használható, a kikeményítő adalékok hozzáigazítására, és a homok hőmérséklet változásainak kompenzálására.
Energiafelhasználás	A keverő tisztaságának jelzését szolgáltatja.	Motorterhelés jelző
Gyanta- és kikeményítő-áram részarány	Változhat a kopott szivattyúk, a viszkozitás hőmérséklettel való változásai, a dugulások vagy lyukadások eredményeképp a csőrendszerben és fúvókákban, valamint a visszacsapó szelepek beragadása következtében.	Pozitív elmozdulás, elektromágneses vagy „Coriolis" áramlásmérő
Üzemórák	Hasznos a teljesítmény megbecslésére a tőke- és karbantartási költségekkel szemben	

4.21. táblázat Folyamatváltozók és azok jelzése a keverő teljesítményéről
[71, ETSU, 1998]

Az olyan öntödék számára, melyek nagyobb kifinomultságot igényelnek, teljesen automatizált keverő-vezérlőrendszerek állnak rendelkezésre. Ezek mikroprocesszoros technológiát alkalmaznak, hogy a homokkeverék-termelés automatikus javító szabályozását biztosítsák, és csak korlátozott kezelői beavatkozást kívánjanak. Az automatikus vezérlőrendszerrel elérhető további előnyök főként a kezelőtől való kisebb függés és a változó körülmények gyorsabb korrigálásának következményei. Az utóbbit a termelés leállítása nélkül is elvégzi.

Elért környezeti előnyök
A kötőanyag és gyantafelhasználás optimalizálása a vegyi adalékok felhasználásának minimalizálását eredményezi.
Az illékony szerves vegyületek a kötőanyagok alkotóinak 50-60%-át teszik ki. A mennyiség a kötőanyag rendszer típusától függ. A zöme a homok keverése és a fém öntése közben jut ki a környezetbe. A kötőanyag felhasználás csökkenése a VOC-kibocsátás megfelelő csökkenését eredményezi.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
A legtöbb esetben a modern keverés-vezérlési rendszerekkel 5% kötőanyag szint és 1% formaselejt könnyen elérhető. Sok öntöde jóval nagyobb megtakarításokat valósított meg.

Különböző öntödék a kötőanyag adalékok 5-25% csökkenését jelentették, valamint a formaselejt termelés csaknem teljes kiküszöbölését.
Automatikus keverő vezérlés felszerelése egy hidegen kötő gyantát használó öntödében lehetővé tette az öntöde számára a gyanta adalék részarányának 10 kg/min-ről (a homok tömegének 1,22%-áról) 8,99 kg/min-re (1,09) való csökkentését, mely ennek megfelelően a katalizátor 10%-os csökkentését is eredményezte. A hibás formák száma több mint 60%-al csökkent, és évi 37 000 GBP-nél nagyobb költségmegtakarítást értek el.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő, vegyi kötésű homokot használó öntödére vonatkozik. A meglevő üzemek kiegészíthetők keverék-jelző vezérlőberendezéssel.

Gazdasági kérdések
Egy tonna megkevert homokhoz a kötőanyag-adalék jellemzően csak 1-3 tömeg%, de költségben a kötőanyagok a teljes nyersanyag felhasználásnak 30-60%-át teszik ki. Úgy becsülik, hogy jobb kötőanyag-gazdálkodással 5-10% megtakarítást lehet elérni.
Beleértve egy homokkeverő rendszerbe az összes, a 4.21. táblázatban javasolt berendezést, az egész mintegy 10 000 GBP-be (1997. évi UK áron) kerül. Azonban a folyamatszabályozásban elért jelentékeny javulásnak köszönhetően, ennek a tőkebefektetésnek viszonylag rövid a megtérülési ideje. Habár egy automatikus vezérlő rendszer beruházása mintegy kétszer annyiba kerül, mint egy egyszerű on-line jelzőrendszeré, nagy költségmegtakarítás érhető el vele.
Néhány példa gazdasági adat található a 4.22. táblázatban. Ezek ennek a szakasznak elején, az „üzemeltetési adatok” címszó alatt leírt vasöntödére vonatkoznak.

Költségfajta	**EUR**
Megtakarítás a hibás formák 60%-al való csökkenéséből	6 416
Megtakarítás a gyantafelhasználás 10%-os csökkenéséből	29 966
Megtakarítás a katalizátor 10%-os csökkentéséből	9 050
Összes anyagköltség megtakarítás	**45 433**
Évi üzemeltetési költség	320
Becsült évi karbantartási költség	24
Nettó költségmegtakarítás	**45 088**
Az egység vételi költsége	24 166
Megtérülési idő	7 hónap

4.22. táblázat A példaüzem keverő vezérlésének évi megtakarításai, költsége és megtérülési ideje (1995. évi árakon)
[75, ETSU, 1996]

A bevezetés hajtóereje
Az üzemelltetési költségek optimalizálása és a VOC-kibocsátás minimalizálása.

Példaüzemek
A vegyi kötésű formázással dolgozó öntödék zömében alkalmaznak jó kötőanyag-gazdálkodási intézkedéseket.

Irodalmi hivatkozások
[71, ETSU, 1998], [75, ETSU, 1996], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.3.3.2. A formázó- és maghomok veszteségek minimalizálása

Leírás
A modern formázó- és magkészítő gépek lehetővé teszik a különböző terméktípusok termelési paramétereinek elektronikus adatbázisba mentését. Ez lehetővé teszi egy új termékre való könnyű áttérést a helyes paraméterek megtalálásának egyszerűen próbák és hibák révén történő megállapításából eredő idő- és anyagveszteség nélkül. Új termékeknél a hasonló termékekhez való beállítás lerövidítheti az optimalizáció idejét.

Elért környezeti előnyök
A hulladékhomok és energiafelhasználás csökkentése a próbagyártás minimalizálásával.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
Kis sorozatok sorozatgyártása nagy átmenő termelési teljesítménnyel. A hibamentes átállás jó vezérlést és egyenletes homokminőséget követel meg.

Gazdasági kérdések
Egy maglövőgép beruházási költsége a mag térfogatától függ, és a 150 000-től (5 l) 400 000-ig (100 l) terjedő tartományban mozog. Az évi üzemeltetési költségek a beruházási költség 5-10%-át teszik ki.

A bevezetés hajtóereje
Az olyan folyamatok optimalizálása, melyek gyakori változásokat igényelnek a mag és forma típusában.

Példaüzemek
Ezt a technikát számos öntöde alkalmazza szerte Európában.

Irodalmi hivatkozások
[110, Vito, 2001]

4.3.3.3. Legjobb gyakorlat hidegen kötő eljárásokhoz

- *Fenolos:* A homok hőmérsékletét a lehető legállandóbban, pl. 15-25ºC körüli értéken tartják az elpárolgás okozta kibocsátás megelőzése érdekében. A gyanta és a katalizátor közvetlen érintkezése elkerülendő, mert a reakció exoterm és heves lehet.
- *Furános*: A homok hőmérséklete nagyon fontos ennél az eljárásnál és a lehető legállandóbb értéken, 15-25˚C körül kell tartani, a kötőanyag kötési idejének irányítása és a katalizáló adalékok minimalizálása érdekében. A gyanta és katalizátor közvetlen érintkezése elkerülendő, mert a reakció exoterm és heves lehet.
- *Poliuretános (fenolos-izocianátos):* A homok hőmérséklete 15 és 25˚C között tartandó a folyamatvezérlés fenntartása és a kibocsátások minimalizálása érdekében. A legjobb gyakorlat három szivattyú használata, és a katalizátor és fenolgyanta izocianáttal és homokkal közvetlenül a keverőben történő keverése. [202, TWG, 2002]
- *Rezol-észteres* (alkálikus fenol-észter kikeményítés): A homok hőmérséklete optimális, 15-35ºC hőmérsékleten tartandó és vezérelendő. Az eljárás kevésbé

érzékeny a hőmérsékletingadozásokra, mint a többi önkötő rendszerek. A kikeményedés sebességét a katalizátor típusának kiválasztásával állíthatjuk be. [225, TWG, 2003]

- *Észter-szilikátos:* A homok hőmérséklete 15 és 25˚C közötti tartományban vezérelt. Mivel a formák és magok nedvességet vesznek fel, a teljes szilárdság elérése után a lehető leggyorsabban fel kell használni. Hosszabb tárolás csak száraz feltételek mellett lehetséges.

4.3.3.4. A legjobb gyakorlat gázzal kikeményítő eljárásokhoz

- *Cold-box:* Az amin-párákat a magkészítő gépnél fel kell fogni. Bármely fölös amint fel kell fogni a magszekrényen keresztül. Ezen felül szükséges lehet a magtároló terület szellőztetése is. Ha lehetséges, ernyőket kell elhelyezni a formázó vagy magkészítő gépek fölé, valamint a magtároló terület fölé is.
  Az amin-felhasználás olyan mértékig minimalizálható, hogy felhasználása megegyezik a homokmagok termelésének szükségletével, mert a nyersanyag és annak kezelési költsége nagy. Az amin-felhasználás minimalizálását elősegíti a magon belüli amin-elosztó folyamat optimalizálása, jellemzően a gázáram szimulációja és optimalizálása révén. [202, TWG, 2002]
  A homok hőmérsékletét a lehető legállandóbb értéken kell tartani, 20-25ºC között, egyébként a túl kis hőmérséklet hosszabb elgázosító időt tesz szükségessé, így nagyobb amin-felhasználást okoz. A túl nagy hőmérséklet drasztikusan csökkenti az előkészített homok élettartamát
  A víz káros ebben az eljárásban. A homok nedvességtartalmát 0,1% alatt kell tartani, és a gázosító és öblítő levegőnek száraznak kell lennie.
  Megjegyzés: az aminok a levegővel bizonyos arányban gyúlékonyak és robbanóképesek. Nagy gondot kell fordítani tárolásukra és kezelésükre, és a szállító utasításait mindenkor figyelembe kell venni.
- *Rezol* (alkálikus fenolok metil-formiáttal kikeményítve): Tanácsos a munkaterület szellőztetése legalább a tűzveszély megelőzése érdekében. A metil-formiát-felhasználást oly mértékben kell minimalizálni, hogy felhasználása megfeleljen a homokmag-termelés igényének. A homokhőmérsékletet 20ºC-nál nagyobb értéken kell tartani annak érdekében, hogy megelőzzük a metil-formiát kondenzálódását. A metil-formiát párái nehezebbek a levegőnél; ezt figyelembe kell venni az elszívórendszer tervezésénél.
  Megjegyzés: a metil-formiát lobbanékony, amikor koncentrációja eléri a 6-20%-ot, és a levegővel bizonyos arányban keveredve robbanékony. Nagy gondot kell fordítani tárolására és kezelésére, és a szállító utasításait be kell tartani.
- *Rezol-CO_2:* a rezolnak kis mennyiségű nem reagált fenol- és formaldehid-tartalma van, és azok kibocsátásainak szintje, még a gázosítási periódus alatt is, nagyon kicsi. Ajánlatos a munkateret szellőztetni.
- *SO_2-kikeményítésű fenol vagy furán:* a munkaterület szellőztetendő, és a kibocsátások a kibocsátási ponton összegyűjtendők a formázó vagy magkészítő gépek teljes burkolásával és elszívás (szellőztetés) alkalmazásával.
  Ezeket az összegyűjtött gázokat kibocsátás előtt kezelni kell. Ez könnyen elvégezhető egy nátrium-hidroxid oldatot tartalmazó gázmosóval. A mosóoldat pH-értéke és koncentrációja folyamatosan ellenőrizendő. A mosóoldatot alkalmanként ki kell cserélni a koncentrálódott sók eltávolítására, melyek azután veszélyes hulladékként való kezelést igényelnek.

A kén-dioxid-fogyasztást addig a mértékig kell minimalizálni, míg felhasználása megegyezik a homokmagok készítése szükségletével.
Az öblítő ciklus rendszerint tízszer olyan hosszú ideig tart, mint a gázelárasztási ciklus.

- *SO_2-kikeményítésű epoxi/akril (szabad radikális kezelés):* A gázelárasztásra, öblítésre, összegyűjtésre és kezelésre vonatkozók le vannak írva az SO_2-kikeményítésű furángyantás szakaszban. A legjobb elgázosítási feltételek jó jellemzőkkel rendelkező magok elérésére a következők:
    - a homoknak használat előtt száraznak kell lennie,
    - a fúvó vagy lövő levegőt is szárítani kell,
    - a kéndioxid koncentrációja a CO_2-ban vagy nitrogénben 5 és 10% között változik, a használt gyantától függően (minimális az akrilnál, maximális az epoxi/akrilnál),
    - az öblítő ciklus tízszer hosszabb ideig tart, mint a gázelárasztási ciklus.

4.3.3.5. Az alkohol alapú bevonatok helyettesítése víz alapú bevonatokkal

Leírás
A bevonatokat a formák és magok felületén alkalmazzák, tűzálló gátat képezve a forma és fém érintkezésénél, és a jó felületi megjelenés kialakítása érdekében. A bevonatok az eresség, erózió (elmosás), és fémpenetráció csökkentését szolgálják, és segítenek csökkenteni a kikészítési műveleteket. Az alkohol-alapú bevonatok főként izopropil-alkoholra alapozottak. A bevonatokat elpárologtatással vagy az oldószer kiégetésével szárítják. Ez VOC-kibocsátást eredményez. A víz-alapú bevonatokat alternatívaként fejlesztették ki.

A víz-alapú bevonatok előnyei a következők:
- biztonság (nincs tűzveszély)
- a munkások egészsége (kisebb kitettség szerves páráknak)
- kisebb reagens költségek (víz alkohol helyett)
- többnyire jobb felületi minőség.

A bevezetés nehézségei a következők:
- nagyobb idő- és helyszükséglet. A magok is hosszabb szárítási időket igényelnek, mely szárítósor szükségességét eredményezi, mely áthalad egy szárító kemencén,
- a folyamat változtatása esetről-esetre való optimalizálási periódust igényel,
- baktériumok növekedése, mely miatt a bevonatok tárolási időtartama rövidül (1-2 hét), és bűzkibocsátást okoz,
- különleges, űrhajózási és katonai ügyfelek részéről történő újbóli jóváhagyás költségei.

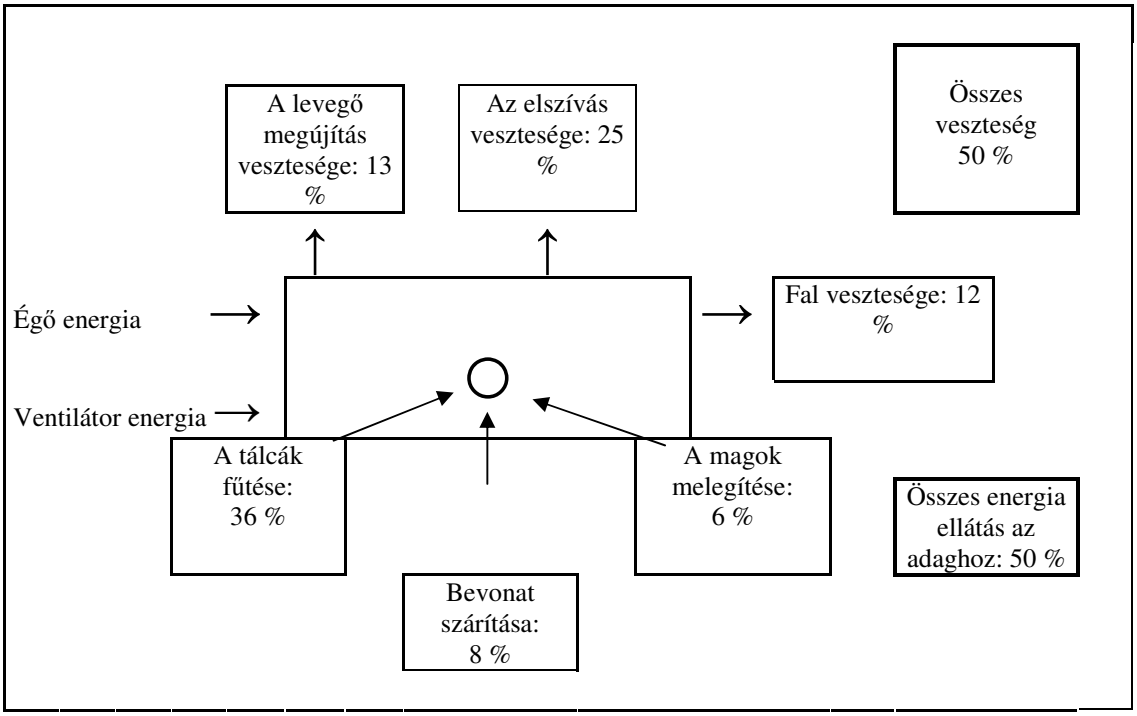
A víz-alapú bevonatok száríthatók környezeti levegőn, szárítókemence, mikrohullámú vagy infravörös kemence használatával. Ezek általában hosszabb szárítási időt igényelnek az alkohol-alapú bevonatokkal szemben. A szárítás nem jár ártalmas kibocsátásokkal, de bűz képződhet. A szárítást szárítósor használatával végzik, mely a magokat a magkészítés helyéről a forma összerakó helyig szállítja, lehetővé téve a szükséges szárítási időt. A sor szárítókemencén is áthaladhat. Mikrohullámú és infravörös szárítást kis, közepes és nagy sorozatokhoz alkalmaznak.
A víz-alapú bevonatok különböző reológiai (viszkozitással kapcsolatos belső anyagtulajdonságok) tulajdonságai összehasonlítva az oldószer alapú bevonatokéval,

szükségessé tették új alkalmazási technikák kifejlesztését. Ezek állandó bevonatminőséget tesznek lehetővé.

Elért környezeti előnyök
Életciklus-elemzés tanulmány értékelte a vizes és alkoholos bevonatok hatását. A víz-alapú bevonat használata a környezeti levegőn való szárítással tisztán környezeti előnyöket mutat, főleg a VOC-kibocsátások csökkentésével és a kis energiafelhasználással. Ha kemencét használnak a szárításhoz, a csökkentett kibocsátást csak részben ellensúlyozza az életciklus során a megnövekedett energiafelhasználás. A szárító kemence használatának mindenre kiterjedő környezeti indexe kis előnyt mutat az izopropil-alkoholos bevonattal és leégetéssel szemben.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A víz-alapú bevonatok (szerves) vegyszereket tartalmaznak, tulajdonságaik javítására. Ez befolyásolhatja a kibocsátás profilját kirázáskor.
A vizes bevonatok szárítása a kötő oldószerek párolgásának növekedését eredményezi. Ez megnövekedett bűzkibocsátást okozhat, a BTX-tartalmú mag oldószerek párolgása következtében.
A víz-alapú bevonatok használatának energiafelhasználása nagyobb a szállítás miatt (a levegőn való szárítás közben) és kemencében való szárítás következtében.
A környezeti levegőn való szárítás a levegő hőmérsékletének csökkenését okozza az öntödében. Egy holland öntödében a vizes rendszer alkalmazása miatt a környező levegő hőmérsékletének 2ºC-os csökkenését tapasztalták. Ez télen a megfelelő fűtéshez nagyobb tüzelőanyag-felhasználást tettek szükségessé.

Üzemeltetési adatok
Az áttérés izopropil-alkoholosról víz-alapú bevonatra egyre szélesebb körű lesz az öntödékben manapság. Az autóipari-beszállító öntödék termékeik nagyobb részét víz-alapú bevonatos formákban készítik, az oldószeres bevonatokat csak különleges alkalmazásokhoz használják (ld. az alkalmazhatóságot).
Az üzemeltetési adatok egy holland öntödétől származnak. A környezeti levegőn való szárításnál a levegő sebessége a fő tényező (inkább, mint a nedvességtartalom). A levegő pályáján elegendő légsebesség biztosítása érdekében kiegészítő ventilátorokat szereltek fel az öntödében. A jó és állandó minőség elérése érdekében a (regenerált) maghomok finomszemcse tartalmát csökkentették. A víz-alapú bevonatok a finom maradék részecskék (bentonit és kőszénpor) duzzadását okozhatják, mely azután maghibákat okozhat.
Üzemeltetési adatokat adott egy francia öntöde is, mely egy 540 cold-box kapacitású kemencét üzemeltet földgázégőkkel fűtve. Két ventilátort használnak a füstgázok eltávolítására és a levegő keverésére. A forró levegő tervezett hőmérséklete165ºC. A hőmérleget 0,4 kg tömegű, 5,5% nedvességtartalmú magok méréseinek alapján állították fel. A hőmérleg a 4.7. ábrán látható, és 390 mag átbocsátásra vonatkozik, mely a teljes kapacitás 72%-a.
A hőmérleg azt mutatja, hogy az energia 50%-a elveszik, ténylegesen kevesebb, mint 10%-ot használva a magszárításra. A mérleg 8,5 kWh/kg elpárologtatott víz felhasználást mutat, mely 465 kWh/t magnak felel meg 156 kg/h átbocsátás mellett. Amikor a kemence kisebb kapacitással dolgozik, a veszteségek tovább nőnek. Hasonló mérések egy másik öntödében megerősítették a nagy (több mint 50%) veszteséget és a kis (kevesebb, mint 10%) hatékony energia felhasználást. Az energia hatásfok növelhető mikrohullámú szárítás alkalmazásával. Ezt a 4.3.3.6. szakaszban tárgyaljuk.



4.7. ábra 72% kapacitással működő magszárító kemence hőmérlege
[143, Inasmet és CTIF, 2002]

Alkalmazhatóság
Víz-alapú oldószerek a legtöbb helyzetben használhatók. Az alkohol-alapú bevonatokat azonban nem lehet helyettesíteni néhány különleges alkalmazásnál, és még szükséges azok használata:

- nagy és bonyolult formákhoz/magokhoz, ahol szárítási problémák lépnek fel a szárító levegő nehéz behatolása miatt,
- vízüveg-kötésű homokoknál,
- a Mg-öntésnél: a víz $Mg(OH)_2$-ot képez, és így technikai problémákat okoz,
- ausztenites mangánacél gyártásnál MgO-bevonattal.

A víz alapú bevonatok bevezetése alkalmazható új, és meglévő, széles választékú és nagy sorozatú öntödékben. Az új, és meglévő kis választékú öntödékben a bevezetést műszaki és gazdasági tényezők hátráltathatják.

Gazdasági kérdések
A beruházási költség számos tényezőtől függ, mint pl. az öntödében a szárító sorhoz szükséges terület rendelkezésre állásától, a szárítási technika kiválasztásától, és a homokkeverék adaptálásának szükségességétől.
Az alkohol-alapú bevonat teljes felváltása víz-alapú bevonattal környezeti levegőn történő szárítással egy holland vasöntödében 71 000 EUR össz-beruházással járt. Ez magában foglalta a ventilátorok felszerelését és a homokminőség optimalizálását. A 161 t/év izopropil-alkohol kibocsátás-csökkentés megfelel 62,5 EUR/ t izopropil-alkohol kibocsátás-csökkentésnek.
Az üzemeltetési költségeket a bevonatok és magok megnövekedett ellenőrzése (viszkozitás, rétegvastagság, víztartalom, termékminőség) képezi, és 9 000 EUR/év összeget tesznek ki. 1 t bevonat szárítása 2 100 kWh energiát fogyaszt.

A gazdaságossági mérleg előny oldalán áll a költségcsökkenés az oldószerek beszerzésénél. Nagyobb öntödéknél példák vannak arra, hogy a víz-alapú rendszer bevezetésének beruházási költsége 2 év alatt megtérült, csak az alkohol beszerzési költségeinek csökkenése alapján.
A szárítás üzemeltetési költsége 0,01 EUR/kg (francia fémöntöde).

A bevezetés hajtóereje
A hatóságok növekvő figyelméből adódó nyomás a szerves kibocsátások tekintetében.

Példaüzemek
- PSA Sept-Fons (F)
- Fonderie Bréa, Montluçon (F)
- De Globe b.v., Weert (NL)

Irodalmi hivatkozások
[129, InfoMil, 1999], [143, Inasmet és CTIF, 2002], [149, Beauvais és Choplin, 2001]

4.3.3.6. A víz-alapú bevonatok mikrohullámos szárítása

Leírás
A víz-alapú bevonatok szárító kezelést igényelnek. A mikrohullámú kemencék alkalmazása erre a célra üzemeltetési előnyökkel jár a környezeti vagy fűtött levegőn való szárítással szemben. 2 450 MHz frekvenciájú mikrohullámokat használnak, melynek következő tulajdonságai vannak:
- az energiaátvitel jó szelektivitása: a mikrohullám energiája inkább a vízmolekuláknak adódik át, mint a homoknak. Ez a felületek kedvező és homogén szárítását eredményezi, még bonyolult magoknál is.
- magától alkalmazkodó kapcsolódás: a szárítási mechanizmus az anyag nedvességtartalmának önvezérlésű homogenizálását adja.
- gyors szárítás: a szárítás sebessége az alkalmazott energiától függ. A nagy szárítási gyorsaság miatt a víz és a mag rövidebb ideig érintkezik. Ez a magok jó mechanikai stabilitását eredményezi.

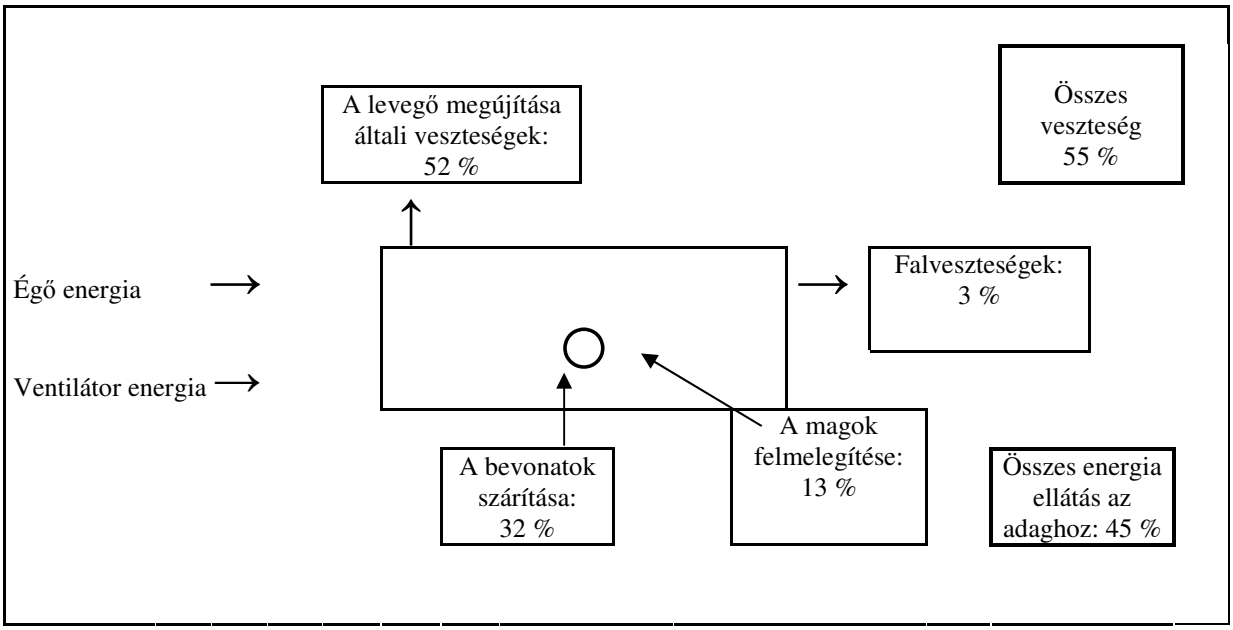
A mikrohullám alkalmazása nehézségeket okoz a következő esetekben:
- a kemence heterogén terhelésénél (a magok tömegének és térfogatának széles köre esetén),
- magvassal vagy vas betéttel ellátott magok használatánál,
- a bevonat vastagabb részei nem száradnak homogénen,
- bonyolult magok vetemedési kockázata miatt.

Elért környezeti előnyök
A szárítási folyamat energiahatékonysága nő.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A mikrohullámú szárítás miatt a polimerizációs reakciók később zajlanak le. Ez csökkenti a gáz alakú kibocsátást az öntödei folyamat következő stádiumaiban (öntés, hűtés, ürítés).

Üzemeltetési adatok
A mikrohullámú szárítást nem vezették be ipari méretekben, jóllehet nagyméretű ipari vizsgálatokat végeztek. Ezen próbák eredményei láthatók lejjebb. Egy vizsgálati kampány 50 kW-os mikrohullámú kemence használatával ment végbe. A kemence kapacitásának 50%-ig

rakták meg egy 800 kg-os mag adaggal. A magokat műanyag tálcákra helyezték, melyeket nem melegít fel a mikrohullám. A hőmérleg a 4.8. ábrán látszik. Azt mutatja, hogy a bevitt energia több mint 30%-át a szárításra használták fel. Ezen kívül a magok csak enyhén melegszenek fel (a kilépő hőmérséklet=40˚C), mely lehetővé teszi azonnali kezelésüket. Két mérési kampány adatai találhatók a 4.23. táblázatban, összehasonlítva meleglevegős kemencében végzett analóg kampányokkal (ahogy ezt a 4.3.3.5. szakasz tárgyalta).



4.8. ábra Magok mikrohullámos, 50 kW-os, 50%-os kapacitással üzemelő kemencében való szárításának hőmérlege
[143, Inasmet ésCTIF, 2002]

	„A" öntöde	**„B" öntöde**	**„B" öntöde**	**„C" öntöde**
Kemence típus:	**Meleglevegős**	**Meleglevegős**	**Mikrohullámú**	**Mikrohullámú**
Mag rakomány	156 kg/h	270 kg/h	800 kg/h	500-900 kg/h
Nedvességtartalom	5,5 %	2,7 %	2,7 %	2 – 3,2 %
Hőenergia-ellátás	73 kW	70 kW	50 kW	40 kW
Időtartam	48 min	113 min	8 min	8 min
Fajlagos felhasználás kg elpárologtatott vízként	8,5 kWh	9,3 kWh	2,3 kWh	2 kWh
Fajlagos felhasználás nedves mag tonnánként	465 kWh	280 kWh	63 kWh	-

4.23. táblázat Magszárítási próbakampányok eredményei, meleglevegős és mikrohullámú kemencék használatával
[143, Inasmet és CTIF, 2002]

Az adatok azt mutatják, hogy a szárítási idő jelentősen csökkent, 1-2 óráról 10 percnél kevesebbre. Ezen kívül, az energiafelhasználás is 4-5-ös tényezővel csökkent, és az átbocsátás nőtt.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható minden víz-alapú bevonathoz. Lehetővé teszi továbbá a víz-alapú bevonatok nagyobb alkalmazhatóságát bonyolult alakú magokhoz és kisebb sorozatokhoz is.

Gazdasági kérdések
A mikrohullámú szárítás beruházási költsége magas. A tényleges beruházás az energiaigénnyel arányos, mely az elpárologtatandó víz mennyiségének felel meg. A nagy beruházást részben ellensúlyozzák a következők:

- a nagyobb energia-hatásfok, habár a technika inkább elektromos áramot használ, mint gázt a meleglevegős kemencében,
- a víz alapú módszer kisebb oldószer költségei az oldószer alapúval szemben,
- a kisebb karbantartási költség a (meleg) levegőn való szárítás vagy hűtősor használatával szemben, a tömörebb szerkezet következtében.

A bevezetés hajtóereje
A hatóságok részéről nagyobb nyomás, nagyobb figyelmet szentelve a szerves anyagok kibocsátásának és az energiahatékonyság szükségességének.

Példaüzemek
A technika alkalmazását Franciaországból és Spanyolországból jelentették.

Irodalmi hivatkozások
[143, Inasmet és CTIF, 2002], [225, TWG, 2003]

4.3.3.7. Nem aromás oldószerek használata a cold-box magkészítésben

Leírás
A klasszikus cold-box rendszer szerves oldószereket használ. Ez káros és bűzös VOC-ok felszabadulását okozza a magkészítés és magtárolás közben. További VOC-kibocsátásra (benzin, toluol, xylol) kerül sor az öntés, hűtés és ürítés közben. A cold-box magkészítés alternatív oldószerei állati zsír fehérjéin alapulnak (pl. növényolaj metil-észtereken) vagy szilikát-észtereken. Ezek az oldószerek nem károsak a munkások egészségére, nem gyúlékonyak és ezért szállításuk és raktározásuk könnyebb.
A növényolaj metil-észterek kis illékonysága fokozza a raktározási képességet nedves légkörben és víz-alapú bevonatok alkalmazásakor ellenállóbbak.
Az eredményül kapott magoknak szilárdsága nagyobb, kisebb a homok ragadása és jó ürítési tulajdonságaik vannak.

Elért környezeti előnyök
Nincs párolgás a nagy forráspont (mintegy 300˚C) következtében és így nincs oldószer-bűzkibocsátás tárolás közben.
A VOC-kibocsátások csökkennek gyártás és tárolás közben és (ami még fontosabb) öntés, hűtés és ürítés közben.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A növényi alapú oldószerek öntés közben és (nyomásos öntés esetében) a kokilla nyitásakor több füstöt képeznek. Ez a kis elpárolgás és ebből következően az öntésre visszamaradt sok oldószer következménye. Ez a hatás szilikát-észter oldószereknél nem következik be.
A fehérje és állati zsír alapú oldószerek jellegzetes szagúak, és jelentések szerint bűzproblémákat okoztak az öntödén belül.

Üzemeltetési adatok

A 4.24. táblázat egy alumínium nyershomok öntödében mért működési toluol-, xylol-, benzol- és fenol-kibocsátási értékeket mutat. A méréseket mind az ürítő rácsnál, mind az elszívó kürtőben elvégezték. Adatok láthatók hagyományos cold-box rendszerről és növényolaj-alapú oldószerek használatáról. A BTX- és C-kibocsátás világos csökkenését figyelték meg (25-50%-a a kémény-kibocsátásnak).

Egy német vasöntödében végzett kibocsátás-mérés eredményei a 4.25. táblázatban találhatók. Ebben a táblázatban a mért kibocsátás minden egyes vegyületre ugyanezen vegyület aromás rendszeri adatához viszonyítva van megadva. Pl. a 2. hűtés toluol kibocsátása csak 58%-a az aromás rendszerének. A táblázat a VOC-kibocsátás egyértelmű csökkenését mutatja a második hűtő és az ürítő fázisban.

Vegyület	**Az ürítő rácsnál**			**Az elszívó kürtőben**		
	Aromás alapú (mg/m^3)	**Növényi alapú (mg/m^3)**	**Különbség (%)**	**Aromás alapú (mg/m^3)**	**Növényi alapú (mg/m^3)**	**Különbség (%)**
Benzol	0,08	0,05	-44	0,1	0,07	-30
Toluol	0,12	0,05	-58	0,08	0,06	-25
Xylol	0,09	0,04	-56	0,09	0,05	-41
Fenol	14,8	14,6	-2	7,2	6,57	-9
Összes C	61,0	29,5	-52	37,0	18,5	-50

4.24. táblázat Egy alumíniumöntöde cold-box magkészítő rendszerének kibocsátási adatai az ürítő rácsnál és az elszívó kürtőben mérve

[189, Hüttenes-Albertus, 2002]

	Benzol	**Toluol**	**Xilol**	**Fenol**
Öntés és 1. hűtés	83	100	100	100
2. hűtés	78,5	58	46	74
Ürítés	78	78	78	12
A kibocsátási adatok viszonylagosan kifejezve az aromás rendszer %-ában				

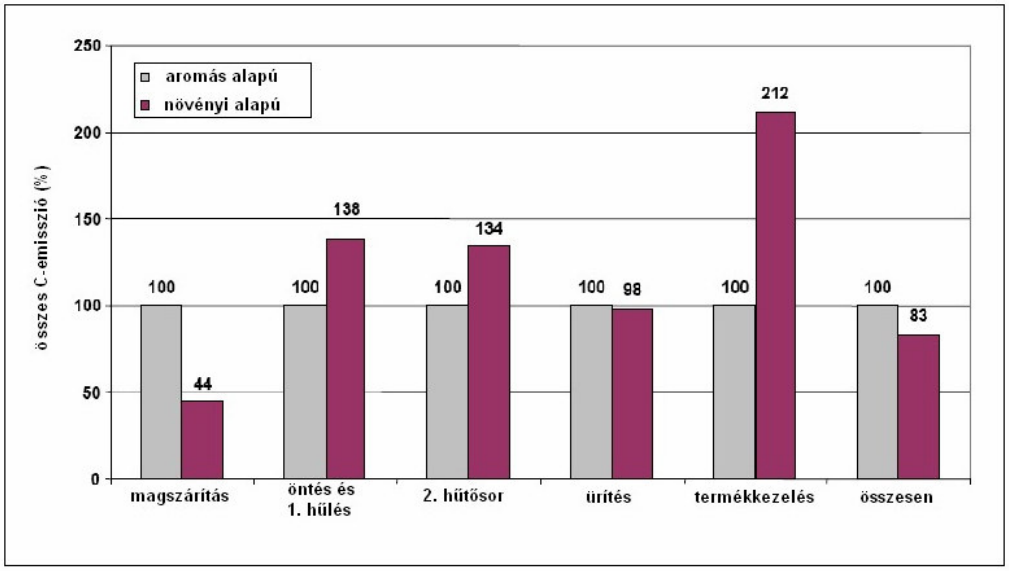
4.25. táblázat A növényi alapú cold-box rendszer kiválasztott vegyületeinek kibocsátása %-ban

[216, Hobelsberger, 1997]

A meghatározott vegyületek teljes tömegárama a következő volt:

- benzol: -21%
- toluol: -26%
- xilol: -30%
- fenol: -62%

Az egész öntödei folyamat alatti teljes szénkibocsátás áttekintése látható a 4.9. ábrán. Az adatok azt mutatják, hogy a növényi alapú oldószerek káros anyag kibocsátása részlegesen elmozdult a magkészítéstől a kikészítés területére. Mindazonáltal mindenre kiterjedően 17% karbon-kibocsátás csökkenést értek el.



4.9. ábra A különböző eljárási lépcsőkből származó összes szénkibocsátás, aromás és növényi eredetű oldószerek használatával
(Az értékek az aromás alapú rendszer kibocsátásához viszonyított %-ban vannak kifejezve)
[216, Hobelsberger et al., 1997]

Alkalmazhatóság
Nem aromás oldószerek alkalmazhatók minden cold-box homokot alkalmazó eljáráshoz. A technika viszonylag új, és a fent ismertetett üzemeltetési eredményeket ismételt alkalmazások révén meg kell erősíteni. A technikát egy sor gépjármű- valamint gépöntvényt, továbbá építőipari és elektronikai öntvényeket gyártó öntödében már bevezették. Vas- és színesfém-öntészeti alkalmazást egyaránt jelentettek.

Gazdasági kérdések
Az Olasz Öntödei Szövetség adatai azt mutatják, hogy a nem aromás oldószerek költsége duplája az egyenértékű aromásénak, pl. 0,82 EUR/kg a 0,36-0,48 EUR/kg-al szemben.
Egy nagysorozatokat gyártó vasöntöde adatai azt mutatják, hogy az aromás cold-box kötőanyagok ára mintegy 2 EUR/ kg volt (2001), és mintegy 30%-al megnőtt a nem aromás rendszerre való áttéréssel. Egy év után (2003), az ár ismét csökkent ugyan, de 10%-al nagyobb maradt a hagyományos rendszer árainál.

A bevezetés hajtóereje
A VOC- és bűzkibocsátás csökkentése.

Példaüzemek
A jelentések szerint a technikát Németországban széles körben alkalmazzák.

Irodalmi hivatkozások
[143, Inasmet és CTIF, 2002], [189, Hüttenes-Albertus, 2002], [202, TWG, 2002], [216, Hobelsberger és mások, 1997], [225, TWG, 2003]

4.3.4. Alternatív formázó és magkészítő módszerek

4.3.4.1. Elvesző habmintás öntés

Leírás
Az elvesző habmintás öntés általános elvei a 2.5.7.1. szakaszban vannak leírva. Annak következtében, hogy itt nincsenek kötőanyagok, a technika kevesebb szilárd hulladékot és kibocsátást hoz létre a homokformázási módszerekhez képest.
A technika szorosabb tűrésű, kevesebb fánccal és kevesebb kitápláló és beömlő csatornával rendelkező darabok gyártását teszi lehetővé, jobb öntött állapotú tulajdonságokkal. Ez kisebb megmunkálási és tisztítási időt igényel.
Az elvesző habmintás öntést alkalmazó öntödék a habminta-készítő műhelyt, az olvasztó üzemet és az öntő üzemet foglalják magukban. Nincs kiterjedt magkészítő és tisztító műhelyük. A habminta üzem a habosító gépeket, a gőz-generátorokat, hűtőket és a környezeti levegőn szárítókat tartalmazza.
Az elvesző habminták polisztirénből (EPS=expandált poliészter) vagy PMMA-ból (polimetil-metakrilátból) készülnek, kis mennyiségű pentánnal, ragasztóval és ásványi bevonattal. Mivel mind az EPS, mind a pentán tiszta szénhidrogén, szerves szénvegyületek keletkeznek a minta pirolízisénél. Az EPS szerves bomlási termékei kibocsátásainak minimalizálása érdekében a gázok utóégetését végzik.
A technika kötés nélküli homokot használ, mely azt eredményezi, hogy az öntésnél és az ürítésnél nem lép fel a kötőanyaggal kapcsolatos kibocsátás, és a homok belsőleg újra felhasználható minden különösebb kezelés nélkül. Az EPS pirolízis a homokban a szerves anyagok lassú felhalmozódását eredményezi. Ez megelőzhető a homok portalanításával és a visszajáratott homok részbeni felújításával. 5% újhomok adagolás elegendő a homokminőség fenntartásához. Az eltávolított homok termikusan regenerálható belső újrafelhasználáshoz.

Elért környezeti előnyök
Mivel kötés nélküli homokot használ, a technika nem jár az öntésnél kötőanyag vonatkozású kibocsátással. Az EPS vagy PMMA pirolízise azonban szerves bomlástermékeket eredményez, mely utánégetést tesz szükségessé.
Az energiafelhasználás a habmintás öntési eljárásnál jelentékenyen kisebb, mint a hagyományos öntési módszereknél. Ez főképpen az öntés utáni műveletek, az olvasztás és homok-előkészítés kisebb energiafelhasználásának köszönhető. A magkészítés a hagyományos formázási módszerekhez viszonylag energiaintenzívebb, mint a habminta készítése.
Életciklus-elemzés megerősítette, hogy a fent leírt környezeti előny kiterjeszthető, a habmintás eljárás a homokformázással szemben mindenre kiterjedően jobb környezeti viselkedésű, legalább is amennyiben magigényes öntvények öntéséről van szó. Egyszerű öntvényeknél (pl. fedelek), az életciklus-elemzés azt mutatja, hogy általánosan jobban működő eljárás.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A technika révén csökken az energiafelhasználás, valamint a formázási és öntvénykikészítési műveletek szükségessége. A távozó gázokban megnő a BTEX és formaldehid mennyisége, de kibocsátás csak az öntés közben keletkezik, könnyen leválasztható és kezelhető. A technika kevesebb maradék homokot és port képez, a homok könnyen regenerálható (rövid termikus kezeléssel).

Az elvesző habmintás eljárás életciklus-elemzése (tekintetbe véve az öntöde határain kívüli folyamatokat is) kisebb mindenre kiterjedő környezeti hatást mutat a magigényes öntvényeknél.

Üzemeltetési adatok

Kibocsátási, és a maradékok termelésére vonatkozó adatok a 3. fejezetben találhatók. A technika kevesebb maradékanyag termelést eredményez az azonos kapacitású homoköntödékhez képest. A füstgázok intenzívebb tisztítást (utánégetést) igényelnek, a nagyobb szerves (BTEX, formaldehid) kémény-kibocsátás eredményeképpen.

Összehasonlító felhasználási szintek vannak megadva összehasonlítható kompresszor öntvények gyártásáról homokformázással és elvesző habmintás formázással a 4.26. táblázatban. Ez több visszatérő anyagot mutat az olvadékban, és kisebb öntvénytömeget. Az elvesző habmintás eljárásnál a formázó-homok összes mennyisége erősen megnőtt, mert magokat nem használnak.

Bevitt anyag	Nyershomok	Vegyi kötésű homok	Elvesző habminta
Öntöttvas	98,0	98,0	96,1
Öntödei visszatérő saját hulladék	30,0	30,0	38,1
Öntvénytömeg	68,0	68,0	58,0
Formahomok	256,8	233,0	1101,4
Maghomok	122,0	150,7	Nincs
A habminta + beömlő rendszer tömege	Nincs	Nincs	0,212
Minden adat kg-ban			

4.26. táblázat Azonos öntöttvas kompresszor öntvény különböző módszerekkel való gyártásának üzemeltetési adatai

[130, de Wilde és ten Houten, 1999]

Alkalmazhatóság

Ez a technika kis és közepes méretű vas és fémöntvények termelésére alkalmazható. A maximális öntvényméret 1 000x1 000x550 mm. A technika zömében alumínium-öntödékben alkalmazott, és 2%-os részesedése van az alumínium-öntészetben.

Mivel a technika a formázási eljárás és az infrastruktúra alapvető változását igényli, elsősorban új öntödékben használható. Meglévő öntödében való alkalmazása az öntödei folyamat átállítását kívánja meg a formázás, öntés és kikészítés tekintetében, és ezen lépcsők felülvizsgálatát minden egyes gyártott öntvénynél. Az elvesző habmintás eljárás bevezetése egy adott öntvénynél tőkét, munkaerőt, időt és rugalmasságot, valamint a vevő együttműködését igényli.

Gazdasági kérdések

Egy alumínium elvesző habmintás berendezés gazdasági adatai találhatók meg a 4.27. táblázatban. A beruházási költségek tartalmazzák a berendezést, a felszerelést, a beindítást és a betanítást.

Beruházási költségek	Leírás	EUR
Mintakészítő berendezés	Mintakészítő gép Gőzfejlesztő Bevonatoló	1 300 000
Öntő berendezés	Automatikus öntőgép	2 540 000
Távozó gáz tisztítás	Száraz portalanítás Termikus regeneráló kezelés	608 000
Homok előkészítés	Szitálás, hűtés, szállítás	160 000
Összesen	*Beruházás, felszerelés, beindítás, betanítás*	*4 608 000*
Üzemeltetési költség		**EUR/t jó öntvény**
Felhasználás	EPS granália, ragasztó bevonat, gőz, tüzelőanyag	**202**
Az öntöde adatai: alumínium öntvények, 5 500 t/év jó öntvény termelés, 6 864 t/év folyékony fém termelés		

4.27. táblázat Egy elvesző habmintás alumínium öntöde gazdasági adatai
[96, Spillner, 1997]

A bevezetés hajtóereje
A homoköntvények hulladékainak és az energiafelhasználás csökkentése.

Példaüzemek
Számos példaüzemről történt jelentés Németországból és Franciaországból.

Irodalmi hivatkozások
Öntöttvas: [130, de Wilde és ten Houten, 1999], Alumínium: [96, Spillner, 1997], [143, Inasmet és CTIF, 2002]

4.3.4.2. Keramikus héjformázás

Leírás
A keramikus héjformázás egy szabadalmazott eljárás (Replicast®), melyben egy polisztirén mintát keramikus héjjal burkolnak be (2-3 mm vastagon), mely héj alapja etil-szilikát és tűzálló homok. A héjat ammóniával szilárdítják, és 1 000˚C-on szinterezik. A szinterezés kezeli a héjat és kiégeti a polisztirol mintát. A fémet azután a héjba öntik.
A szinterező kemence utánégetővel van ellátva a kibocsátás csökkentésére.
A technika lehetővé teszi az osztósík és formázási ferdeség nélküli, kisebb fémtáplálású öntvény konstrukciókat. Emiatt kevesebb kikészítési és megmunkálási műveletre van szükség.

Elért környezeti előnyök
A technika homokformázáshoz képest minimalizálja a formázásból és kikészítésből származó porkibocsátást. Nincs VOC- és gázkibocsátás, mert a keramikus forma semleges. Ezenkívül a hulladék (por, fém) mennyisége is csökken. A beömlő- és kitápláló rendszerek csökkentése nagyobb öntvény-kihozatalt eredményez

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
A technika tulajdonosától származó, szelepek gyártására vonatkozó, a homokformázáshoz képesti üzemeltetési adatok a 4.28. táblázatban találhatók.

Tulajdonság	Viszonylagos tömegcsökkenés (%)
Az öntvények kész tömege	20-26
Tápláló fém	24-60
Öntött fém	24-50

4.28. táblázat A keramikus héjformázással készült szelep-öntvények viszonylagos tömegcsökkenése, a homokban öntöttekhez képest
[219, Castings Technology International, 2003]

Alkalmazhatóság
A technika olyan öntvények gyártására vonatkozik, melyek nagy felületi kikészítést igényelnek kis széntartalmú ötvözetekből, mint pl. a kis széntartalmú rozsdamentes acélok és nikkel alapú ötvözetek, melyeknek kikészített tömege 550 kg-ig terjed. Az eljárás szabadalmazott, és csak a tulajdonostól kapott licenc alapján és szerint alkalmazható.

A bevezetés hajtóereje
A VOC-kibocsátásokra vonatkozó szabályok és a hulladéklerakás nagy költségei.

Példaüzemek
- CMS srl, Urbisaglia (1): 2 automatikus héjkészítő sor, melyen 150 kg-ig terjedő kész tömegű acél szelepeket gyártanak.
- Saint-Gobain SEVA, Chalons-sur-Saone (F): acél és szuperötvözet alkatrészek az üvegipar számára.

Irodalmi hivatkozások
[110, Vito, 2001], [219, Castings Technology Internatinal, 2003]

4.3.5. Az állandó formák (kokillák) és nyomásos öntőszerszámok előkészítése

4.3.5.1. A leválasztó anyag- és a vízfogyasztás minimalizálása

Leírás
Leválasztó szer víz alapú oldatát permetezik a nyitott nagynyomású öntőszerszám felületére annak zárása előtt. Ez a szerszám hűtését és bevonását teszi lehetővé. Néhány egyszerű eljárási intézkedéssel a leválasztó szer- és vízfogyasztás minimalizálható. Ezek megakadályozzák a ködfátyol képződését is. Az intézkedések a következők:
- *automatizált permetező eljárás:* a bepermetezési folyamat robotizálása lehetővé teszi a leválasztó anyag mennyiségének gondos szabályozását és az öntvénydarab helyi igényéhez használt mennyiség adaptálását.
- *a hígítási tényező optimalizálása:* a leválasztó szer hígítási tényezőjét úgy kell megválasztani, hogy a bepermetezésnél megkapjuk a bevonás és az öntőszerszám hűtése között szükséges egyensúlyt.
- *az öntőszerszám belső hűtésének alkalmazása:* a hűtés funkcióját részben átveheti a belső hűtés integrált víz körforgalom használatával.

Elért környezeti előnyök
A víz és vegyszerek fogyasztásának minimalizálása. A (diffúz) kibocsátások megelőzése és/vagy csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
Ez a technika a nyomásos öntödékben alkalmazható. A minimalizálás mértéke az öntvények típusától és a használt gépektől függ.

A bevezetés hajtóereje
A fogyasztások és kibocsátások minimalizálása.

Példaüzemek
Ezt a technikát a nagyobb nyomásos öntödei üzemek alkalmazzák, pl. gépkocsi-alkatrészek gyártásához (Németország, Franciaország).

Irodalmi hivatkozások
[202, TWG, 2002]

4.3.5.2. Leválasztószer alkalmazása zárt formákhoz

Leírás
Leválasztószert porlasztott alakban alkalmaznak a zárt nyomásos öntőformához. A nagy hőmérséklet kondenzációt és leválasztószer-film lerakódást eredményez.
Ez a technika alternatívája a leválasztószer víz-alapú oldatának a nyitott formába történő szórásának. Ez lehetővé teszi a vízhasználat csökkentését és csökkenti a leválasztószer-felhasználást is. A folyamat aktív anyagai, vagyis azok, melyek lehetővé teszik az öntvénynek az öntőszerszámból való eltávolítását, nagyon hasonlóak a nyitott öntőszerszámos eljárásnál használtakhoz: paraffin-viasz, alifás karbonok, polisziloxánok, poliglükol.
A víz bepermetezés azonban a kokillafelület szükséges hűtését is eredményezi. Az alternatív technika ezért kiterjedt hőmérsékletvezérlést igényel (főként hűtőhatás révén) belső kokilla-hűtőrendszer által. Ezt a termikus olaj hőmérsékletének csökkentésével lehet elérni. Kombinált, vízbeszórásos és zárt-forma leválasztószer alkalmazása olyan helyeken lehetséges, ahol a formák nem tudják elérni a teljes termikus egyensúlyt kizárólag a belső hűtőrendszer alkalmazásával.

Elért környezeti előnyök
A technika lehetővé teszi mind a víz, mind a leválasztószer használatának csökkentését. Ez kevesebb szennyvizet és az olaj-részecske tartalmú gőzkibocsátás csökkentését eredményezi. A leválasztószer aktív vegyületei a hagyományosakhoz hasonlóak. A leválasztó anyag bomlásából származó (és az öntőszerszám nyitásakor) kilépő kibocsátások ezért hasonlóak a nyitott forma eljárásnál képződöttekkel.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A technika nagyobb erőfeszítést igényel a kokillák hűtésénél. Egyszerű esetekben ez a termál olaj hőmérséklet-csökkentésével megoldható, de bonyolultabb kokilláknál kiegészítő hűtőkör alkalmazását igényelheti.

Üzemeltetési adatok
Néhány üzemi példát jelentettek alumínium öntödékből. Ez a bepermetezési idő 50-80%-os, és a leválasztószer-felhasználás 80%-os csökkenését eredményezte.

Alkalmazhatóság
A technika alkalmazható meglévő berendezéseknél, de szükségessé teheti különleges kokillák készítését integrált vagy adoptált hűtőkörrel. Az alkalmazhatóság különleges típusú öntvényekre, kokillákra és öntőgépekre korlátozott, és főként műszaki megfontolásokra van alapozva. Ez a technika a leválasztó szerek alkalmazásának nem általános alternatívája.

A bevezetés hajtóereje
Öntödei stratégia a szennyvízmennyiség, valamint a víz- és a vegyszerfelhasználás csökkentésére.

Példaüzemek
Néhány jelentés érkezett üzemi alkalmazásról alumínium-öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[189, Hüttenes Albertus, 2002], [202, TWG, 2002]

4.4. A fém öntése

4.4.1. A fémkihozatal javítása

Leírás
A fémkihozatalt az olvasztott fém és a kész öntvények arányával fejezzük ki. A különbséget a két érték között a fémveszteség (olvasztási veszteség, elcsöpögés, köszörülési veszteség) és a visszatérő saját hulladék (tömbösített fém, beömlő- és kitápláló rendszer, selejt öntvény) teszi ki. A fémkihozatal javítása a fémveszteségek és a visszatérő saját hulladék mennyiségének csökkentését jelenti.
A fémkihozatal javítása a következő intézkedések egyikének vagy többnek használatával lehetséges:

- hatékony módszerek alkalmazása: az elosztó csatornák, felöntések, rávágások, beömlő medencék és optimalizált szekrénykihozatal (formába öntött öntvények/fém) helyes tervezése. A hatékony módszerrel való tervezés értékes eszköze az öntés és megdermedés számítógéppel támogatott szimulációja.
- jó eljárások alkalmazása az olvasztási és öntési műveleteknél: az olvasztási veszteségek és a hideg fém miatti tömbösítés túlzott mértékének és a selejtarány csökkentése stb. érdekében.
- jó gyakorlat alkalmazása a formázási és magkészítési részlegekben: a formázási és magkészítési műveletek hiányosságaiból eredő selejtarány csökkentése érdekében.

Elért környezeti előnyök
A fémkihozatal javítása kisebb energia-, homok- és adalék-felhasználást eredményez jó öntvény egységenként. A folyamat hatékonysága mindenre kiterjedően nő.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
A 4.29. táblázat irányvonalat ad a különböző típusú vasöntvény termelésnél elért jellemző kihozatalokról. Egy adott öntödére hasznosan adaptálható cél kihozatali számot javasolni

lehetetlen, mert sok függ a fém típusától, az öntvény fajtájától, a termelő berendezésektől és a piactól, melyet az öntöde szolgál. Szükséges ezért, hogy az öntöde egyedi célt tűzzön ki, saját mindenkori teljesítményére alapozva.

Öntvény típus	**Kihozatal (%)**
Nehéz szürkevas öntvény, egyszerű alak	85-95
Közepes méretű szürkevas öntvény, egyedi vagy kis sorozatú	65-75
Gépformázott, átlagos minőségű, kis és közepes méretű szürkevas gép- és útbútorzati öntvények	65-75
Gépformázott, kitűnő minőségű, kis és közepes méretű, viszonylag egyszerű konstrukciójú szürkevas öntvények	60-65
Gépformázott, kitűnő minőségű, kis és közepes méretű, bonyolult konstrukciójú és magigényes, szürkevas gépöntvények	55-60
Közepes méretű, egyedi vagy kis sorozatú, gömbgrafitos vasöntvények	50-60
Gépformázott, kis és nagyon kis méretű szürkevas öntvények	45-55
Gépformázott, tempervas és kis gömbgrafitos vasöntvények	40-50

4.29. táblázat Különböző típusú vasöntvények jellemző fémkihozatalai
[45, ETSU, 1990]

Egy kérdőívre válaszolva 82 Egyesült Királyság-beli öntöde jelentette fémkihozatalát az 1981-1987-es időszakra. A kihozatal javulása fémtípusonként (súlyozott átlag) a 4.30. táblázatban látható.

	Kihozatal 1981-ben (%)	**Kihozatal 1987-ben (%)**	**Kihozatal javulás (%)**
Szürkevas öntvények	60,5	63,0	2,5
Gömbgrafitos vasöntvények	51,8	55,7	3,9
Temperöntvények	36,4	39,2	2,8

4.30. táblázat A fémkihozatal súlyozott átlagai 82 UK öntödében, 1981 és 1987 között
[45, ETSU, 1990]

Alkalmazhatóság
A technika minden meglevő vas- és színesfémöntödében alkalmazható.

Gazdasági kérdések
A fémkihozatal javítása egyszerű, olcsó és praktikus intézkedésekkel és irányítással lehetséges. Az elért eredmény nagy, mert minden százalékos javulás megfelelő olvasztási energiafelhasználás-, valamint a homok- és vegyszerfelhasználás-csökkenést eredményez.
Az öntés és megdermedés számítógéppel támogatott szimulációjának bevezetése beruházási és betanítási költséggel jár.

A bevezetés hajtóereje
A folyamat hatékonyságának optimalizálása.

Példaüzemek
A fémkihozatali a jó üzemeltetési gyakorlati megfontolások részét képezik az európai öntödék többségében.

Irodalmi hivatkozások
[45, ETSU, 1990], [140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001]

4.5. A füst, a torokgáz és az elszívott levegő felfogása és kezelése

4.5.1. Általános elvek

A különböző eljárási műveletek, pl. anyagraktározás, kezelés és feldolgozás az öntödékben port, füstöt és más gázokat képeznek. A levegőbe történő kibocsátás csökkentésének technikái a megelőzés, minimalizálás és a füstfelfogás.
A kemencetömítés (szigetelés) (vagy tömített kemencék használata folyamatvezérléssel kombinálva) alkalmazható a feldolgozó üzemből származó kibocsátás megelőzésére vagy felfogására. A kemencékkel foglalkozó 4.5.2.-4.5.6. szakaszok, megmutatják hol lehetséges a kemencetömítés, és hol lehet más felfogási technikákat használni integrált gázgyűjtés elérésére.
Más technikák állnak rendelkezésre azon kibocsátások felfogására, melyek nem előzhetők meg és nem foghatók fel. A folyamatokból elszökő gázok és füstök kikerülnek a munkatérbe, majd elszöknek a körülvevő környezetbe. Ezek így hatással vannak a kezelő egészségére és biztonságára, és hozzájárulnak az eljárás környezetre gyakorolt hatásához. Az eljárási gázfelfogó technikákat használják ezen állandó kibocsátások megakadályozására és minimalizálására. A burkolatokat a kibocsátás forrásához lehető legközelebbire tervezik, helyet hagyva azonban az eljárás műveleteihez. Bizonyos alkalmazásokhoz mozgatható burkolatokat használnak. Néhány eljárás burkolatokat használ az elsődleges és másodlagos füstök összegyűjtésére.
A diffúz kibocsátások nagyon fontosak, de nehezen mérhetők és fejezhetők ki mennyiségileg. A szellőztetési mennyiségek vagy lerakódási hányadok becslésének módszerei használhatók ezek becslésére. Egy megbízható módszer, melyet elsődleges rézolvasztáshoz alkalmaztak, azt mutatja, hogy az illékony kibocsátások nagysága sokkal jelentékenyebb lehet, mint az összegyűjtött vagy kezelt kibocsátásoké. Minél kisebb a megfékezett kibocsátás, annál jelentékenyebb a diffúz kibocsátás. A diffúz kibocsátás több mint kétszerese-háromszorosa lehet az ellenőrzött kibocsátásnak. [155, European IPPC Bureau 2001]

Az olvasztómű, a magkészítő műhely, a homok-előkészítő és öntés-utáni műhely jelentékeny kibocsátási források. A kibocsátott légszennyezők főleg por (esetleg nehézfém részecskékkel), kén-dioxid, szén-monoxid és bűzös szerves vegyületek. A 4.31. táblázat áttekintést ad azokról a szennyezőkről, melyek az öntödei folyamat különböző részeiben képződnek. Mind a szervetlen, mind a szerves vegyületek egyedi és csoport vegyületekként vannak felsorolva. A porkibocsátás különösképpen fontos, mivel a termikus folyamatok figyelemre méltó mennyiségű nehézfémet bocsátanak ki.

Források → / **Kibocsátások** ↓	Nyersanyagtárolás és kezelés	Kemence műveletek	A folyékony vas kéntelenítése	Gömbösítés	Magok és formák előkészítése	Öntés	Ürítés	Az öntvények tisztítása és kikészítése
A kén oxidjai		X	X		X	X	X	
Nitrogén-oxidok			X		X	X	X	
Szén-dioxid		X	X	X	X	X	X	
Szén-monoxid		X	X	X	X	X	X	
Kén-hidrogén					X	X	X	
Ammónia					X	X	X	
Vas-oxidok		X	X	X		X	X	X
Alkálikus fémvegyületek		X	X					
Alkálikus földfém-vegyületek		X	X	X		X		
Fém-oxid részecskék		X	X	X		X	X	X
Nem fémes részecskék	X	X	X		X	X	X	X
Fémes vas		X						X
Cián-hidrogén					X			
Kén			X					
Aminok/Amidok				X	X			
Dioxinok		X						
Illékony szerves vegyületek (VOC)		X			X	X	X	
Sav párák		X			X	X		
Zaj		X			X		X	X
Az anyagok tartalmazzák vegyületeiket is, kivéve, ha külön utalás van a vegyületre. A kibocsátás történhet a levegőbe, földtani közegbe és vízbe is, a csökkentő technológiájától függően, pl. por, zagy vagy folyadék összegyűjtés. Bizonyos kibocsátások specifikusak egy bizonyos kötőanyag rendszerre.								

4.31. táblázat Különböző öntödei műveletekből származó légszennyező kibocsátások áttekintése
[160, UK Environment Agency, 2002]

A hulladékgáz gyűjtésének és kezelésének elvei és technikái azonosak az öntödéknél és az (elsődleges) színesfémiparnál, ezért az elvek teljes tárgyalására a „Színesfémipar" BREF dokumentumára utalunk [155, European IPPC Bureau, 2001]. A 4.5.1.3. szakasz részletezi a vonatkozó technikák rövid áttekintését.

4.5.1.1. A diffúz kibocsátások csökkentése

Leírás
Diffúz kibocsátás akkor keletkezik, ha a specifikus források kibocsátásait nem fogják fel. A 4.5.1. szakaszban említett folyamat vonatkozású kibocsátás-források mellett a diffúz kibocsátások potenciális forrásai a következők:

- tárolóterek (pl. tárolórekeszek, hányók, rakások),
- a szállító tartályok be- és kirakodása,
- az anyag átszállítása egyik edényből a másikba (pl. kemence, üst, siló)
- a vegyi kötőanyagok keverése és kezelése (szervetlen és szerves vegyszer kibocsátások)
- a formák bevonása (oldószerek),
- az anyagokat mozgató konvejor rendszerek,
- csővezetékrendszerek (pl. szivattyúk, szelepek, peremek, csatornák, ellenőrző nyílások, stb.); ezeket a típusú kibocsátásokat részletesen az LVOC-BREF tárgyalja.
- gyenge épületszigetelés és elszívás,
- a kibocsátás-csökkentő berendezés kikerülése (levegőbe vagy vízbe),
- a szigetelés véletlen hiánya az üzemi berendezés meghibásodásából, beleértve a lyukadást, pl. a homokregeneráló berendezésnél,
- elcsöppenések.

A diffúz porkibocsátás minimalizálása érdekében a következő technikákat lehet alkalmazni:

- a billenőkocsik (csillék) és csészék, adagolóedények fedése,
- a szabadban, vagy fedetlenül végzett raktározás elkerülése,
- ahol a szabadban való tárolás elkerülhetetlen, spray-k, kötőanyagok, raktárgazdálkodási technikák, szélfogók, stb. használata.
- a kerekek és utak tisztítása (vagyis a szennyezés a vízbe és a szélbe átvitelének elkerülése),
- zárt konvejorok, pneumatikus szállítóberendezések alkalmazása (figyelembe véve a nagyobb energiaszükségletet), az esések minimalizálása,
- a formázó- és öntőműhely vákuumos tisztítása a homokformázású öntödékben, kivéve azokat a területeket, ahol a homoknak műszaki vagy biztonsági vonatkozású funkciója van, pl. az öntőteret, a kézi formázású és egyedi darabokat gyártó öntödékben.
- a külső ajtók, kapuk zárva tartása, pl. automatikus ajtószárny záró rendszerek alkalmazásával,
- jó üzemeltetési gyakorlat, vagyis rendszeres ellenőrzés felelős megbízott személyzettel, jó üzemeltetés és naprakészen tartott feljegyzések.

A vízbe diffundáló kibocsátások felszín alatti szerkezetekből vagy hibás útburkolásból származhatnak. Az ilyen típusú diffúz kibocsátások a következő tevékenységekkel minimalizálhatók:

- valamennyi vízelvezető csatorna forrásának, irányának és rendeltetési helyének megállapítása és feljegyzése,
- minden felszín alatti vízgyűjtő gödör és tárolóedény azonosítása és feljegyzése,
- rutin programozott ellenőrzések kivitele,
- áthatolhatatlan felületek és szigetelő járdaszegélyek ellenőrzésének és karbantartási programjának végrehajtása,
- alkalmasnak lenni annak felismerésére, ahol a műveleti területek nincsenek ellátva:
  - áthatolhatatlan felületekkel,
  - kármentőkkel,

- szigetelt szerkezeti csatlakozásokkal,
- kapcsolattal a szigetelt csatornarendszerhez.

Elért környezeti előnyök
A szabályozatlan kibocsátások csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
Ezek a technikák minden új és meglevő üzemben alkalmazhatók.

A bevezetés hajtóereje
A diffúz kibocsátások korlátozása összességében csökkenti a szag- és porkibocsátást az üzem közvetlen környezetében. A zsúfolt területeken levő létesítmények esetében a szomszédsággal a jó viszony fenntartása a technika bevezetésének hajtóereje lehet.

Példaüzemek
A formázó- és öntőtér vákuumos tisztítását számos meglátogatott homokformázású öntödében alkalmazzák.

Irodalmi hivatkozások
[160, UK Environment Agency, 2002], [163, UK Environment Agency, 2002], [155, European IPPC Bureau, 2001]

4.5.1.2. Gyűjtőkémények használata

Leírás
Annak érdekében, hogy maximálisan kihasználjuk a termikus felhajtóerőt, a forró kibocsátások a lehető legkevesebb kéményben egyesíthetők. Így elkerülhető a sok pontforrás. Ez különösképpen fontos az üzemek tervezése során illetve meglévő folyamatok módosításakor.

Elért környezeti előnyök
A sokszoros távozó gázáram összegyűjtése egy kéménybe lehetővé teszi a kibocsátások szabályozását és növeli az összes térfogatot (és termelést), lehetővé téve ezzel a kezelést és így az összes kibocsátás csökkentését.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
Ez a technika csak új üzemeknél vezethető be, vagy amikor meglévő létesítményekben jelentős változtatásokat hajtanak végre.

A bevezetés hajtóereje
Az öntödei műveletek mérésének és vezérlési lehetőségének növelése.

Példaüzemek
Ezt a technikát Európában számos helyen alkalmazzák.

Irodalmi hivatkozások
[160, UK Environment Agency, 2002]

4.5.1.3. Kibocsátást csökkentő technikák

Leírás
Az összegyűjtött távozó gázok tisztítására különböző nedves és száraz rendszerek használhatók. A megfelelő technika kiválasztása a távozó gázáram összetételétől, áramlatától és állapotától függ. A csökkentési eljárás tervezése kritikus. Olyan tényezőket használnak, mint a módszer hatékonysága, alkalmassága és az összegyűjtendő anyag bevételi és kiadási terhelése. A kidolgozási elvek teljes tárgyalása „A színesfémipar" BREF dokumentumában történt. A következő technikákat használják az öntőiparban:

- Por és részecske eltávolítás
    - ciklonok,
    - szövet vagy zsákos szűrők,
    - nedves mosók,
- Gázmosó rendszerek (SO_2-, Ce-, amin-eltávolítás)
    - nedves üzemű mosótornyok, venturi mosók és dezintegrátorok használatával,
- Olajköd leválasztók
    - nedves elektrosztatikus leválasztók,
- CO_2 és szerves anyag eltávolítás
    - utánégetés,
    - biofilter.

A nedves és a száraz rendszer egyaránt használatos a por eltávolításához. A száraz rendszerek használatának fő előnye, hogy a port szárazon fogják föl, mely lehetővé teszi annak azt követő hasznosítását. Tovább nem visznek át szennyezést más környezeti elembe, mint a nedves rendszerek. A gáz alakú vegyületeknél, mint az SO_2 és kloridok, a zsákos szűrők nem hatásosak, mert azok nem jól adszorbeálnak a szűrő felületébe. Mész-injektálással végzett kísérletek nem jártak jó eredménnyel. A következőkben a por leválasztására szolgáló rendszereket írjuk le:

- ciklon: helyes intézkedésekkel (vagyis hőálló acél, tűzálló bélés), ciklonos szűrő használható forró (500-600˚C) füstgázok portalanítására. A hatékonyság túl kicsi ahhoz, hogy a 20 mg/Nm^3 tartományba eső kibocsátást érjenek el. A ciklont főleg szikraleválasztásra használják a zsákos szűrő előtt.
- multiciklon: a ciklon leválasztási hatékonysága nő, csökkenő átmérővel. Kis ciklonok használata párhuzamos sorozatban lehetővé teszi a kis porrészecskék leválasztását, a tisztító berendezésnél a nyomásesés éles növekedése nélkül.
- zsákos szűrő: ezt a típusú leválasztót széles körben alkalmazzák az öntöde különböző részeiben jó hatékonyságának és kis kibocsátási értékeinek köszönhetően. Jó hatékonyságuk van az olvasztási műveleteknél található finom részecskék leválasztásánál. Az olyan szubmikroszkópikus részecskék, mint a fémes oxidok is leválaszthatók. A helyes működéshez a következő intézkedéseket kell tenni: füstgáz-hűtés (T=130-160˚C); szikrák leválasztása (ciklon használatával); szerves anyagok utánégetése (a tűz kockázatának csökkentésére) nagy VOC-tartalmú távozó gázoknál. Utánégetést „tűzfal"-ként a zsák védelmére néhány esetben alkalmaznak a tartályok

kiürítésénél távozó gázokhoz. A technikát nem alkalmazzák általánosan; inkább a nagy porterhelésű füstgáz-áramot keverik magas VOC-tartalmú gázárammal a szűrő és elszívó vezeték ragacsossá válásának megelőzésére. Egy zsákos szűrőrendszer külsejének és belsejének látképét tartalmazza a 4.10 ábra.

4.10. ábra Zsákos szűrőegységek; belső (bal) és külső (közép és jobb) látkép
[237, HUT, 2003]

- nagy hőmérsékletre való szűrőrendszerek (keramikus szűrőközeg használatával) kaphatók a piacon, de az öntőiparban nem alkalmazzák.
- elektrosztatikus porleválasztókat nem alkalmaznak széles körben az öntödei füstgáz portalanítására. A gázáramra, továbbá a gáz hőmérsékletre és nedvességtartalomra való érzékenységük következtében csak folyamatos olvasztási kampányokhoz alkalmasak. Jelentékeny robbanási kockázat is fennáll, nagy gáztartalmuk miatt. A por gyakori eltávolítása a kockázat csökkentésére gyakori tisztítást igényel, és ezért gazdasági problémát okozhat. Az elektrosztatikus leválasztók fő alkalmazási területe az öntödékben az olajköd eltávolítása a nyomásos öntés elszívott gázaiból.

Nedves portalanító rendszereket, venturi mosókat és dezintegrátorokat az olvasztás füstgázainak kezelésére alkalmaznak. A száraz rendszerekkel összehasonlítva a következő hátrányaik vannak: nagyobb energiafelhasználás, nagyobb karbantartási igény (korrózió, baktériumok) és szennyvizet és zagyot hoznak létre, melyeket kezelni kell. Előnyei: a vízben oldható vegyületeket (SO_2, kloridok) leválasztja, gyorsan hűt, megakadályozza a dioxin-képződést, kicsi a beruházási költsége és kevésbé érzékeny a bemenő hőmérséklettel szemben.

- Venturi mosók: Vizet permeteznek a gázokba, amikor azok áthaladnak a venturin. A gázáram gyorsulása a venturi torokban a két közeg erőteljes keveredését okozza. A porrészecskék nedvesednek, ezáltal nehezebbekké válnak, úgy hogy leválaszthatók egy az áramlás útjában elhelyezett ciklonban vagy más rendszerben. Ha a gázáram esik, a venturi torkot hozzáigazítja a rendszer, hogy fenntartsa a leválasztás hatásfokát.
- dezintegrátorok: az ún. dinamikus mosók egy koncentrikus rotorból és az állórészre szerelt tűkből állnak, melyeken a gázáramot keresztülhajtják ventillátorral, melyet az áramlási útban helyeznek el, vagy ventillátor-lapátokkal a rotor külső végén. A forgórész közepén beinjektált víz finoman szemekké aprítódik a tűk által és szétszóródik a gázáramban. A nedves részecskék nekicsapódnak az állórész falainak, és összegyűlnek a dezintegrátor aljában. A rendszer hatékonyan működik, ha a gázáram kicsi.

Az utánégető rendszereket és biofiltereket a 4.5.2., illetőleg a 4.5.8.6. szakaszban tárgyaljuk.

Elért környezeti előnyök
A légkörbe történő kibocsátások csökkentése.

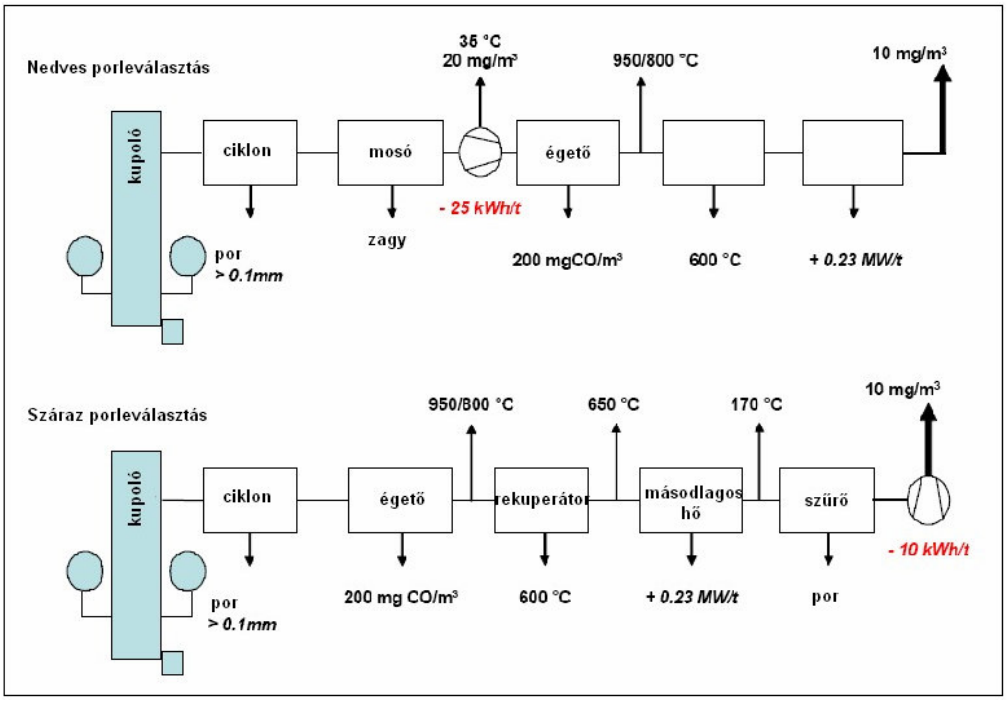
Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A nedves mosók a termelésben szennyvízáramot eredményeznek, mely kezelést igényel. A tisztított víz visszaforgatható a folyamatba. A szennyvízkezelésben keletkező zagypogácsákat kezelni kell.
Ha az öntöde hideg éghajlatú területen van (a fűtési időszak több mint 6 hónap), minden levegőszellőztetés növeli az energiafogyasztást, mert a munkahelyet jobban kell fűteni.
A kibocsátás-csökkentő rendszerek energiafelhasználást igényelnek a tisztítandó gázok rendszeren történő átáramoltatásához.

Üzemeltetési adatok
A száraz és nedves rendszer tulajdonságainak összehasonlítása található a 4.32. táblázatban. A következő szakaszokban azokat a technikákat tárgyaljuk melyek a különböző olvasztókemencékre és a különböző folyamati lépcsőkre specifikusak.

Csökkentő technikák	**Száraz rendszerek**		**Nedves rendszerek**	
	multiciklon	**zsákos szűrő**	**venturi**	**dezintegrátor**
Porkibocsátás szint*	100-200 mg/Nm^3	< 20 mg/Nm^3	50-150 mg/Nm^3	50-150 mg/Nm^3
Beruházási költség	kicsi	nagy	kicsi	közepes
Energiafogyasztás	kicsi	kis-közepes	nagy	nagy
Előnyök			részleges SO_2-felfogás	zárt berendezés
Hátrányok	kis hatékonyság, zavart áramlás esetén (por zárja el az elosztót)	tűz kockázata, nagy térfogat, elzáródás kondenzáció miatt	nedves zagy, szennyvíz-kezelés, a hatékonyság csökkenése a kopással	nagy energia felhasználás, nedves zagy, szennyvíz-kezelés
* üzemi gyakorlatból vett értékek, melyek fenntarthatók a berendezés szervizideje alatt.				

4.32. táblázat A nedves és száraz porszűrő rendszerek tulajdonságai
[110, Vito, 2001], [155, European IPPC Bureau, 2001], [202, TWG, 2002]

A 4.11. ábra összehasonlítást ad a forrószeles kupolókemence üzemeltetési viszonyairól nedves és száraz porleválasztási rendszerrel. A fő különbség a torokgáz-hőmérséklet és energiafogyasztás profiljában van.



4.11. ábra A forrószeles kupolókemence nedves és száraz porleválasztásának üzemeltetési viszonyai
[230, CAEF, 2003]

Alkalmazhatóság
A különböző csökkentési technikák alkalmazhatóságát ezen fejezet következő szakaszaiban tárgyaljuk.

Gazdasági kérdések
A zsákos szűrők és nedves leválasztók beruházási költségeinek és energiafelhasználásának összehasonlítását adja a 4.33. táblázat.

Csökkentési technika	**Beruházási költség* (EUR/Nm^3)**	**Energiafelhasználás (kW/1000 Nm^3)**
Zsákos szűrő	2,5-5	1-3
Nedves leválasztó	1,5-5	1-3
Biofilter	7,5-10	
* Kivéve a csöveket és csővezetékeket, beleértve a szerelvényeket.		

4.33. táblázat Különböző kibocsátás csökkentő rendszerek beruházási költségei és energiafogyasztásai
[32, CAEF, 1977], [110, Vito, 2001], [202, TWG, 2002]

A bevezetés hajtóereje
A kibocsátások szabályozása.

Példaüzemek
Ez a technika általánosan alkalmazott Európában.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [110, Vito et al, 2001], [155, European IPPC Bureau, 2001], [202, TWG, 2002]

4.5.1.4. Dioxin-képződés megelőzése és csökkentése

Leírás
Dioxinok a fémek jelenlétében folyó termikus folyamatokra jellemzőek. A dioxinok vagy azok előfutárai jelen lehetnek bizonyos nyersanyagokban és a „de novo" szintézis lehetősége fennáll a kemencében vagy a kibocsátás-csökkentő rendszerekben. A dioxinok könnyen adszorbeálnak szilárd dolgokra, és összegyűlnek a porban, a mosóberendezés szilárd anyagain és a szűrőporban. Üzemi vizsgálatok azt mutatták, hogy a dioxin-képződés a kupolókemencében nem hozható összefüggésbe egy (vagy egyetlen) üzemeltetési paraméterrel. Az intézkedések kombinációja szükséges a dioxin-képződés kockázatának minimalizálásához.

A folyamaton belüli intézkedések a dioxin-kibocsátás megelőzésére a következők:

- a kemence torokgázainak utóégetése a hidegszeles kupolókemence aknájában, vagy a forrószeles kupolókemence elégető kamrájában. A kupolókemence torokgázának elégetése teljes egészében le van írva a 4.5.2.2. és 4.5.2.3. szakaszban,
- folyamatos hőmérséklet-kijelzés és -vezérlés a forrószeles kupolókemence elégető kamrájában (T >850˚C), és a tartózkodási idő maximalizálása (lehetőleg 2 s),
- a szilárd szemcsék koncentrációjának <20 mg/m^3 szinten tartása a rekuperátorban; ez lehetséges a forrószeles kupolóknál nedves leválasztó használata mellett,
- gondoskodás a porral terhelt torokgáz gyors hűtéséről a 250-650˚C-os, „de novo" szintézis tartományon keresztül,
- a porlerakódás képződésének megakadályozása vagy minimalizálása a torokgáz hűtő-pályáján keresztül, különösképpen a hőcserélőben, pl. függőleges hőcserélő csövek használatával, hatékony belső tisztítással, nagy hőmérsékletű portalanítással.
- tiszta hulladék olvasztása. Ez a technika a 4.1.4. szakaszban van leírva.
- oxigén-befúvás alkalmazása a teljes elégetés biztosítására. Ez a technika a 4.2.1.6. szakaszban van részletezve.

Habár a dioxinok nagy hőmérsékleten (850˚C fölött) oxigén jelenlétében lebomlanak, a „de novo" szintézis folyamata még lehetséges, amikor a gázok lehűlnek az újraalakulási küszöbön keresztül. Ez a küszöb jelen lehet a csökkentési rendszerekben és a kemence hidegebb részeiben, pl. az adagolási tartományban. Gondot kell fordítani a hűtő rendszerek tervezésekor a küszöbnél a tartózkodási idő minimalizálására és a porlerakódás megakadályozására a „de novo" szintézis megelőzésére. Egy változat a torokgáz porleválasztása gyors hűtéssel, nedves leválasztó használatának segítségével. Elegendő oxigénnek is jelen kell lennie a forró gázokban, melyhez oxigén-befúvást lehet használni a teljes elégés biztosítására. Mindazonáltal a túlzott oxigén-felhasználás elkerülendő, mert ez elősegíti a „de novo" szintézist.

A kén akadályozza a dioxin-képződést a molekuláris klór fogyasztása révén. Nagyobb kéntartalmú szén használatánál nagy égető üzemekben megmutatkozott, hogy kisebb lett a PCDD/F- (poliklórozott dibenzo-P-dioxin és -dibenzo-furán) koncentráció. Az akadályozó hatás kapcsolatban van a S/Cl aránnyal, a kritikus 0,64 arányig. A további növekedés nem eredményez kevesebb dioxint és furánt. Ezt a hatást nem demonstrálták öntödékben, de tanulmányozni lehet. [231, UNEP, 2003]

A dioxin-kibocsátási szintek nagy kiterjedése és változatossága (még ugyanazon berendezésnél is) azt mutatja, hogy elsődleges intézkedések önmagukban nem teszik lehetővé

az állandó és kis dioxin-kibocsátási értékek elérését. Ezért az elsődleges intézkedések mellett a következő kibocsátást csökkentő intézkedéseket lehet figyelembe venni:

- *adalék porok injektálása* a gázáramba, pl. aktív szén, lángkemence koksz vagy zeolit, úgy, hogy a dioxinok abszorbeálódjanak a felületbe. Nagy hatékonyságú porszűrést alkalmaznak a por és a dioxinok eltávolítására. Az adalékokat a torokgáz-áramba injektálják, szűrés előtt. Az adszorpció főként akkor történik, amikor az abszorbensek a szűrőzsákhoz tapadnak. A szűrőben felfogott por visszaforgatható a füstgázhoz, hogy jobb hatásfokot kapjunk. Amikor szén-alapú adalékot használunk, különleges intézkedéseket kell tenni a tűz és robbanási kockázat megelőzésére. Az összegyűjtött por dioxin-koncentrációja nagy lehet, ezért ártalmatlanításáról gondosan kell intézkedni.
- *katalizátoros oxidáció*s rendszer áll rendelkezésre a dioxin bontására. Olyan zsákos szűrőket használnak ehhez, melyek katalizátoros réteggel vannak ellátva a dioxin bontásához. Más területeken (pl. acélgyártás, hulladékégetés) ezt az eljárást sikeresen bevezették és bevezetése az öntőiparnál megvalósíthatónak tekinthető. Mindazonáltal a katalizátorréteg reaktiválásának megelőzése érdekében a durva porrészecskék előzetes eltávolítása szükséges.

Ezek a technikák veendők figyelembe az alkalmazástól függően. Mind beépíthetők meglévő folyamatokba. A leghatékonyabb és gazdaságilag kivitelezhető technika függ a konkrét helytől, a biztonsági szempontoktól és üzemeltetési stabilitástól, és gazdasági tényezőktől is.
Habár a fent említett öt dioxinképző feltétel egyikének hiánya már akadályozza a dioxin szintézisét, jelenleg nem lehetséges pontosan előre látni a dioxin-kibocsátásokat az ismert üzemeltetési paraméterek figyelembe vételével. Egy új kemence építésénél ezért szükséges az elsődleges intézkedések gondos figyelembe vétele, valamint annak a lehetősége, hogy másodlagos intézkedéseket lehessen tenni váratlanul magas dioxin-szintek esetén.

Elért környezeti előnyök
A dioxinok és furánok levegőbe való kibocsátásának csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A dioxinok és furánok adszorpciója aktív szénen PCDD/F-el (poliklórozott dibenzo-dioxinokkal és furánokkal) terhelt poráramot hoz létre. A robbanási kockázat megelőzésének érdekében a zsákos szűrőben, az aktív szén égetett mésszel való keverése lehet szükséges. Ez növeli a lerakandó maradék össz-mennyiségét, és korlátozza a szűrőben felfogott por újrafelhasználását.

Üzemeltetési adatok
Egy forrószeles, száraz porleválasztóval ellátott kupolókemencénél végzett üzem közbeni dioxin-mérések azt mutatták, hogy nagy PCDD/F (poliklórozott dibenzo-dioxinok és furánok) szintek (5 ngTEQ/Nm^3) képződnek a hőcserélőben. A torokgáz-rendszer egyéb részeiben sokkal kisebb értékek mutatkoztak. A csökkentő intézkedéseknek ezért a por és a torokgáz közötti érintkezés minimalizálását kell megcélozniuk ebben a zónában, a por tartózkodási idejének minimalizálásával.

A 0,5 ng TEQ/Nm^3 PCDD/F kibocsátás elérhető elsődleges intézkedésekkel; és 0,5 ng TEQ/Nm^3-nél jobb érték érhető el a fenti technikák közül egy vagy több használatával. Egy német áttekintés megállapította, hogy másodlagos intézkedések nélkül a 0,1 ng TEQ/Nm^3 szint csak a berendezések korlátozott számánál, és csak korlátozott mértékben volt található.

Az üzemeltetési adatok a 3.8.2.-ben vannak megadva, azonban azt mutatják, hogy a szint üzemenként értékelendő.
Másodlagos intézkedések más ágazatokban igazolták a 0,1 ng TEQ/Nm^3-nál kisebb értékek elérhetőségét.
8 000 m^3/h füstgáz mennyiség és 3 000 m^3/h fúvószél-mennyiség mellett a kupolókemence füstgázainak gyors lehűtése 4 m^3/h vizet igényel.

Alkalmazhatóság
Ezeket a technikákat alkalmazzák más iparágakban, pl. az acél- és fémkohászatban, valamint a hulladékégetésben. A műszaki alapot megítélve, ezek átvihetők azokra az öntödei kemencetípusokra is, melyek dioxin képződésének kockázatát mutatják: kupolókemencék, forgódobos és villamos ívkemencék, melyek vasat és acélt olvasztanak. Új és meglevő berendezéseknél az elsődleges dioxin-csökkentő intézkedéseket kell megtenni, mint pl. hatékony elégetés, kemencekonstrukció módosítása és hulladékminőség ellenőrzése esetről esetre, mielőtt a másodlagos intézkedésekre térnének át.

Az adalék injektálás alkalmazása magában foglalja egy adaléksiló beruházását, egy injektáló rendszerét, és szén-injektálás esetében ellenőrző intézkedések megtételét az adalék lerakódás megelőzésére. A tűz kockázatának megelőzésére az aktív szenet mésszel lehet keverni, és az első szűrés után, de a második szűrő egység előtt lehet injektálni.
A katalizátoros szűrés alkalmazása a meglevő üzem legkisebb műszaki módosítása, mert csak a zsákos szűrőket kell helyettesíteni katalizátoros típusúakkal.

Gazdasági kérdések
Az elsődleges intézkedések nem járnak kiegészítő beruházási költségekkel. Az üzemeltetési költség csak az oxigén használatának és a tisztább hulladék magasabb árának figyelembe vételére korlátozódik.
Költségbecslés készült egy forrószeles kupolókemencére, ahogy a 4.34. táblázat mutatja. Az üzemeltetési költségek a koksz injektálás adagjától függenek, és a 4.35. táblázatban találhatók. A személyzet, karbantartás, tartalék alkatrészek valamint a lehetségesen korai zsákcsere vagy más típusú zsák alkalmazásának költségeit figyelembe vették.

Paraméter	**Egység**	**Érték**
Tömegáram	Nm^3/h	50 000
Üzemórák	h/év	6 250
Adalékpor		Lángkemence koksz
Az adalék ára	EUR/t	400
Terepfeltöltés ára	EUR/t	300
Energiaköltség	EUR/kWh	0,09
Portartalom		2 g/Nm^3-100 kg/h
Beruházási költség: siló, biztonsági berendezés, visszaforgatás, integráció - teljes költség - évi költség	 EUR EUR/év	 350 000 52 500
Energiafogyasztás Az energiafogyasztás költsége	kW EUR/év	10 6 000

4.34. táblázat Forrószeles kupolókemencéhez alkalmazott szén-injektáló berendezés beruházási költségének becslése
[230, CAEF, 2003]

Paraméter	Egység	Érték			
Koksz összetétel	g/Nm^3 nedvesség	0,2	0,3	0,4	0,5
Kokszfogyasztás	t/év	63	94	126	156
Beszerzési költség	EUR/év	25 200	37 600	50 400	62 400
Lerakás költsége	EUR/év	18 900	28 200	37 800	46 800
Csökkentett beruházási költség	EUR/év	52 500	52 500	52 500	52 500
Energiaköltség	EUE/év	6 000	6 000	6 000	6 000
Összes költség	**EUR/év**	**102 600**	**124 300**	**146 700**	**167 700**

4.35. táblázat Forrószeles kupolókemencéhez hozzáépített szén-injektáló berendezés összes költsége
[230, CAEF, 2003]

Katalizátoros szűrőzsákos rendszereket a hulladékégető ágazat használ. Ennek az alkalmazásnak költségadatait átvettük kezelésre kerülő füstgáztérfogat alapján, az olyan üzemeltetési paraméterek, mint a levegő/szövet arány figyelembe vétele nélkül. 5 éves amortizációs időt figyelembe véve a beruházási és üzemeltetési költségek forrószeles kupolókemencéknél 0,4-0,5 EUR/t olvasztott vasra, hidegszeles kupolókemencéknél 0,9-1,3 EUR/t olvasztott vasra becsülhetők. Ezt az árkalkulációt nem erősítették meg, de nem is cáfolták a katalizátoros szűrőzsák szállítók.

A bevezetés hajtóereje
Előírás, mely korlátozza a dioxin- és furán-kibocsátásokat a fémek olvasztásánál.

Példaüzemek
Csökkentés oxigén befúvás bevezetésével: 3 példaüzem hidegszeles kupolókemencékkel Hollandiában. Aktív szén-befúvás: 1 példaüzem Németországban.

Irodalmi hivatkozások
[155, European IPPC Bureau, 2001] [161, UK Environment Agency, 2002] [202, TWG, 2002], [224, Helber et al., 2000], [230 CAEF, 2003]

4.5.1.5. Bűzcsökkentés

A bűzkibocsátások főleg homokkötőanyagokat magukban foglaló eljárásokkal kapcsolatosak. A pirolízis szagos termékei változhatnak a használt rendszer szerint, de a fenol bomlástermékei, vagyis a krezolok és xylolok a bűzpanaszok legközönségesebb forrásai, nagyon kis szagérzékelési küszöbük miatt. A szagok az öntés, hűtés és ürítés közben nagy levegőtérfogattal keverednek, mely az összegyűjtést és kezelést nehézzé teszi. Az olyan szervetlen kötőanyagok használata, mint a vízüveg, alaposan csökkenti a kibocsátást. Az öntödében keletkező szagok csökkentésére teljesen hatásosnak bizonyult módszer jelenleg nem áll rendelkezésre. Általános megközelítés a jó szellőzés és olyan mértékű légcsere, mely biztosítja, hogy a kibocsátások gyorsan és hatásosan szétszóródjanak a légkörben. Folyamatba integrált intézkedés a kötőanyagok vagy kötőanyag oldószerek (ld. 4.3.3.7. szakaszt) helyettesítése. A csővégi technikák a pirolízis termékek csökkentését célozzák (ld. a 4.5.8.5. szakaszt) és az aminokét (ld. a 4.5.8.4. szakaszt). Ezek az adszorpciós technikák az utánégetés, a nedves mosók és biofilterek (ld. a 4.5.8.6. szakaszt).

4.5.2. Kupolókemence

4.5.2.1. Gázfelfogás, tisztítás és hűtés

Leírás
Az összegyűjtő és gáztisztító rendszert a lefúvatásra alapozva tervezik, mert általában ekkor állnak fenn a legkomolyabb körülmények a rendszer működése közben. Az olvasztási kampány végén a kemence már nincs tele adagolt anyagokkal. A gázhőmérséklet fokozatosan nő, mivel már nem hűti a hideg adag az aknában. Az oxigénnel való érintkezéskor a CO automatikusan ég. A hőmérséklet ezért elérheti az 1 200˚C-t vagy még nagyobb értéket. A füstgáz összegyűjtő és kezelő rendszernek alkalmasnak kell lennie ezeknek a kemény feltételeknek az elviselésére.

Összegyűjtés (elszívás): két rendszer használatos a torokgáz elszívására.

- Adagolónyílás fölötti elszívás: a torokgázokat a kupoló kéményének végén szívják el csővezetékkel és az áramlás irányában elhelyezett ventillátorral. Az adagolónyílás lehetővé teszi jelentős levegőmennyiség beáramlását, mely szükséges a kupoló gázai kibocsátásának megelőzéséhez. Ennek a külön levegőnek a térfogata többszöröse lehet a kupoló gázáramának és ez növeli az összegyűjtő és tisztító rendszer méretét és költségét. Az adagolónyílás méretének csökkentése valamit használhat, de korlátozó tényező lehet a robbanásveszély, ami akkor lép fel, ha túl kevés oxigén keveredik a CO-tartalmú kupoló gázokkal (lüktető égés).
- Adagolónyílás alatti elszívás: a kupoló torokgázait elszívó gyűrűn keresztül gyűjtik össze az adagolónyílás alatt. Nincs szükség levegő beáramlásra, mivel a gázokat nem tudják kibocsátani a nyíláson keresztül, feltéve, hogy a vezérlőrendszer elég érzékeny ahhoz, hogy helyesen működjék a kupoló fúvási mértékének változásai közben. Ha túl kicsi az elvezetés, tisztítatlan gáz jut ki a kupoló kéményén keresztül, ha túl nagy, a levegő-beáramlás égéshez és a gázok túlhevüléséhez vezethet (vagyis robbanási kockázathoz).
- Hűtés: Az összegyűjtést követően a gázok hűtése lehet szükséges a használt porcsökkentő rendszertől függően. A forrószeles üzemben a hűtésből visszanyert hő felhasználható a fúvószél előmelegítésére.

Több módszer áll rendelkezésre az összegyűjtött gázok hűtésére, melyek a következők:

- Csöves hűtők használata: az összegyűjtött gázok hosszú csővezetéken keresztüli vezetése a természetes áramlással és sugárzással csökkenti a hőmérsékletet. Ez a rendszer egyszerű, de sok helyet foglal el, és nem tesz lehetővé irányított hűtést (ezért fennáll a kondenzáció kockázata).
- Kényszerített levegő/gáz hőcserélő használata: hideg környezeti levegőt kényszerítenek egy csövekből vagy lemezekből álló rendszeren keresztül a gázok lehűtésére. A por összegyűjtése és a hőcserélő felületek azt követő tisztításának szükségessége bonyolult és drága konstrukcióhoz vezethet. Egyik előnye a felhevített levegő felhasználásának lehetősége külső fűtési célokra. A rekuperatív forrószeles kupolók utóégető egységgel és egy hőcserélővel (rekuperátorral) vannak ellátva a fúvószél előmelegítésére.

- Olaj-gáz hőcserélő használata: Hasonló a fenti rendszerhez, de drágább, mert másodlagos hűtőrendszert igényel. A hőcserélőt általában nyersolaj keringtetésével hűtik. A víz-gáz hőcserélő a gyakorlatban nem (vagy csak ritkán) használatos.
- Telítés vízzel: A gázokat a gázáramba permetezett víz porlasztásával hűtik. A nedves mosók jobban működnek, ha a gázokat tisztítás előtt telítő kamrában lehűtik. Amikor kizárólag szövet szűrőket használnak, részleges telítés lehetséges, hogy megakadályozzák a szövet kondenzált víz általi eltömődését. Jó szabályozó rendszer szükséges a rendszer helyes működésének garantálásához. A gázok hirtelen lehűtésének előnye, hogy a gyors hűtés csökkenti a dioxin képződésének kockázatát.

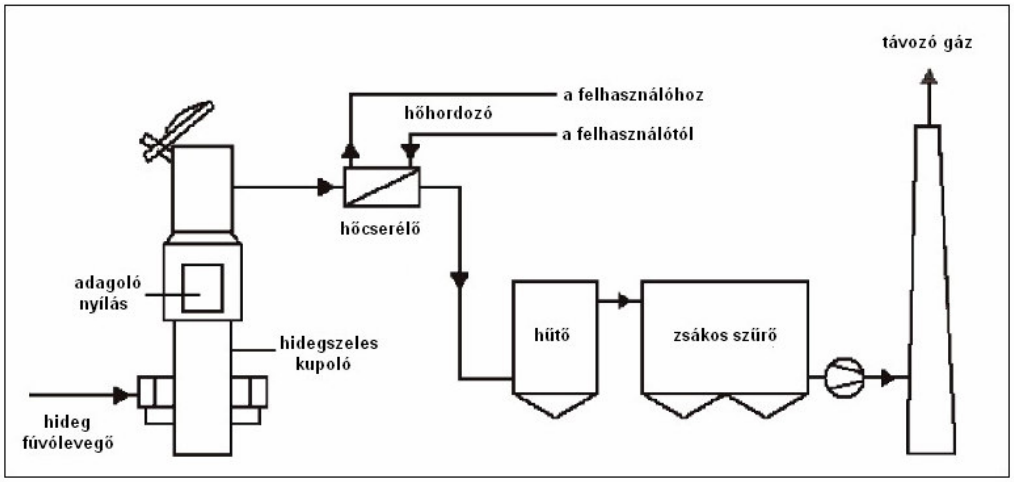
Porleválasztás

Különböző típusú porleválasztó berendezések használhatók por eltávolítására a gázokból. A vizes mosók tőkeköltségei és karbantartási igénye általában kisebb, de nagy energia betáplálást igényelnek az elfogadható leválasztási hatásfok eléréséhez. Az iszap eltávolítása nehéz és a mosóvizet kezelni kell kibocsátás előtt. A száraz leválasztó rendszerek beruházási költségei nagyobbak és szükséges a bevezetett gázok tulajdonságainak jobb vezérlése. (hőmérséklet, a víz vagy szerves párák kondenzációja, $CO:CO_2$ arány, szikrák) de rendszerint kevesebb az energiafelhasználásuk, mint ami a nedves mosókhoz szükséges. A száraz kupolópor visszaforgatható a kupolóba (ld. a 4.9.4.2-t).

Venturi mosókat és dezintegrátorokat egyaránt használnak kupolókhoz. Ezen rendszerek leírása a 4.5.1.3. szakaszban található. A nedves mosók mögött a vízcseppekkel elragadott kis részecskék eltávolítására leválasztó van beépítve.
A száraz rendszerek tekintetében a következő megjegyzések tehetők:

- multiciklonok: ezeket gyakran használják szövetszűrőkkel együtt, durva porleválasztóként. Segítenek abban, hogy az izzó koksz-részecskék ne érjenek el a szövetszűrőhöz. Tűzálló béléssel ellátva és nagyon jó minőségű acélból készítve nagy hőmérsékleten üzemelhetnek. Általában a leválasztási hatásfok nem elegendő a mai előírások eléréséhez, ezért szokásosan más leválasztókkal kombinálva használják.
- szövetzsákos szűrők: használatuk ideális abban az esetben, ha a gázokat portalanítás előtt elégetik. Így elkerülhető a széntartalmú anyagok lerakódása és a tűz kockázata. A szövetszűrők úgy tervezhetők, hogy jó hatásfokkal válasszák le a metallurgiai füst részecskéket, mint pl. a ZnO-t.
- elektrosztatikus leválasztók: kevésbé szokásosak az európai öntőiparban. Ez a rendszer jobban megfelel az olyan többé-kevésbé állandó üzemi feltételekhez, mint a hosszú kampányú kupolóké, a gázhőmérséklet, áram és nedvességtartalom változásaira való érzékenysége miatt. Fennáll a robbanás kockázata, ha el nem égetett gázok portalanításánál a gázok levegővel keverednek, a leválasztó viszonylag nagy térfogata következtében. A leválasztót ezért át kell öblíteni az áram bekapcsolása előtt.

Egy hővisszanyeréssel és zsákos szűrővel ellátott hidegszeles kupolókemence sematikus ábrázolása látható a 4.12. ábrán



4.12. ábra Hővisszanyeréssel, hűtéssel és zsákos szűrővel ellátott hidegszeles kupolókemence folyamatábrája
[29, Batz, 1986]

- Utánégetés: a hulladékgázok utánégetését a hővisszanyerés optimalizálására (vegyileg kötött CO) és tisztább távozó gázok biztosítására használják. A CO elégetésével minden maradék széntartalmú anyag CO_2-á és H_2O-vá oxidálódik. A képződött hő visszanyerhető hőcserélő használatával és azután belső felhasználónál hasznosítható (pl. a fúvószél előmelegítésére).

Tipikus elrendezések a következők:
- az utánégető kamra a porleválasztó egység előtt (zsákos szűrő) vagy után (vizes szűrő) van elhelyezve (adagolónyílás alatti elszívásnál), ezt a 4.5.2.2. szakasz tárgyalja.
- (földgáz) égők vagy vezérelt levegő injektálás van a kupoló aknájában (adagolónyílás fölötti elszívásnál), ezt a 4.5.2.3. szakasz tárgyalja.

A rendszer konstrukciója megkívánja, hogy a hulladékgázok 800˚C-nál nagyobb hőmérsékleten maradjanak megfelelő, vagyis 2 s tartózkodási ideig, azok teljes oxidálásának garantálására. A különböző rendszereket az alábbiakban részletesen leírjuk.

Elért környezeti előnyök
A kiáramlás felfogása és tisztítása szükséges intézkedés a koksz égéséből származó olyan égési termékek kibocsátásának csökkentéséhez, mint a NO_x, SO_2, HF, PCDD/F és por.
A CO utólagos elégetése lehetővé teszi (pótlólag) a hő visszanyerését a kupoló távozó füstgázaiból. Ezen kívül lehetővé teszi az olajjal és zsírral szennyezett hulladék olvasztását további környezeti hatás nélkül, és így ösztönzi a fémek visszaforgatását. A hővisszanyerés nélküli utánégetés negatív környezeti egyensúlyt mutat (ld. a környezeti elemek közötti kölcsönhatásokat).

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A porelválasztó rendszerekben ártalmatlanítandó por keletkezik. 5-13 kg por képződik az olvasztott vas tonnájaként. A por visszaforgatható a kupolóba. Ezt a 4.9.4.2. szakasz tárgyalja. A por jellemzői a 3. fejezetben láthatók.
A CO utólagos, hővisszanyerés nélküli elégetésének negatív hatása van a környezetre, mert több tíz kW-nyi erősségű égők beépítésére van szükség. Az égők az égési gázok kibocsátását eredményezik és további oxigént fogyasztanak.

Üzemeltetési adatok

A szövetszűrőknek 99%-nál nagyobb a hatásfokuk. A napi átlag porkibocsátási értékek messze 10 mg/Nm^3 alatt vannak. Az Pb, Zn, Cr, Cu, Mn, V, Sn, Ni, As és Cd összege mintegy 20%-a a portartalomnak. A 4.36. táblázat adatait egy, a Federal Environmental Agency által végzett vizsgálat keretében gyűjtötték össze Németországban működő üzemekből. Három példaüzem adatai vannak megadva.

	Egységek	**„D" üzem**		**„E" üzem**	**„F" üzem**
		Kezdeti	**Átépítés után**		
Olvasztási teljesítmény					
-tervezett érték	t/h	7,5-8	12,0	6-7	4-5
-tényleges érték	t/h	7,0	11,0	5,5	3,7
Füstgáz-áram					
-tervezett érték	Nm^3/h	25 000	30 000	20 000	Nincs adat
-tényleges érték	Nm^3/h	19 800	22 300	17 400	14 300
A szűrő építésének éve		1981	1995	1988	1985
Utolsó szűrőszövet csere		Nincs adat	1995	1988	1993
A mérések időpontja		1981/07	1997/11	1993/03	1993/03
Kibocsátások	mg/Nm^3				
- por					
- nyers gáz		1623-2674		Nincs adat	Nincs adat
- tisztított gáz					
▪ átlag		21,5	<1	3	3
▪ min.		18,0	<1	1	2
▪ max.		25,4	<1	5	4
- gázalakú					
▪ SO_2		288	nincs adat	174	227
▪ NO_x		43	nincs adat	24	31
▪ $C_{összes}$		nincs adat	nincs adat	22	7
▪ CO		700	nincs adat	11890	18980
▪ CO_2	%	7	nincs adat	4,9	3,9
Nehézfém-kibocsátások	mg/Nm^3	Nyers tisztított		tiszta gáz	Nincs adat	Nincs adat
- Cd		0,0184	0,0019			
- Cr		0,7287	0,0384	0,00313 (∑Cu Mn, Cr, V)		
- Pb		29,895	0,2952			
- Zn		16,464	0,2862			
- Ni		0,2024	0,0077	0,00057		
- As		0,7665	0,0149			
- Mo		0,2672	0,0420			
PCDD/F-kibocsátások				nincs adat		
- tisztított gáz	ngTEQ/Nm^3				0,512	0,085
- kibocsátási tényező	µg TEQ/t vas				1,620	0,330
Szűrőben felfogott por						
- gyűjtött mennyiség	kg/t vas	6,5 ártalmatlanítás		8,2 hasznosítás		
- PCDD/F tartalom	µg TEQ/kg				4,850	0,960
A szűrő anyaga		Poliészter szövet PA bevonattal		Szintetikus szál	Poliészter	Tűszövet
A szűrő tisztítása		Lüktető fúvóka		Közepes nyomású ellenáram	Pneumatika nyomásesés szabályozással	
Tőkeköltségek	'000 EUR	385 (1981)		370 (1995/96)	Nincs adat	350
Üzemeltetési költségek	EUR/t jó öntvény	9,8(1982)=az öntvényköltség 3%-a		9,04(1998)=az öntvényköltség 2,8%-a	Nincs adat	Nincs adat

4.36. táblázat Zsákos szűrővel ellátott hidegszeles kupolókemencék üzemeltetési adatai

[43, Batz, 1996], [202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

A forrószeles kupolókemencék adatai a 4.5.2.2. szakaszban találhatók.

Alkalmazhatóság
Ezek a technikák minden új és meglévő kupolóra alkalmazhatók.

Gazdasági kérdések
A 4.36. táblázat kibocsátás-értékeket és gazdasági adatokat ad meg. A legfontosabb üzemeltetési költségtényező az elektromos energia-szükséglet a nyomásesés legyőzésére, és a szűrő anyaga.
Egy 2, egyenként 4,5t/h olvasztási teljesítményű hidegszeles kupolókemencét magában foglaló olvasztóberendezés értékesítési ajánlatát a következő részletekkel készítették:

- kibocsátás-csökkentő berendezés 12 400 m^3/h-ig terjedő forrószél kezelésére, elégető kamrával 820˚C hőmérsékleten, befogadva:
  - 1 g/Nm^3-ig terjedő VOC-ot,
  - 59 100 g/Nm^3-ig terjedő CO-t
- Két égő metánnal való használatra – 390 kW energia/ égő.

Felszerelés és üzembe helyezés ára: 350 000 EUR.
Előre látható üzemeltetési költség, 4 500 t öntvény termelés, öt év kifizetődési időtartam és évi 10% energia- és karbantartási költség figyelembe vételével: 23,3 EUR/t.

A bevezetés hajtóereje
Az öntödékből származó kibocsátások szabályozása.

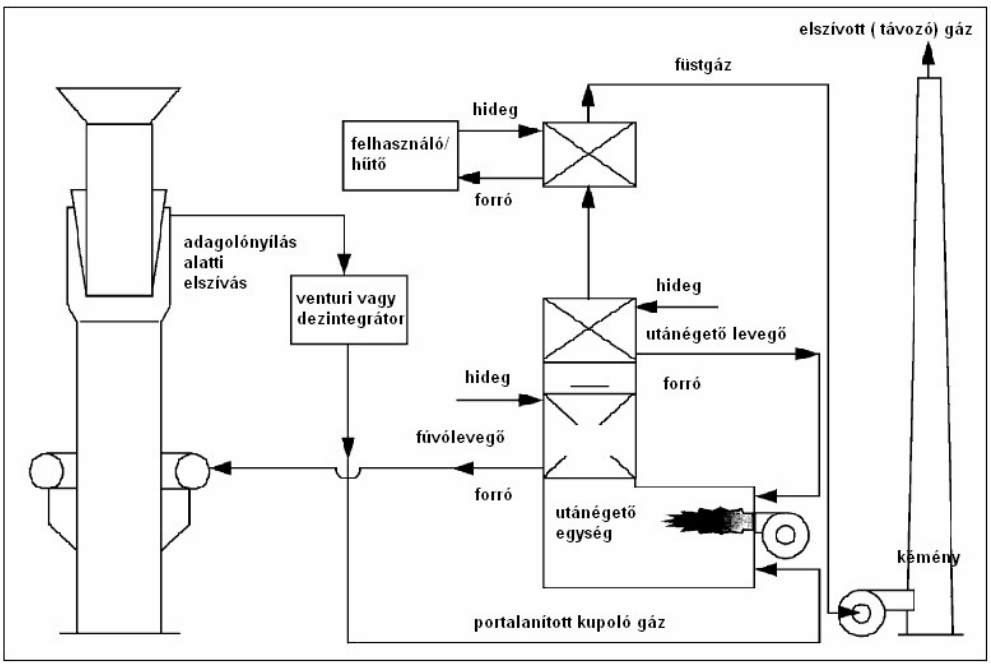
Példaüzemek
Az említett technikákat általánosan használják a kupolókemencét üzemeltető európai öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[29, Batz, 1986]; [32, CAEF, 1997]; [110, Vito et al. 2001] [225, TWG, 2003], [202, TWG, 2002]

4.5.2.2. Utánégetés a forrószeles kupolókemence elégető kamrájában

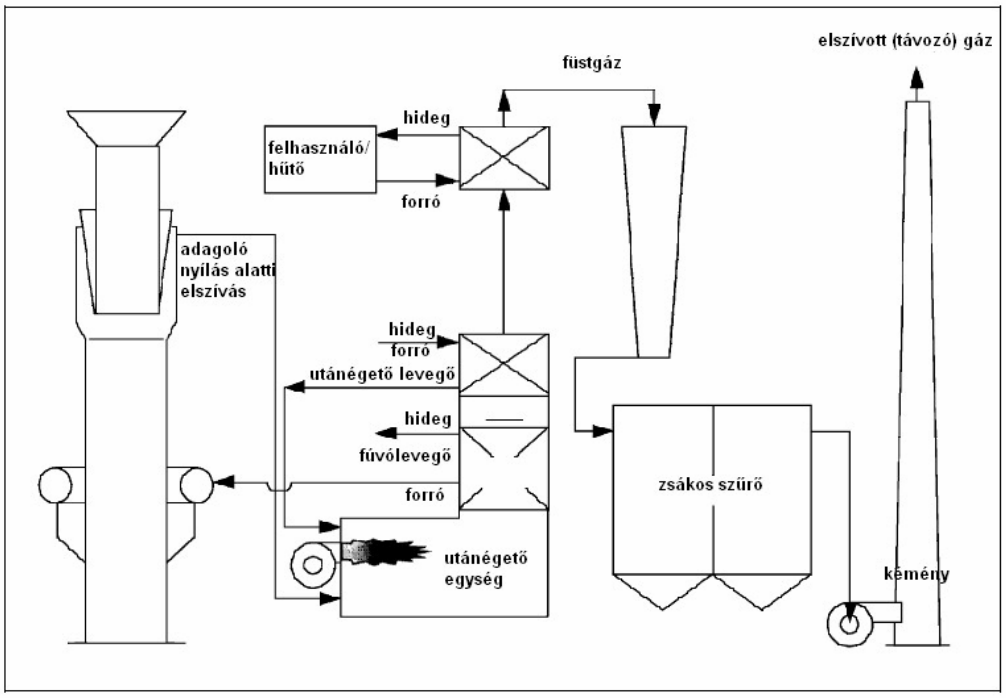
Leírás
Egy utánégető kamraégő van felszerelve a kupoló mögé. A külön utánégető egységet általában földgázégővel elő kell melegíteni. Ha a kupoló már működésben van, akkor vagy egy kisebb égő tartja fenn az égést, vagy a gázok maguktól begyulladnak.
A kamra típusa és helyzete változhat a folyamat összetétele szerint. Vízszintes és függőleges típusú kamrák egyaránt léteznek.

- Forrószeles kupoló rekuperátorral és nedves mosóval (4.13. ábra). Ebben az elrendezésben a gázokat elégetés előtt portalanítják. Ez csökkenti a por felgyülemlését a rekuperátorban, mely javítja a hőátadás mértékét. Hátránya a nagyobb energiafelhasználás az utánégető kamrában, melyet a gázok lehűtése okoz a nedves mosóban. Az elszívott gázok korai lehűtését folyamatosan végzik a portalanítandó egység méretének csökkentésére.



4.13. ábra Forrószeles kupolókemence rekuperátorral és nedves mosóval
[32, CAEF, 1997]

- Forrószeles kupoló rekuperátorral és zsákos szűrővel (4.14. ábra) A forró, porszennyezett torokgázokat közvetlenül az utánégető kamrába táplálják. Szoros folyamatvezérlés szükséges, hogy elkerüljék, hogy a por ráégjen a rekuperátor falaira, amit azután rendszeresen tisztítani kell. A gázok további hűtést igényelnek, mielőtt belépnének a zsákos szűrőbe, mivel azok a rekuperátort 500-600˚C hőmérsékleten hagyják el.



4.14. ábra Forrószeles kupolókemence rekuperátorral és zsákos szűrővel
[32, CAEF, 1997]

Elért környezeti előnyök
Az utánégetés csökkenti a CO-kibocsátást és elbontja a szerves vegyületek többségét. Ha nem égetik el, ezek a porba kerülnek, vagy kibocsátják a kéményen keresztül. Ezen túlmenően az utánégetés csökkenti a tűz kockázatát a szűrőben.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A száraz porleválasztási technikák (4-12 kg/t folyékony vas) ártalmatlanítandó port képeznek. A por visszaforgatható a kupolóba. Ezt a 4.9.4.2. szakasz tárgyalja. Nedves rendszerekben szennyvíz keletkezik.

Üzemeltetési adatok
Forrószeles kupolókemencék üzemeltetési adatai találhatók a 4.37. táblázatban. A táblázat két példaüzem adatait tartalmazza:

1. „G" öntöde egy, napi három műszakban és heti 5 napon át működtetett, 50 t/h olvasztási kapacitású öntöde. A torokgázt az adagoló nyílás alatt szívják és rekuperátorban égetik el. A gázt azután szétválasztják: egy része forrószél előállítására (T=600˚C), másik része egy gőzkazánhoz megy. A gőzt turbinába táplálják, mely generátort vagy kompresszort hajt meg. A maradék hőt a rekuperátor égéslevegőjének előmelegítésére használják. A füstgázt azután zsákos szűrőben tisztítják. A koncepciós rajz és a berendezés további tárgyalása a 4.7.3. szakaszban történik. A port visszaforgatják a kupolóba, petrolkoksszal való összekeverés után. Ezt a 4.9.4.2. szakasz tárgyalja.
2. „H" öntöde egy, napi három műszakban és heti 5 napon át működtetett, 50 t/h olvasztási kapacitású öntöde. A torokgázt az adagoló nyílás alatt szívják el és dezintegrátorban mossák át, a rekuperátorban való utánégetés előtt. A hőt a fúvólevegő előmelegítésére használják, és azután visszanyerik, mielőtt a gáz elhagyná a kéményt 220˚C hőmérsékleten. A hővisszanyerő berendezést a 4.7.3. szakasz tárgyalja. A szennyvizet ülepedés után visszaforgatják. A körforgalomban levő víz térfogata 440 m^3/h. Az ülepítő tartályból származó zagyot szűrőprésben 50% DS tartalomra szárítják lerakás előtt. Mintegy 80 m^3/nap szennyvizet bocsátanak a települési szennyvízkezelőbe.

	Egységek	„G” üzem	„H” üzem
Olvasztási teljesítmény	t/h	50	50
Füstgáz áram	Nm^3/h	75 000	55 000
Forrószél hőmérséklet	˚C	600	570
Távozó gáz hőmérséklet	˚C	127	220
A füstgáz kezelő építésének éve		1989	1983
A mérések időpontja		1990/10	Ellenőrző mérés 1993/09
Kibocsátások	mg/Nm^3		
-por			
• nyersgáz		1 300-4 300	8 000-20 000
• tisztított gáz: átlag		1,1	6,1
maximum		1,8	7,3
-gáz alakú			
• SO_2		33	15,6
• NO_x		44	52,5
• $C_{összes}$		<5	28,6
• CO		32	<100
• O_2	%	12,2	6,4
Nehézfém kibocsátások	mg/Nm^3	Tisztított gáz	Tisztított gáz
- Cr		<0,001	<0,0022
- $Cr_{összes}$		<0,001	nincs adat
- Pb		<0,001	0,11
- Zn		<0,011	0,36
- Ni		nincs adat	<0,004
PCDD/F kibocsátások			
- tisztított gáz	ng TEQ/Nm^3	0,048	0,003
- kibocsátási tényező	µg TEQ/t vas	0,089	0,004
Szűrlet por/zagy		Por visszaforgatás	Szűrőpogácsa lerakásra
- egyedi mennyiség	kg/t vas	4,5	5,5
- PCDD/F tartalom	µg TEQ/kg	0,176	1,4
Hulladékhő-hasznosítás		Forrószél, gőz áramtermeléshez 3 MW-ig	Forrószél, termál olaj a hulladék-hő átalakításához fűtési és szárítási célokra 21 MW-ig
Beruházási költség	’000 DEM	26 400	22 700 1980/81-ben
Üzemeltetési költség	DEM/ t jó öntvény	Lásd az adatokat a szövegben a „G” öntödénél	Lásd az adatokat a szövegben a „H” öntödénél.

4.37. táblázat A porleválasztáshoz zsákos szűrőt és dezintegrátort használó forrószeles kupolókemencék üzemeltetési adatai
[17, Stauß, 1983], [27 Kran és mások, 1955], [202, TWG, 2002]

A torokgázok elégetése az elégető kamrában nem fogyaszt sok energiát, amennyiben elegendő szén-monoxid van a torokgázban, ami általános. De a gázok kezelésére szolgáló egész rendszer (elégető kamra + hőcserélő + szűrő, vagy nedves mosó + ventilátorok) szintén elektromos energiát és rendszeres karbantartást igényel. A 4.38. táblázat néhány példát ad a forrószeles kupoló energia-felhasználásáról.

A kupoló működési ideje, óra	A porleválasztás típusa	Az elégető kamra gázfogyasztása (kWh/adagolt)	A torokgáz kezelő rendszer villamos energia fogyasztása (kWh/ adagolt)
12	Szűrő	59	46
12	Szűrő	124	72
26	Szűrő	42	nincs adat
17	Elektroszűrő (nedves)	16	38

4.38. táblázat A forrószeles kupolókemencék energiafogyasztása

Alkalmazhatóság
A tervezés során kiemelt figyelmet kell fordítani a kezelendő teljes gázáram minimalizálására. Az elégető levegő belépést szigorúan a minimumon kell tartani. Ez az oka annak, hogy az adagolónyílás alatti elszívás esetén mindig külön égető egységet szerelnek fel.
Gazdasági okokból (ld. alant) az utánégető kamrát csak forrószeles kupolónál használják.

Gazdasági kérdések
Az utánégetés nagy energiafogyasztása gazdaságilag csak akkor ésszerű, ha a hulladékgázokkal kibocsátott hő újra felhasználható, mint ahogy a rekuperátoros forrószeles kupolóknál. Azonban hidegszelesről forrószeles kupolóra áttérni csupán a gázégetés céljából bizonyos helyzetekben gazdasági szempontokból korlátokba ütközhet. Forrószeles kupolók, elsősorban hosszú kampányú konfigurációban nagyobb beruházási költségekkel járnak és csak 10 t/h vas vagy még több teljesítménynél használatosak. Kisebb öntödékben ez a termelési módszer nem lehet a helyes választás.
A 4.37. táblázat a példaüzemek gazdasági adatait adja meg. A „G" öntödénél a zsákos szűrővel és széleskörű hővisszanyeréssel ellátott forrószeles kupoló beruházási adatai vannak megadva. Az üzemeltetési költségek 1994. évben (az olvasztómű felújítása után) 25%-al kisebbek voltak, mint 1985-ben, vagyis a régi olvasztókemencénél. A „H" öntöde beruházási költségei 1980-81. évre vonatkoznak. A felújítás után az üzemeltetési költségek 2%-al csökkentek tonna folyékony vasra vonatkoztatva.

A bevezetés hajtóereje
Kibocsátási határértékek és a CO folyamatos monitoringja, valamint a szerves vegyületek kibocsátási határértékei.

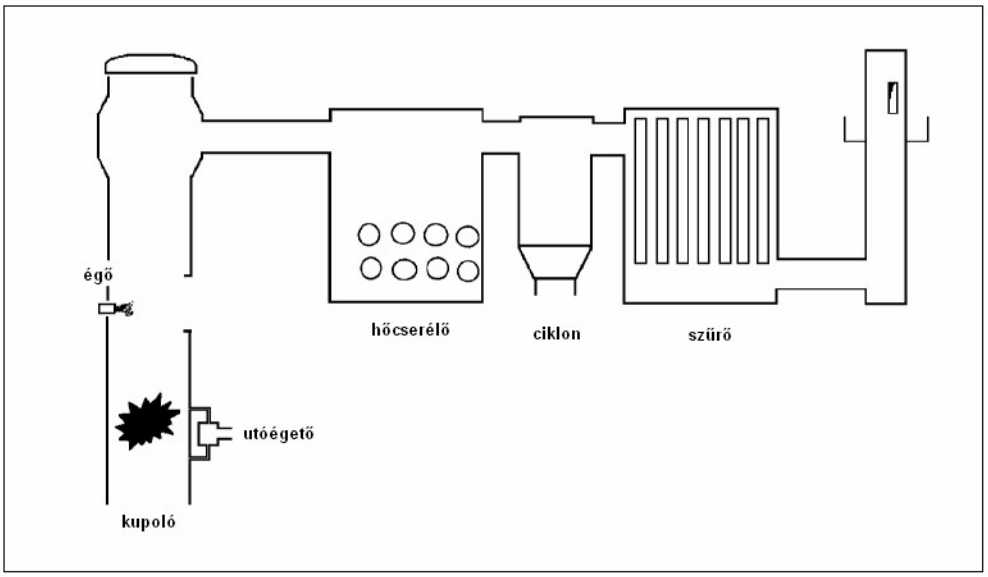
Példaüzemek
A technika általánosan alkalmazott a forrószeles kupolókemencéknél szerte Európában.

Irodalmi hivatkozások
[17, Strauß, 1983], [27, Kran és mások, 1995], [32, CAEF,1997], [157 Godinot és mások, 1999], [202, TWG, 2002]

4.5.2.3. Utánégetés a kupolókemence aknájában

Leírás
A gázokat az adagok felső részébe vagy az adagok felső szintje fölé történő levegő beinjektálással elégetik. A légáramot úgy szabályozzák, hogy a torokgázok maguktól begyulladnak, CO tartalmuk és hőmérsékletük következtében. Az injektáló fúvókák egy vagy két szinten helyezhetők el. A légáram szétosztása a különböző szinteken, a fúvókák átmérőjének kiválasztása és elhelyezésük gyakorlati tapasztalatokon alapul. A cél a CO

elégetésének optimalizálása a koksz begyulladása nélkül. A huzat is szív be levegőt az adagolóajtón keresztül. Ez a légfelesleg lehetővé teszi a CO teljesebb kiégését.
Segédégőt lehet elhelyezni a láng fenntartására. Amikor nagyon kis kokszadagokat használnak (<6-8 %) elővigyázatossági intézkedés ésszerű.
A távozó gáz utánégetését gázhűtéssel kell kombinálni, ha zsákos szűrőt használnak. A forrószeles kupolóknál a hűtés a fúvószél előmelegítésével van kombinálva. Hidegszeles üzemben a gyors hűtést a kupoló aknájába víz bepermetezésével lehet elérni. Alternatívaként (füstgáz-levegő) hőcserélőt lehet használni. Ezt ábrázolja a 4.15. ábra.



4.15. ábra Hidegszeles kupolókemencében való utólagos elégetés és füstgázhűtés elve
[157, Godinot, 1999]

Hidegszeles kupolóknál az utánégetés bevezetése kombinálható forrószeles üzemre való teljes áttéréssel. Általában ez a választás üzemeltetési megfontolásokon alapul. A forrószeles és hosszú kampányú kemencék jellemzőit a 2.4.1. szakasz tárgyalja.

Elért környezeti előnyök
Az utánégetés csökkenti a CO-kibocsátást és elbontja a szerves vegyületek zömét. Ha nem égetik el, ezek a porba kerülnek, vagy kibocsátják a kéményen keresztül. Ezen túlmenően az utánégetés csökkenti a tűz kockázatát a szűrőben.
Ez a technika elkerüli a robbanás kockázatát bizonyos körülmények között. A pozitív környezeti hatás csak akkor jelentkezik, amikor a távozó gáz az idő legnagyobb részében autotermikusan ég. Egyéb esetben az energiafelhasználás ellensúlyozza a CO-csökkentést.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Ha a kupolókemence torokgázai nem égnek spontán, elégető vagy égést támogató égők felszerelése szükséges. Ez jelentékeny energiafogyasztást okoz, és növeli az összes füstgáz térfogatot.

Üzemeltetési adatok.
Hidegszeles kupolók (aknában való utánégetésének és) hűtésének két konfigurációját tanulmányozta a CTIF ipari méretekben; az „I" kupoló a kupoló aknájában vízinjektálással, ciklonnal és zsákos szűrővel volt ellátva; a „J" kupoló gáz-levegő hőcserélővel, ciklonnal és zsákos szűrővel. Az üzemeltetési adatok a 4.39. táblázatban találhatók. A mérési kampány eredményei és utalás a vonatkozó jogszabályokra a 4.40. táblázatban találhatók.

Paraméter	Egység	„I” öntöde	„J” öntöde
Olvasztási teljesítmény	t/h	10,3	9,2
Elsődleges + másodlagos levegőáram	Nm^3/h	7 389	6 484
Utánégetési levegőáram	Nm^3/h	2 372	1 549
Vízáram	l/h	2 678	
Füstgázáram (kéményben)	Nm^3/h	26 780	39 179
Az égés tartózkodási ideje a zsákos szűrőig	s	10,5	12,3
Tartózkodási idő a hűtési lépcsőben	s	<1,7	6,01
Teljes CO elégetési hatásfok	%	66	96,5

4.39. táblázat Utánégetést vízhűtéssel („I”) és levegő-hűtéssel („J”) használó, két példa konfiguráció üzemeltetési adatai
[157, Godinot és mások, 1999]

Vegyület	„I” öntöde		„J” öntöde		Rögzítve 1998.02.02-án	
	Elemzés	Áram	Elemzés	Áram	Határérték	Figyelembevétel határa*
Por	1,7-2,8 mg/Nm^3 3-5 g/t	0,04-0,07 kg/h	1 mg/Nm^3 34 g/h		100 mg/Nm^3 200 g/t	<1 kg/h olv.=8 t/h
CO	450 Nm^3/h	560 kg/h	35 Nm^3/h	44 kg/h		50 kg/h
HCl	22 mg/Nm^3	0,4 kg/h	9,2 mg/Nm^3	0,35 kg/h	50 mg/Nm^3	1 kg/h
HF	13 mg/Nm^3	0,24 kg/h	4,8 mg/Nm^3	0,18 kg/h	5 mg/Nm^3	0,5 kg/h
HCN	<0,007 mg/Nm^3	0,13 g/h	<0,01 mg/Nm^3	0,38 kg/h	5 mg/Nm^3	50 g/h
NH_3	0,61 mg/Nm^3	12 g/h	0,10 mg/Nm^3	3,8 g/h	50 mg/Nm^3	100 g/h
NO_x	9 mg/Nm^3	0,17 kgh	15 mg Nm^3	0,57 kg/h	500 mg/Nm^3	25 kg/h
VOC metán nélkül	13 mg/Nm^3	0,25 kg/h	6 mg/Nm^3	0,23 kg/h	110 mg/Nm^3	2 kg/h
* ha az áram nem éri el a figyelembe vétel határát, a mért érték túllépheti a határértéket						

4.40. táblázat A füstgázok vízhűtéses, („I”) és levegő-hűtéses („J”) utánégetésének elemzési eredményei és a vonatkozó (francia) jogszabály szerinti adatai hidegszeles kupolókemencéknél
[157, Godinot és mások, 1999]

A vízpermetes hűtés 66%-os CO-csökkentést ért el és lehetővé tette az előírásoknak való megfelelést. A hőcserélőn keresztüli füstgáz-hűtés jobb hatásfokú volt (98%). A hűtési teljesítmény tárgyalását lásd a 4.1.5.2.1-ben is.

Alkalmazhatóság

Az elszívó rendszer felcserélése adagolónyílás felettiről alulra, meglévő kupolóknál, a legtöbb esetben lehetetlen. A hulladékgázok kemence aknájában történő utánégetése ezért jobban járható megoldás az adagolónyílás fölötti elszívású kupolókemencéknél. Gazdasági okokból az utángetés alkalmazása főként a forrószeles kupolókra vonatkozik. Az utóbbi időkben azonban kifejlesztették az utánégetési rendszert a hidegszeles kupolóknál is, a forrószél alkalmazásának bonyolultsága nélkül. Ilyen rendszer működik Franciaországban. Az aknában való utánégetés ezért alkalmazható forrószeles és hidegszeles kupolóüzemre is.

A Cseh Köztársaságban a hidegszeles kupolókemencék egész során tanulmányozták az aknában történő utánégetés alkalmazhatóságát. Az égés néhány esetben nem az egész olvasztási időszak alatt volt spontán. Minden esetben szükséges volt jelentékeny energiájú gyújtóégők felszerelésére. A kupoló kibocsátásának térfogata is nőtt.

Gazdasági kérdések
Az utánégetés előnyeivel szemben nagy energiafogyasztását kell számításba venni. Forrószeles üzemben a távozó gázok által elvitt hő újra használható, mely a beruházást megvalósíthatóbbá teszi. Az utánégetés nagy energiafogyasztása miatt csak ott ésszerű gazdaságilag, ahol a füstgázok kibocsátott hője visszanyerhető, ahogy ez a rekuperatív forrószeles kupolókemencéknél történik. Azonban hidegszelesről forrószelesre váltani csupán a torokgáz elégetésének céljából nem lehetséges. A forrószeles kupolók, különösképpen hosszú kampányú konfigurációban nagyobb beruházási költségeket igényelnek és csak 10 t/h, vagy még ennél is nagyobb olvasztási teljesítményeknél használatosak. Kisebb öntödékben ez a termelési módszer nem lehet a helyes választás. Egy 850 mm belső átmérőjű hidegszeles kupolókemence-pár beruházási költsége, mely 4,5 t/h olvasztási teljesítménnyel napi 10 órán és heti 5 napon keresztül üzemel, 300 000 EUR nagyságrendű.

Az alkalmazás hajtóereje
A CO kibocsátási határérték és a CO-kibocsátás folyamatos monitoringja, valamint a szerves vegyületek határértékei.

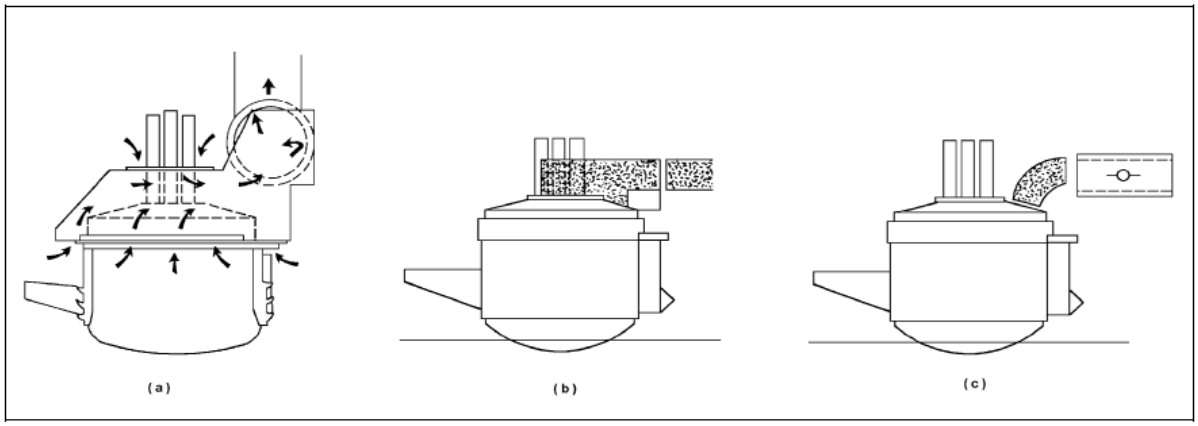
Példaüzemek
A technikáról jelentést tett 2 példaüzem Franciaországból.

Irodalmi hivatkozások
forrószeles: [150, ETSU, 1998], [202, TWG, 2002]; hidegszeles: [157, Godinot, 1999] [202, TWG, 2002]

4.5.3. A villamos ívkemence

4.5.3.1. A füstgázok összegyűjtése

Leírás
A villamos ívkemencéből származó por nagyon finom és nehéz felfogni. A füst és por felfogása a nagyobb probléma porleválasztó rendszer villamos ívkemencéhez telepítésekor. Több módszer van, melyek különböző előnyökkel és hátrányokkal rendelkeznek. A 4.16. ábra a boltozatra szerelt burkolat, az oldalelszívású burkolat és negyedik nyíláson történő elszívás elvét mutatja.



4.16. ábra: A tetőboltozatra szerelt burkolaton (a), az oldalelszívású burkolaton (b), és a negyedik tetőnyíláson (c) keresztüli, közvetlen elszívás elve [173, Huelsen, 1985]

- A boltozatra szerelt burkolatok. A kemence boltozatához burkolat van rögzítve és ez gyűjti össze a füstöt a kemenceköpeny és a boltozat közötti résen keresztül. Ezenkívül fölfogja a kemenceajtón és a csapoló nyíláson keresztül felszálló füstöt is. A boltozatra szerelt burkolatok nehezek és a hő okozta vetemedésnek vannak kitéve. Ha meglévő villamos ívkemencéhez illesztik, problémák adódhatnak a fedélemelő és fogható mechanizmus megnövekedett szerkezeti terhelése következtében. Ennek a rendszernek jellemző elszívási mértéke 7 500-15 000 Nm^3/ t közé esik.
- Oldalelszívású burkolatok: A kemence fedélboltozatára van szerelve burkolat, és ez gyűjti össze az elektródanyílásokon keresztül kibocsátott füstöt. A légáramot közvetlenül a burkolat felé irányítja. Kiegészítő burkolatok vannak az ajtó és a csapoló nyílás fölött a kibocsátás felfogására. Nagyobb elszívásra van szükség a tetőboltozatra szerelt burkolattal szemben, mert nagy légáramlási sebesség szükséges a füst felfogásához. A szennyezők valamelyes kiszökése várható az üzem légkörébe, hacsak szoros tömítettséget nem tartanak fenn. Jelentették, hogy az oldalelszívású burkolatok növelik az elektródafogyasztást.
- Ernyős burkolatok: Egy nagy elszívó-burkolat van a teljes kemence és az adagolórendszer fölött. Ez nagy rést képez a kemence és az elszívó rendszer között, megnehezítve a felszálló füst és por szabályozását, még nagy elszívás esetén is. A kereszthuzat komolyan ronthatja a leválasztás hatásfokát. Ezek a hátrányok nem teszik vonzóvá ennek a leválasztó rendszernek a használatát.
- Közvetlen kemencemegszívás vagy „negyedik nyíláson" keresztüli megszívás: A füstöt vízhűtéses vagy tűzálló bélésű csővezetéken keresztül szívják el, mely a boltozaton levő negyedik nyílással van összekötve. Környezeti levegőt szívnak be a csővezeték csatlakozásán keresztül, így oxigént juttatnak bele a CO elégetéséhez a fel nem hígított forró füstgázokba. Ez a robbanások megelőzésére szolgál a porleválasztó rendszerben. Az elégető kamra méretei nagyon kritikusak annak garantálásához, hogy elegendő legyen az elégés az olvasztási ciklus minden lépcsőjében. Az elégetett gázt (900˚C) az áramlás irányában környezeti levegővel történő hígítással, víz injektálásával, hőcserélőkkel (vízköpenyes) vagy hosszú csővezeték alkalmazásával hűtik le. Ez a hűtési folyamat szükséges a porszűrő berendezés védelmére. Nyomásvezérlő rendszer használata a kemencében viszonylag kis elszívási mértéket tesz lehetővé a kemencében: 2 000-4 000 Nm^3/t-t. Az elektródafogyasztás általában nagyobb az oxidáló hatás következtében.
- A kemence részleges körülzárása: Mozgatható vagy rögzített körülkerítést szerelnek a kemence és a csapoló terület köré. Az előbbi az adagolás és csapolás részére helybiztosítás érdekében vissza van húzva, míg az utóbbi mozgatható tetővel és oldalfalakkal van ellátva ugyanebből a célból. Az elszívott gázokat a körülkerítés tetején fő elszívó csövön keresztül gyűjtik össze, az elszívást a csővezetéken belül elhelyezett ventillátorokkal segítve. Az ilyen típusú rendszerekkel 98%-os összegyűjtési hatásfok érhető el.
- A kemence teljes körülzárása: Ez a rendszer az olvasztókemencét és az üst gödrét teljes mértékben körülvevő, rögzített, elszívott tér. A körülkerített terület mozgatható tetővel és/vagy oldallemezekkel van ellátva, hogy helyet adjon az adagolási és csapolási műveleteknek. A gázveszteségek csökkentésére ellátható légfüggönyökkel is. A technika hátránya a nagy hőmérséklet és zajszint a körülkerített területen belül. Mindazonáltal előnye az alacsony külső zajszint és az alacsony energiafelhasználás. Az energiafelhasználást 30-50%-kal kisebbre becsülik, mint a baldachinos burkolatét.

Elért környezeti előnyök
A füstgáz felfogása lehetővé teszi a füstgázáram szabályozott elszívását és kezelését, és a diffúz és az ellenőrzött kibocsátások minimalizálását eredményezi.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az elszívás növeli az energiafogyasztást. Azáltal, hogy lehetővé teszi a füstgáz tisztítását, por keletkezik, amit ártalmatlanítani vagy hasznosítani kell.

Üzemeltetési adatok
A 4.41. táblázat tipikus elszívott gázáram mértékeket és eltávolítási hatásfokokat ad meg különböző felfogási rendszereknél.

	Elszívott gázáram mértéke az alábbi kemence kapacitások mellett			**Por Eltávolítási hatásfok (%)**	
	3,9 t/h	**9,1 t/h**	**22,7 t/h**	**Tartomány**	**Jellemző max.**
Oldalelszívású burkolat	12,9	19,8	50,00	90-100	99
Tetőburkolat	7,7	11,9	30,00	95-100	99
Közvetlen elszívás	3,2	5,0	12,5	90-100	99
Teljes körülterítés			35-42		

4.41. táblázat Jellemző elszívott gázáram mértékek (m^3/s-ban) és por eltávolítási hatásfokok a villamos ívkemence elszívás-felfogási rendszereinél
[173, Huelsen, 1985]

Egy lengyel öntödében egy, egyenként 8,5 t kapacitású villamos ívkemence-pár teljes körülburkolása az olvasztásból származó zaj szintjének 91 dBA-ról 85 dBA-ra való csökkenését eredményezte.

Alkalmazhatóság
A fent említett technikák alkalmazhatók minden új és meglévő villamos ívkemencéhez, a következő korlátozásokkal:

- Amikor tetőboltozatra szerelt burkolatot alkalmazunk meglévő kemencére, problémák adódhatnak abból, hogy nő a boltozatemelő és forgató mechanizmus szerkezeti terhelése.
- A közvetlen, negyedik nyíláson keresztüli elszívás nagy villamos ívkemencékre korlátozódik, mert a tetőboltozatnak elegendően nagynak kell lennie a negyedik nyílás elhelyezéséhez szerkezeti gyengítés nélkül. A technika nem alkalmazható vas olvasztásához, mert a beáramló friss levegő a szén túlzott oxidációját okozza.

Gazdasági kérdések
A két, egyenként 8,5 t kapacitású ívkemence teljes körülburkolásának konstrukciója és szerelése 275 000 EUR beruházási költséggel járt (1996. évi áron), a csővezetékek és szűrőrendszer további felújításán kívül.

A bevezetés hajtóereje
A munkások egészségkárosodásának megelőzésére irányuló intézkedések. Lehetővé teszik a gáztisztítási technikák alkalmazását az elszívott gázáram szabályozásával.

Példaüzemek
Teljes körülburkolás: Metalodlew öntöde, Krakkó, (Lengyelország)
Füstgáz felfogás: Metso Lokomo Steels és Sulzer Pumps Karhula öntöde (Finnország)

Irodalmi hivatkozások
[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [173, Huelsen, 1985], [199, Metalodlew s.a., 2002]

4.5.3.2. A füstgáz tisztítása

Leírás
A villamos ívkemence füstgáztisztító rendszereinek nagy hatásfokúnak kell lenniük, mert a szemcseméret nagyon kicsi. Széles körben használnak szövetszűrőket a távozó gázok portalanítására. Venturi mosókat vagy dezintegrátorokat kevésbé alkalmaznak azok nagyobb energiafogyasztása, a kibocsátás előtti vízkezelés szükségessége és a nedves szűrőiszap kezelésének vagy visszaforgatásának szükségessége következtében. A szövetszűrőket széles körben alkalmazzák az elektrosztatikus porleválasztókkal szemben előnyben részesítve, a gázhőmérséklet és a porkoncentráció széles ingadozása következtében.
Ha szövetszűrőket használnak, elővigyázatosságra van szükség a szűrőközeg védelme érdekében, ahogy ezt a 4.5.1.3. szakasz tárgyalta. Ezek a következők:

- nagy hőmérsékletű ciklonok vagy multiciklonok használata,
- gázhűtő berendezés használata. A távozó gázokat környezeti levegővel való hígítással, víz injektálásával (hirtelen lehűlés), hőcserélőkkel vagy hosszú csővezetékek használatával hűtik le. Különösképpen a víz injektálásának további előnye, hogy a távozó gázok gyors lehűtése megelőzi bármely részlegesen elégett szerves anyag újra vegyülését, így tisztább kibocsátáshoz vezet. A hűtőrendszernek hatásos vezérlőrendszerre van szüksége a túl forró gázok szövetszűrőbe való belépésének megakadályozására.

Elért környezeti előnyök
A villamos ívkemencéből származó porkibocsátás csökkenése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A nedves portalanító technikák használata nagyobb energiafogyasztást, a víz kibocsátás előtti kezelésének, és a nedves szűrőiszap kezelésének vagy visszaforgatásának szükségességét okozza.

Üzemeltetési adatok
Üzemeltetési adatok a 3. fejezetben találhatók. A jelenlegi zsákos szűrőknek levegő/szövet aránya 2:1 és 3:1 között van. A levegő/szövet aránya a szűrőn keresztüli volumetrikus levegőáram aránya a szűrőközeg területéhez és $(m^3/s)/m^2$-ben van kifejezve, mely ugyanazt az eredményt adja, mint a levegősebesség a szűrőközegen keresztül.

Alkalmazhatóság
Ezek a technikák minden új és meglévő berendezéshez alkalmazhatók.

Gazdasági kérdések
Két, egyenként 8,5 t/h olvasztási teljesítményű, villamos ívkemencével rendelkező lengyel meglevő olvasztómű új füstgáz felfogó és porszűrő egységgel való felszerelésének költségei a 4.42. táblázatban vannak összefoglalva. A porkibocsátás 10-13 kg/h-ról és 145-150 mg/Nm^3-ről 0,2-0,25 kg/h-ra és 2,8-2,9 mg/Nm^3-re csökkent. Nagyobb mértékű csökkenés következett be az olvasztómű okozta diffúz kibocsátásban is.

Beruházási költségek	EUR*
Alapozás és a régi leválasztó átalakítása	115 000
Két kemence körülburkolásának konstrukciója és szerelése	275 000
A szűrő és a villamos készülékek beszerzése és szerelése	560 000
Kutatás, bevezetés és ellenőrzés	80 000
Üzemeltetési költségek	**EUR/év**
Értékcsökkenési költség	100 000
Villamos energia	88 000
Javítás és karbantartás	1 500
*Az árak zloty-ból átszámítva 1999-ben	

4.42. táblázat Villamos ívkemence füstgáz leválasztó és tisztító berendezésének költségei [199, Metalodlew s.a., 2002]

A bevezetés hajtóereje
A fémek olvasztásából eredő porkibocsátás csökkentésének szabályozása.

Példaüzemek
Teljes körülburkolás zsákos szűrő egységgel: Metalodlew öntöde, Krakkó (Lengyelország)
Metso Lokomo Steels és Sulzer Pumps Karhula öntöde (Finnország)

Irodalmi hivatkozások
[173, Huelsen, 1985], [32, CAEF,1997],[29, Batz, 1986], [199, Metalodlew s,a., 2002]

4.5.4. Indukciós kemence

4.5.4.1. Füstgázfelfogás

Leírás
A füst és a por felfogása a legnehezebb megoldandó probléma, amikor távozó gáz összegyűjtő rendszert ruházunk be tégelyes indukciós kemencékhez, mert nincs elszívó akna. Számos módszert fejlesztettek ki az utóbbi 10 évben, mindegyik rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal.

- A munkahely általános szellőztetése: A falra szerelt zsákos szűrőnyílások és tetőventillátorok kombinációját használják a füst természetes áramlásának növelésére és kifelé irányítására. Még a tetőről függő terelőlemezek és nagy elszívási mértékek használata mellett is gyakran gyenge a hatásfok és könnyen megzavarja a huzat.
- Ernyős burkolatelszívás: Mivel az alacsonyabban elhelyezett burkolatok akadályozzák a darus adagolórendszereket, nagyobb burkolatokat kell felszerelni az adagoló felett. Ez nagy hézagot hoz létre a kemence és az elszívó között, nehézzé téve a felszálló füst és por irányítását, még akkor is, ha nagy elszívást használnak. A kereszthuzat komoly mértékben rontja a rendszer összegyűjtési hatásfokát. Ezek a hátrányok nem teszik vonzóvá ennek az összegyűjtési rendszernek az alkalmazását.
- Félrefordítható burkolatok: Ezek a burkolatok hatásosabbak, ha vibrációs adagolókkal együttesen használják. A burkolatban nyílásai megkönnyítik az adagolást. Csapolás közben a burkolatot az üst felé fordítják, lehetővé téve a hatékony füstelszívást.
- Oldalmegszívású burkolatok: Az elszívó burkolatnak a kemence mellé helyezése azt az előnyt nyújtja, hogy a kemence jól hozzáférhető és nem akadályozza az adagolást.

A távozó gázok nagy felhajtóereje következtében nagy elszívás érhető el és ez jó hatásfokot ad, különösképpen akkor, amikor a burkolat a kemencepódiumon kívül van elhelyezve. Ebben az esetben az elszívás csapolás közben gyenge. A kemencepódiumhoz való hozzákapcsolás megoldja ezt a problémát, de akadályozhatja az adagolási műveleteket. A hatásfok javítható levegőfúvókák felszerelésével, amik a burkolattal szembeni oldalon a port és füstöt a burkolatba fújják. Sajnos ez a berendezés nem működik, ha a légáramban zavar áll be, ahogy ez adagoláskor történik.

- Peremelszívás: Elszívó-gyűrűt helyeznek el a kemence tetején úgy elrendezve, hogy együtt mozog a kemencével a salakolási és csapolási műveletek közben. Ez a rendszer nem akadályozza az adagolást. Zárt fedéllel a peremelszívás igen jó szabályozást nyújt, mert olyan közel van a kibocsátás forrásához, ahogy csak lehetséges és a legkisebb elszívási mértéket igényli. A füst nem hatol át a kemencekezelők lélegzési zónáján. Azonban az elszívás jelentékenyen csökken, amikor a fedelet kinyitják, például adagolás közben.
  Az elszívó berendezés konstrukcióját sok tanulmánynak vetették alá. A szállítók megoldásokat kínálnak bizonyos hátrányok kiküszöbölésére.
- Fedélmegszívás: A gázt a kemencefedélen keresztül szívják el. Ez a módszer nagyon hatásos. Ezt használja a legtöbb kemencegyártó. Az elszívás olvasztásnál, adagolásnál, csapolásnál is biztosított.

Figyelmet kell fordítani a burkolatok és csővezetékek anyagára, mert a gázok magas hőmérsékletűek lehetnek az összegyűjtő rendszerbe való belépéskor, ha az közel van a kemencéhez. A folyékony fürdő sugárzó és áramló hőjének fűtő hatását figyelembe kell venni a tervezés során. Helyes karbantartás hő-érzékelőkkel kombinálva csökkenti a tűz kockázatát.

A hulladék tisztasága megint fontos szerepet játszik. Ha a hulladék szerves anyagot tartalmaz, az összegyűjtött gáz hőmérséklete növekedhet az anyag elégése következtében, így hőálló acél vagy éppen tűzálló bélés használatát igényelve. Olajgőzöknek a csővezetékben való kondenzációja következtében keletkezett olajlerakódások felhalmozzák a port és tűz kockázatát jelenthetik, ha ezek nincsenek rendszeresen eltávolítva. Amikor tiszta hulladékot használnak, lágyacél szerkezet is megfelel és nem igényel hozzáférhetőséget a tisztításhoz.

Elért környezeti előnyök
A füstgáz felfogása ellenőrzött elszívást és füstgázáram-kezelést tesz lehetővé és a diffúz és ellenőrzött kibocsátás minimalizálását egyaránt eredményezi.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Füstgáz felfogás alkalmazása növeli az energiafelhasználást. Ezenkívül, a távozó gáz tisztítása révén, ártalmatlanítandó vagy hasznosítandó por keletkezik.

Üzemeltetési adatok
Különleges felfogó rendszerek használatával, mint az oldalelszívású burkolatok, mozgatható burkolatok és a kemence részleges burkolása, több mint 95%-os felfogási hatásfok elérése lehetséges.
Üzemi tapasztalat egy német vasöntödében azt mutatta, hogy a kemencefedél a munkaidő átlag 25%-ában nyitva van. A nyitott periódusokban olyan porképző folyamatok történnek, mint az adalékok hozzáadása, salakolás és öntés. A kemencefedélre szerelt peremelszívási rendszer nem teszi lehetővé a keletkező füst elszívását. Teleszkópos ernyőburkolat felszerelése hatékony felfogást tett lehetővé a kemencefedél nyitása közben.

Alkalmazhatóság
Füstgáz felfogó berendezések felszerelése alkalmazható minden új és meglévő indukciós kemence berendezéshez, mind vas- és acél-, mind színesfémöntödékben.

A bevezetés hajtóereje
A levegőbe történő kibocsátással kapcsolatos szabályok.

Példaüzemek
Ezeket a technikákat általában használják az indukciós kemencékhez Európában. Egy különleges példa a Walter Hundhausen GmbH & Co KG (Németország).

Irodalmi hivatkozások
[29, Batz, 1986], [18, Rademacher, 1993], [32, CAEF, 1997]

4.5.4.2. Az elszívott füstgáz tisztítása

Leírás
Az indukciós kemence füstgáztisztító rendszereinek nagyon hatásosnak kell lenniük, mert a szemcseméret kicsi. Szövetszűrőket széles körben használnak az elszívott gáz portalanítására. A szövetszűrőket szívesebben használják, mint az elektrosztatikus porleválasztókat, mert jobban alkalmazkodnak az elszívott gáz hőmérsékletének és szemcsekoncentrációjának ingadozásaihoz.

Szövetszűrők használatakor gondot kell fordítani a hulladék olajszennyezettségére, mert az olajpára kondenzálhat a szűrőszöveten, ahol eltömítheti a pórusokat, és lehetetlenné teheti a hozzátapadt por eltávolítását. Fennáll a tűz kockázata is. A rendszer nyomásveszteségének gyors növekedése gyorsan csökkenti a rendszer leválasztási hatásfokát. Ezért a munkahely szennyezésének megelőzése érdekében a szűrőközeget sokkal gyakrabban kell cserélni vagy regenerálni (mosni), mint tiszta hulladék használatánál. Bevonattal ellátott szövetek használata, vagy mész injektálása a csővezetékbe megoldás lehet a problémára. Továbbá, ha az olajpára égése valószínű a csővezetékben, a folyamatnak elég időt kell engednie az égés teljes végbemenetelére, mielőtt a pára belépne a szűrő házába. A gázhőmérséklet növekedésének nem szabad túllépnie a szövetre tervezett hőmérsékletet, így szükséges lehet a gázok hűtése.

A nedves mosók általában a nagyenergiájú típusúak (Venturi), mert a széntartalmú és metallurgiai füst nagyon kis részecskéket tartalmaz. Ez jelentős ventillátor energiát igényel a kielégítő turbulencia (örvénylés) létrehozásához a mosóban a részecskék összegyűjtéséhez. Az elszívott áram mértékét ezért a minimumon kell tartani olyan füstgáz-felfogó rendszerek használatával, melyekbe a legkevesebb külső levegő lép be.

Rendes körülmények között a korrózió nem probléma. Ha hűtő-/kenőfolyadékot tartalmazó fúróforgácsot adagolnak a kemencébe, figyelembe kell venni, hogy ezek a folyadékok ként tartalmazhatnak. A SO_2 elnyelése a mosóban a víz savasodásához vezet, és esetlegesen korrózióhoz is, ha nem alkalmaznak vízkezelést.

Néhány alumíniumöntöde az alumínium elektrolíziséből visszanyert anyagot használ. Ebben az esetben szervetlen szennyezők, mint pl. fluor-hidrogén képződhetnek. Ez a füstgázból

vegyi elnyelő lépcső használatával távolítható el, melyet a porleválasztó rendszerhez csatolnak. Ebben a kezelésben kalcium-hidrát, alumínium-oxid használható elnyelőként.

Elért környezeti előnyök
A szemcsés anyag és savas kibocsátás csökkentése az indukciós olvasztókemencéknél.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az elszívott gáz tisztítása növeli az energiafogyasztást. Az elszívott gáz portalanítása ártalmatlanítandó vagy hasznosítandó por képződéséhez vezet. Nedves portalanító technikák alkalmazása nagyobb energiafelhasználást, a víz kibocsátás előtti kezelésének szükségességét és a nedves szűrőiszap kezelésének vagy visszaforgatásának szükségességét okozza.

Üzemeltetési adatok
A felfogott gázok tisztítását általában szűrők használatával végzik. A napi átlagos porkibocsátási adatok jóval 10 mg/Nm^3 alatt vannak. Működési adatok a 3. fejezetben találhatók.
A 4.43. táblázat egy német vasöntöde üzemi adatait tartalmazza, mely öntödében központosított füstgáz felfogó rendszer van felszerelve, és a portalanítást zsákos szűrővel hajtják végre. A rendszer az öntöde különböző részeiből gyűjti össze a füstgázt, melyek magukban foglalják a négy indukciós kemencét (mindegyik peremelszívással és ernyőburkolattal ellátva), a hulladéktárolót és előmelegítőt, fémkezelést, homokregenerálást és az öntőterületeket. Adatokat ad meg a nyers olvasztókemencei füstgázról, a nyers kombinált gázáramról és a tisztított gázáramról.

Vegyület	Olvasztói füstgáz	Kombinált elszívott gáz	Tisztított gáz*
Por	89,3	237	< 1
NO_x	1,6	8,3	7,9
CO	2,2	4,2	3,8
SO_x	3,5	3,9	3,7
Összes C	21,8	34,7	34,9
PCDD/F		$0,036 \times 10^{-6}$	$0,0027 \times 10^{-6}$
* Az NO_x-t, CO-t, SO_x-t és összes C-t nem fogja fel a zsákos szűrő. A különbség a nyers és tisztított gáz között a gyengén megváltozott gázkeveréknek tulajdonítható az IO ventilátor után. Az olvasztási kapacitás 14 t/h, a teljes füstgázáram 240 000 m^3/h.			

4.43 táblázat: Indukciós olvasztást és zsákos szűrővel ellátott központosított elszívó rendszert használó vasöntöde kibocsátási adatai
[18, Rademacher, 1993]

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható minden új és meglévő indukciós kemencéhez, a vas- és acél-, valamint a színesfém-öntödékben.

Gazdasági kérdések
Egy 15 t/h olvasztási teljesítményű, tégelyes indukciós kemencés olvasztóműhöz alkalmazott zsákos szűrős, leválasztó berendezés költség- és energiafelhasználási adatai a 4.44. táblázatban találhatók.

Porkibocsátás (mg/Nm^3)	Beruházási költség (EUR)	Energiafogyasztás (kW)
<5	350 000	250
<20	200 000	150

4.44. táblázat Különböző végső porkibocsátású, zsákos szűrővel ellátott, indukciós kemencék beruházási költségei és energiafelhasználásai; 2003. évi adatok Portugáliából
[225, TWG, 2003]

A bevezetés hajtóereje
A fémek olvasztásából eredő porkibocsátást korlátozó jogszabályok.

Példaüzemek.
A füstgáztisztítást alkalmazza a legtöbb indukciós kemencét használó vas- és acélöntöde, és korlátozott mértékben néhány fémöntöde is.

Irodalmi hivatkozások
[18, Rademacher, 1993], [32, Caef, 1997], [Batz, 1986]

4.5.5. Forgódobos kemence

4.5.5.1. Füstgáz összegyűjtése és tisztítása

Leírás
A legtöbb esetben szükség van portalanító berendezésre a mai környezetvédelmi előírások betartásához. Általában zsákos szűrőket szerelnek fel erre a célra, de műszakilag lehetséges nedves portalanító technikák használata is.

Az elszívott gázok hőmérsékletének csökkentése érdekében azokat környezeti levegővel hígítják. Ezt levegő beszívásával érik el a kemence kibocsátó nyílása és a könyök alakú elszívó cső közötti hézagon keresztül. Ez a hézag mindig jelen van, mert a kemencetestnek forgásra és a billentésre képesnek kell lennie. Az elszívó cső gyakran visszahúzható. Általában a hígítás a kibocsátás csökkentésre nem elegendő. Ha hígítást használnak (és az szükséges) a hűtéshez, a csővégi technológiának a megfelelő méretűnek kell lennie a nagyobb gázáramhoz. Néha a hígított füstgázokat aztán egy levegő/gáz hőcserélőbe táplálják be, további hűtés céljából. Így a gázhőmérséklet a kezdeti 1 500˚C-ról 200˚C-ra, vagy annál kisebb értékre csökken. Ezen a hőmérsékleten a gázok bevezethetők zsákos szűrőbe portalanításra.

Utánégető égő alkalmazása lehetővé teszi a szerves szénvegyület- és éghető részecske-kibocsátás csökkentését. Ez a technika hatásos lehet a dioxin-képződés kockázatának csökkentésében, a gázok lehűtésénél. Az utánégetőt a kemence után, és a hőcserélő előtt helyezik el. A következő égőtípusok egyike használható:

- termikus elégető: elégetés nyílt lángban
- katalizátoros elégető: elégetés kisebb hőmérsékleten katalizátor használatával, mely nagyobb hatásfokot és kisebb NO_x-kibocsátást eredményez,
- rekuperatív elégető: elégetés hővisszanyeréssel az égéslevegő előmelegítésére, mely nagyobb termikus hatásfokot és kisebb tüzelőanyag-felhasználást eredményez,
- katalizátoros rekuperatív elégető: az előző két típus kombinációja.

Elért környezeti előnyök
A porkibocsátás csökkentése a forgódobos olvasztókemencéknél.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A füstgáztisztítás növeli az energiafelhasználást. Az elszívott gáz portalanítása ártalmatlanítandó vagy újra felhasználandó port képez.

Üzemeltetési adatok
Üzemi kibocsátási adatok a 3.2.5.3. szakaszban vannak megadva.
Az utánégetőtől elvárható a forgódobos kemencéből kibocsátott éghető részecskék elégetésének 80-90%-os hatásfoka. Az utánégetőből a forró gázok rekuperátoron keresztül vezethetők el, és segíthetnek a kemence fő égője égéslevegőjének előmelegítésében. A rekuperátorok 15%-ig terjedő energiamegtakarítást biztosítanak.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható minden új és meglévő forgódobos kemence-berendezéshez, mind a vas- és acélöntödékben, mind a színesfémöntödékben.

A bevezetés hajtóereje
A fémek olvasztásából eredő porkibocsátást korlátozó jogszabályok.

Példaüzemek
Ezt a technikát általánosan használják a forgódobos kemencéket alkalmazó öntödék.

Irodalmi hivatkozások
[23, Brettschneider és Vennelusch, 1992], [32, CAEF, 1997], [163, UK Environment Agency, 2002], [202, TWG, 2002]

4.5.6. Tégelyes-, láng- és sugárzó boltozatos kemencék

4.5.6.1. A látható és diffúz kibocsátások megakadályozása az olvasztás és fémkezelés közben

Leírás
Rendes üzemi körülmények között az olvasztási eljárások nem bocsátanak ki látható füstöt tiszta fémolvadékok mellett. Azonban a kemence adagolása közben lehetséges látható füst képződése. Ez lehet az adagban levő szennyezők égésének következménye, és az égő lángjának kioltása és begyújtása során kibocsátott tüzelőanyag következménye, szilárd vagy folyékony tüzelőanyag használata esetén. Ilyen körülmények között utánégető égő felszerelése lehetséges.

Burkolatokat is lehet felszerelni a látható és diffúz kibocsátás felfogására. A tiszta hulladék olvasztása is megelőzi, vagy minimalizálja az ilyen típusú kibocsátásokat.

Elért környezeti előnyök
Nem tökéletes égés termékeinek a levegőbe bocsátása csökken.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A füst felfogása villamos energia használatát vonja maga után.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható minden új és meglevő tégely- és lángkemencére.

A bevezetéshez, minden a meglévő kemence konstrukcióval és üzemeltetéssel kapcsolatos kényszerítő körülményt figyelembe kell venni, pl. a darupályák, az épület meglevő szerkezeti elemei, vagy maga a kemence adta kényszerek. Ahhoz, hogy az elszívás hatékony legyen, úgy kell illeszteni a kemencetesthez, hogy együtt mozogjon a kemencetesttel, amikor csapoláshoz megbuktatják, mivel a csapolás a csúcskibocsátási művelet. Ezt nem mindig könnyű elérni a meglévő kemencetesttel. Lehetnek fizikai problémák a csatlakozó csővezeték elhelyezésével kapcsolatban is. Bizonyos esetekben nagyobb módosításokra van szükség a kemencepódiumnál és a környező területen a szükséges csővezeték elhelyezésének lehetővé tételéhez.

Gazdasági kérdések
A CTI végzett költségbecslést egy szélsőségesen legrosszabb esetre, vagyis az adagolásból és csapolásból származó összes por felfogására. A 4.45. táblázat összegzi egy „átlagos öntöde" pénzügyi adatait. Az amortizációs költségekkel 10 évi élettartamot feltételezve az elszívó és leválasztó berendezésnél. Ez a becslés azonban nagy mértékben változhat az öntöde elrendezésétől és a használt technikáktól függően.

Elszívási teljesítmény m^3/min	**Termelési teljesítmény t/h**	**Költség EUR**		**Energia kW**	**Költség (EUR)/t olvasztott vas**		
		Tőke (beruh.)	**Személyi**		**Üzemel-tetési**	**Pénz-ügyi**	**Összes**
142	0,5	117 573	15 676	40	15,24	18,81	34,05
	(1 150t/év)						
Megjegyzések: - A személyi költségek a tőkeköltségek 12%-át teszik ki. - Az üzemeltetési költségek a karbantartásra és hulladékkezelésre vannak alapozva és egyenlők a tőkeköltségek 10%-ával és az áram 0,06 EUR/kWh. - A pénzügyi költségek arra vannak alapozva, hogy az üzem 10 év alatt amortizálódik és a kamatköltségek 10%-ot tesznek ki.							

4.45. táblázat Költségbecslés az adagolás és csapolás közben látható füst csökkentésére szolgáló rendszer beruházásához
[161, UK Environmental Agency, 2002]

Ebben a példában, a használt előfeltételek mellett, a látható kibocsátások megszüntetésének költségei mintegy 34,05 EUR/t olvasztott fém értéket tennének ki.

A bevezetés hajtóereje
A látható kibocsátás előfordulását korlátozó rendeletek.

Példaüzemek
Ezt a technikát általánosan használják az európai öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[161, UK Enviromental Agency, 2002]

4.5.7. Fémkezelés

4.5.7.1. AOD (argon-oxigén-dekarbonizáló) konverter: füstgázfelfogás és kezelés

Leírás
A csúcskibocsátási körülmények kezelésére szennyezés-csökkentő berendezést kell tervezni, még akkor is, ha a csúcs csak viszonylag rövid ideig áll fenn.

A füstelszívó burkolatok az AOD-konverterekhez alak és méret szerint nagy választékban készülnek. A közvetlen elszívó burkolat alternatívája a tető-ernyőburkolat. A tető-ernyőburkolatokat számos AOD-üzemben alkalmazzák, és hatékonyan felfogják mind az AOD-eljárás, mind az egyéb műveletek, mint az adagolás és csapolás füstjét és gázait. Ezek a tető-ernyőburkolatok az AOD-konverter szája fölött használhatók gyorsító kürtőkkel kapcsolva. A gyorsító kémény több hasznos feladatot lát el, beleértve az AOD-ből jobban összefüggő füstfelhő képzését, a szükséges ernyő méretének csökkentését, és a környező berendezések és a környezetben tartózkodó személyek védelmét az AOD lángjának néha erős sugárzásától. A tető-ernyőburkolat fő előnye a folyamati valamint a diffúz kibocsátások felfogása ugyanazzal a burkolattal.

Elért környezeti előnyök
A füstgáz felfogás lehetővé teszi a füstgázáram szabályozott eltávolítását és kezelését, és mind a diffúz, mind az ellenőrzött kibocsátások minimalizálását eredményezi.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A füstgáztisztítás növeli az energiafelhasználást. A füstgáz portalanítása port képez, amelyet ártalmatlanítani vagy hasznosítani kell.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható új és meglévő AOD-berendezéseknél.

A bevezetés hajtóereje
A porkibocsátást korlátozó rendeletek.

Példaüzemek
Példaüzemeket jelentettek Olaszországból és Finnországból.

Irodalmi hivatkozások
[202, TWG, 2002]

4.5.7.2. Füstgáz felfogása és portalanítása gömbalakú grafit előállítása során

Leírás
A füstgáz elszíváshoz használt technika típusa a grafit gömbösítéséhez használt technikától függ (ld. a 2.4.12.4.-t). A technikától függően jelentékeny mennyiségű MgO távozhat fehér füstként. A különböző gömbösítő technikák tulajdonságai a 3.20. táblázatban vannak megadva. Általában a nagyobb felvevő hatásfokú technikák kisebb kibocsátást

eredményeznek. Ez az eset az „in-mold” (a formában történő) eljárásnál, ahol a gömbösítés öntés közben megy végbe.

A fedelet vagy záró-lapot használó „in-crucible” (üsben történő) grafitgömbösítés a kibocsátás jelentékeny csökkenését eredményezi.

Ha a gömbösítés füstgázát nem fogják fel, az olvasztómű megtelhet fehér füsttel és MgO-por válhat ki. A szűrés nélküli elszívás az öntödéből távozó látható kibocsátást eredményezhet. Nagy mennyiségű látható por képződhet, de ez rendszerint csak rövid ideig tart (5-10 percig minden egyes kezelés után).

A tégelyen belüli gömbösítést végezhetik specifikus állványon vagy helyen az olvasztóműben. A tégelyt a folyékony fémmel erre a pontra viszik megtöltés után, de az öntőkemencéhez vagy öntőállomáshoz szállítás előtt. Ez lehetővé teszi rögzített burkolat felszerelését a füstgáz felfogására.

Az MgO-füst összegyűjtését akadályozza az a tény, hogy a gázok nagyon forrók és ez intenzív Mg-reakció szikrázást okoz. A nagy feláramlási sebesség és hőmérséklet következtében nagy mennyiségű környező levegőt is el kell szívni. Ez nagyméretű és nagy költségű felszerelést igényel.

Az elszívott gáz száraz szűrése MgO-port eredményez, mely újra felhasználható pigmentként vagy a tűzálló anyag-gyártásban.

Elért környezeti előnyök
A Mg nem ártalmas a környezetre és kis koncentrációkban alapvető állati és növényi tápanyag. Az Egyesült Királyság foglalkozás-egészségügyi kitettségi határértékként hosszú idejű kitettségre (8 h TWA=idővel súlyozott átlag) 4 mg/m^3-t ír elő a MgO porra és belélegezhető füstre (Mg-ban kifejezve).

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A magnézium-oxid-füst felfogása növeli az energiafelhasználást és ezért az energiatermelés kibocsátásait növeli. A MgO-por külső hasznosítása az elsődleges anyagigény csökkenéséhez vezet.

Üzemeltetési adatok
A magnézium-adagolás jellemző mértéke az olvadék tömegének 0,1%-a körül van, magnéziumként mérve (a tényleges magnézium-tartalmú ötvözet adalék, mint magnézium-ferro-szilícium, a folyékony fém tömegének 2%-ig terjedhet a használt ötvözetnek megfelelően).
Ez az adalék mintegy 0,05% Mg-tartalmat hoz létre az olvadékban, a maradék többsége MgO formájában elszökik a légkörbe. Elég gyorsan agglomerálódik a levegőben, és ahol nincs füstfelfogás, a füst túlterjed az öntöde épületén és egy része az öntöde területén porként kiülepszik. Nincs mért adatunk erről a mennyiségről, de elfogadható szám lehet a kibocsátott füst 50%-a. Ezért a kezelt fém minden egyes tonnájára mintegy 500 g magnézium lép ki a levegőbe MgO-ként az üstnél (vagyis 833 g MgO esik a kezelt fém minden tonnájára), és mintegy 400 g MgO kerül ki a külső légkörbe.

Alkalmazhatóság
A füstgáz felfogás és szűrés technikája az üstben történő gömbösítést alkalmazó öntödékre vonatkozik. Nem volt tájékoztatás az „in-mold” eljárás alkalmazhatóságával kapcsolatban.

Gazdasági kérdések
A MgO-kibocsátás zömének sikeres felfogásához a kezelőüstből mintegy 280 m^3/min elszívásra van szükség. A kombinált tőke és beruházási költségek öntödénként mintegy 180 000 EUR-t tesznek ki.

Az alábbi táblázat összegzi egy „átlagos öntöde” pénzügyi adatait, az amortizációs költségekkel 10 évi élettartamot feltételezve az elszívó és leválasztó berendezésnél.

Elszívási teljesítmény m^3/min	Termelési teljesítmény t/h	Költségek (EUR)		Energia felhasználás kW	Költség EUR/t kezelt vas		
		Tőke	Személyi		Üzemeltetési	Pénzügyi	Összes
280	0,5	180 280	23 514	50	21,95	29,35	51,30
	(1 000 t/év)						
Megjegyzés: A személyi költségek a tőkeköltségek 15%-ában vannak felvéve. Az üzemeltetési költségek a karbantartásra és hulladék-berendezésre vannak alapozva és egyenlők a tőke költségek 1%-val és 0,06 EUR/kWh áramköltséggel. A pénzügyi költségek az üzem feltételezett 10 évi élettartama alatti amortizálódásra és 10% kamatlábra vannak alapozva.							

4.46. táblázat A MgO-füst csökkentésének kalkulációja
[161, UK Environment Agency, 2002]

A magnézium-oxid-füst csökkentésének költségei mintegy 51,30 EUR/t kezelt vasra becsülhetők.

A bevezetés hajtóereje
A látható kibocsátásokat korlátozó és a munkahelyi levegő minőségét szabályozó rendeletek.

Példaüzemek
- Römheld & Moelle-Mainz (Németország)
- Fuchosa-Atxondo (Spanyolország)

Irodalmi hivatkozások
[161, UK Environment Agency, 2002], [110 Vito et al. 2001]

4.5.8. Forma és magkészítés

4.5.8.1. A por felfogása a nyershomok előkészítésnél (homokmű), és az elszívott levegő portalanítása

Leírás
A nyershomok-előkészítésnek csak kevés lépése okoz jelentékeny porképződést, nevezetesen a vibrációs szitálás, valamint a portalanító és hűtő folyamatok. Ezek a lépések porfelfogással és -kezeléssel ellátottak. Az egységek zártak és központosított portalanító egységhez kapcsolódnak. A porleválasztó rendszer elrendezésénél figyelembe kell venni az elszívott levegő harmatpontját és a por típusát.

A nyershomok-előkészítésből elszívott levegő vízzel telített. Ezért a nedves leválasztók (gyakran a kisnyomású típusok) látszanak legalkalmasabbnak az elszívott levegő felfogására. Mindazonáltal a nedves leválasztó helyett széles körben száraz porleválasztást használnak. Az utóbbinak az az előnye, hogy a por egy része visszaforgatható és nem keletkezik szennyvíz. A nedves rendszerek ezen kívül hajlamosak a belső korrózióra és a por, valamint az oxidációs termékek felgyülemlésére. Az elszívott levegő szennyezőinek nedves leválasztása problémákat eredményezhet a szennyvíztisztításban. A por bentonitot tartalmaz, mely nehézzé teszi az eltávolítást annak ülepedést gátló hatása következtében. [225, TWG 2003].

Amikor szövetszűrőket alkalmazunk, a kondenzációs problémákat meg kell előzni. A kondenzálás a por lerakódását, a szűrő eltömődését és elszakadását okozhatja. A hűtővíz hozzáadását a homokhoz szabályozott módon kell végezni a gőzképződés minimalizálása érdekében. A légáram harmatpontját növelni lehet gázégőkkel való fűtéssel.
Egyik előny az, hogy az összegyűjtött por száraz és könnyen szállítható. A méret szerinti szétválasztás után a durva frakció, és a finom frakció egy része visszaforgatható a homokkeveréshez.

Elért környezeti előnyök
A por levegőbe való kibocsátásának csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A nedves leválasztók használata során szennyvíz keletkezik, amelyet kezelni kell. Iszapfrakció is keletkezik, mely szintén kezelendő. Bizonyos rendszerek szennyvíz keletkezése nélkül dolgoznak. Az iszapot besűrítik, és ha elegendő mennyiségű bentonitot tartalmaz, visszaforgatják a formázóhomok ciklusba.

Üzemeltetési adatok
Szövetszűrő használatával 10 mg por/Nm^3 koncentráció a távozó levegőben biztosan elérhető. Nedves mosóknál a hatásfok valamivel kisebb; 50-100 mg por/Nm^3, habár ennél kisebb értékeket is jelentettek (ld. a 4.47. táblázatot).

Berendezés	**Elszívott gázáram m^3/h**	**Csökkentési technika**	**Kibocsátás mg/m^3**
Homok-előkészítés 160 t/h	64 000	Venturi	4
Homok-előkészítés 11 t/h	48 080	nedves mosó	7
Homok-előkészítés	57 400	zsákos szűrő	6
Ürítő-rács egység	51 070	nedves mosó	7
Ürítő-rács egység	50 000	zsákos szűrő	2
Köszörülés	54 000	zsákos szűrő	5
Szemcseszórás	17 000	zsákos szűrő	4

4.47. táblázat Porkibocsátási értékek formázó és öntés utáni műhelyekből
[29, Batz, 1986]

Alkalmazhatóság
Ez a technika új és meglévő nyershomok-előkészítő üzemekhez alkalmazható.

A bevezetés hajtóereje.
A porkibocsátást szabályozó jogszabályok.

Példaüzemek
Általánosan alkalmazzák Európában.

Irodalmi hivatkozások
[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [110, Vito . 2001], [225, TWG, 2003]

4.5.8.2. Porfelfogás és porleválasztás a nyersformázó műhely munkateréből

4.5.8.3. Az elszívott levegő felfogása a magkészítésnél — Általános megfontolások

A használt kötőanyag és katalizátor típusa határozza meg a képződő kibocsátás típusát. A vegyi kötőanyagokat használó magkészítő területről elszívott gáz főként szerves oldószerek keverékéből áll. A fenol-, formaldehid-, ammónia- stb. -kibocsátások sokkal kisebbek, és a kötőanyag típusától függenek. A keverés, maglövés és szárítás beburkolható különböző mértékben, a keletkező kibocsátások függvényében. Különböző, kötőanyag-specifikus technikák alkalmazhatók, és ezeket a következő szakaszokban tárgyaljuk. Illékony szerves vegyület-kibocsátás képződik minden vegyi kötésű homoktípusnál, a vízüveges homokok kivételével. Az önkötő és hidegen kötő kötőanyagoknál a kibocsátás keverés közben kicsi, a kis gyantafelhasználásnak (1-2%) megfelelően. A kikeményedés, bevonás és szárítás közbeni kibocsátást felfogás és kezelés szempontjából számításba kell venni.
A vegyileg kötött homok regenerálása közben porképződés lép fel az ürítő dobban. A homokhűtés és pormentesítés rendszerint száraz egységben történik, mivel itt nincs probléma a víz kondenzációjával. A por visszaforgatása lehetséges. [110, Vito, 2001]

4.5.8.4. Cold-box: az amin-gőzök felfogása és az elszívott levegő kezelése

Leírás
A cold-box magok elgázosítása olyan távozó gázokat eredményez, melyeket tisztítani kell a légkörbe való kibocsátás előtt. A munkahelyi légtér védelme érdekében a maglövő gépek burkoltak, és a magokat levegővel öblítik a gázmaradványok eltávolítása érdekében, mielőtt a gépet kinyitnák, hogy eltávolítsák a frissen készített magokat.

A frissen készült magok ellenőrzése, kezelése és raktározása területén az elszívott levegőt felfogó rendszereket lehet felszerelni a jó munkakörülmények biztosítására. Ehhez burkolatokat, vagy elszívási rendszereket telepítenek, pl. az ellenőrző asztalnál, a kezelőterület és a tárolási terület (a kész magokat tartalmazó tálcák várakozási területe) felett.

Az elszívott amin-gőz kezelést igényel a bűz okozta kellemetlenségek megelőzésére. A következő módszerek egyike használható:

- adszorpció aktív szénen: ez a módszer nagyon hatásos, de az üzemeltetési költségek magasak, ezért csak ott ajánlott, ahol az elszívott térfogat kicsi;
- elégetés: ehhez az eljáráshoz, hogy hatásos legyen, az utánégető kamrát helyesen kell tervezni a legalább 800˚C hőmérséklet biztosításához, legalább 2 másodperc tartózkodási idővel. Az energiafelhasználás nagy, az eljárás ezért drága. Kupolókemencével olvasztó öntödékben az elszívott gáz betáplálható a kupolóba elégetésre.
- vegyi mosás: az aminok erős bázisok, és reagálnak a kén- vagy foszforsavval. Az oldat pH-értékét rendesen három alá szabályozzák be. Következésképpen a mosóoldatot időről időre kicserélik a koncentrálódott sók eltávolítására, amit

veszélyes hulladékként kell ártalmatlanítani. Műszakilag lehetséges a mosóoldat feldolgozása az aminok újra-felhasználásához való visszanyerésére. Ezt tárgyaljuk a 4.6.5. szakaszban.

- biofilter: ld. a 4.5.8.6. szakaszt.

Télen szükséges lehet az elszívott levegő fűtése a csővezetékben az amin-kondenzáció megakadályozása érdekében. Ez megtehető a kompresszorok vagy más közeli készülékek hulladékhőjének felhasználásával.

Elért környezeti előnyök
Az amin-kibocsátás és a kapcsolódó bűzterhelés csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Amikor savas mosót használnak, az aminok átmennek a mosóoldatba, mely akkor további kezelést igényel. Azonban lehetséges az aminok visszanyerése az oldatból. Ezt a 4.6.5. szakasz tárgyalja.

Üzemeltetési adatok
Bármi legyen a használt kezelési módszer, az amin-kibocsátás 5 mg/Nm^3-nél alacsonyabb értéken tartható.

Egy savas mosást használó cold-box magkészítő műhely kibocsátási adatai láthatók a 4.48. táblázatban. A mosó 75%-os foszforsav-oldatot használ. Rendes üzemben 15 kg amint kezelnek naponta a mosóoldaton keresztül. Az oldatot telítik, és egy tartályban tárolják külső kezelésre vagy ártalmatlanításra. A berendezés 35,5 kW energiával dolgozik 2 000 h/év ideig.

Vegyület	**Kibocsátás mg/m^3**
Por	0,42
Amin	2,4
Fenol	0,53
Oxigén	2,1%
Elszívott gáz térfogat	25 100 m^3/h

4.48. táblázat Savas mosót használó cold-box magkészítő műhely kibocsátási adatai
[29, Batz, 1986]

Alkalmazhatóság
A technika minden meglévő és új cold-box magkészítő műhelyre alkalmazható.

Gazdasági kérdések
A berendezés üzemeltetési költségei, melyeket a „működési adatok” szakaszban említettünk, 6,3 EUR/t jó öntvényt tesznek ki.

Egy nedves mosót használó példaüzem beruházási költségeit a 4.49. táblázat tartalmazza.

Tulajdonság	**Érték**
Elszívott légáram	30 000 m^3/h
A nyersgáz amin-koncentrációja	150 mg amin/Nm^3
A tisztított gáz amin-koncentrációja	<1 mg amin/Nm^3
Energiaellátás	45 kW
Beruházási költség	187 000 EUR

4.49. táblázat Egy cold-box magkészítő műhely amin-mosójának beruházási költsége, és elszívott gázainak specifikációja, 2003. évi portugál adatok szerint

A bevezetés hajtóereje
A munkások egészségének biztosítása és a bűzkibocsátások megakadályozása.

Példaüzemek
A technika általánosan használt cold-box kötőanyagot használó öntödékben.

Irodalmi hivatkozások
[29, Batz, 1986], [32, CAEF, 1997], [15, Gwiasda, 1984]

4.5.8.5. A VOC-ok felfogása és eltávolítása

Leírás
A VOC-kibocsátások (főleg BTEX, fenol, formaldehid, stb.) kémiailag kötött homok előkészítéséből és a további folyamatokból, öntésből, hűtésből és ürítésből erednek (ld. a 3.35. és 3.45. táblázatot). Ezek a vegyületek ártalmasak és bűzösek.
A VOC-ok csökkentését akadályozza az a tény, hogy a használt összegyűjtő rendszerek (pl. ernyős burkolatok) sok környezeti levegőt visznek magukkal.

A következő technikák alkalmazhatók a VOC-ok eltávolítására:
- adszorpció aktív szénen,
- utánégetés,
- biofilter.

Az aktív szénen való adszorpcióhoz az elszívott levegő szénágyon áramlik át. Telítés után aktív szenet termikusan regenerálják. Az aktív szénnek nagyon nagy adszorpciós (és szennyezés-csökkentési) hatásfoka van. Benzolra a hatékonyság >99%. Mindazonáltal következő hátrányai vannak:
- a nagy füstgáz-térfogatok miatt nagy mennyiségű aktív szénre van szükség,
- a port és aeroszolokat az adszorpció előtt ki kell szűrni a távozó gázokból. Mivel a nagyon finom porrészecskék hajlamosak a tapadásra, a szűrés csak nedves portalanító technikák használatával lehetséges és így szennyvíz keletkezéséhez vezet.

A VOC-ok csökkentésére utánégetéssel a távozó gázokból meghatározott minimális koncentrációk szükségesek. Ezek a határértékek vegyület-specifikusak és a választott technikától függőek. Utánépítés lehetséges a héjformázás távozó gázai esetében. Általában az öntőüzemből elszívott gáznak nincs elég nagy VOC-tartalma az utánégetés alkalmazásához. Alternatív utánégetés a magfúvóktól elszívott levegő elégető levegőként való felhasználása a kupolóban.

A biofilterek használatát a 4.5.8.6. szakasz tárgyalja részletesen.

Elért környezeti előnyök
A levegőbe kibocsátott VOC-ok mennyiségének csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A távozó gázáram felfogása, mely nagy térfogatú környezeti levegő elszívását is jelentheti, energiát fogyaszt.

A bevezetés hajtóereje
A VOC-kibocsátásokra vonatkozó előírások.

Irodalmi hivatkozások
[20, Gapp, 2001]

4.5.8.6. Az elszívott gáz tisztítása biofilter használatával

Leírás
A biofilter a rost-tőzeg (szálas-tőzeg) szűrőágyban élő mikrobák azon képességére alapoz, hogy a rossz szagú gázokat oxidálják, átalakítva azokat szagtalan vegyületekké. A tisztítandó gázt nedves szűrőágyon ventillátorral fúvatják át, és a gázok szagtalanul lépnek ki a felső oldalról. A szagos vegyületek adszorbeálódnak a víz fázisban, és a szűrőanyagban élő mikroorganizmusok lebontják. A szűrő jó működése a tápanyag- (megsemmisítő/lebontó vegyületek) ellátás és a mikroorganizmusok közötti egyensúlytól függ.
Az öntödékben a biofiltereket a cold-box magkészítő műhely távozó gázaiban levő aminok és az öntőműhely elszívott gázainak VOC- (pl. benzol) tartalmának eltávolítására alkalmazzák.

A biofilterek működésének kritikus paraméterei a következők:
- a szűrőréteg gázáteresztő-képessége: a gázoknak át kell áramolniuk az ágyon, a szűrőágy anyagával jól érintkezve. A finom anyagrészek túlzott mennyisége a szűrőágyban eltömődést, nyomásnövekedést és az ágy anyagának kifúvását okozhatja;
- a szűrőközeg nedvesítése: vízpermetező berendezést kell felszerelni az ágy anyagának folyamatos vagy időszakonkénti rendszeres nedvesítésére;
- az elszívott gáz kondicionálása: az elszívott gázokat nedvesíteni kell, mielőtt belépnének a szűrőbe. Az optimális működéshez állandó hőmérsékletet (30˚C) kell fenntartani. Ez az elszívott gáz előmelegítését igényelheti.
- megfelelő vízkezelés: a biofilterben maradék víz képződik, mely fenolt és krezolt tartalmaz. Ezt szennyvízkezelő berendezésben kezelik kibocsátás vagy visszaöntözés előtt. A visszaforgatás sóeltávolítást is igényel.

A biofilter technika bevezetése egy német öntödében hosszú optimalizálási időszakot igényelt, míg képes volt kielégítően működni. A következő jellemzők tűnnek fontosnak:
- a biofilter ágy lezárása fedéllel a CO- és kondenzációs problémák megelőzésére. A szűrt levegőt egy központi kéményen át vezetik el;
- a vízminőség gondos ellenőrzése (pl. sótartalom), különösképpen, amikor a szennyvíz keletkezésével nem járó rendszert alkalmazunk;
- tápsók adása az öntözővízhez, az ágy aktivitásának fenntartására;
- az ágyanyag pH-értékének szabályozása és égetett mész hozzáadása a semleges érték fenntartásához.

Elért környezeti előnyök
Az amin- és VOC-kibocsátások csökkentése a magkészítő és öntőműhelyből. A benzol és egyéb VOC-ok leválasztása a biofilterekben történik, de a megoldás nem tekinthető megbízhatónak. A hatékonyság jelentősen változik a tényezők széles skálájától függően, mint pl. az időjárási viszonyok, az alapanyagok kora stb. A biofilterek használata önmagában ezért nem alkalmas a VOC-ok csökkentésére. A fő céljuk a szagok csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A biofilterben szennyvíz keletkezik. Ez visszaforgatható kezelés után. A kezelésből származó iszappogácsa elhelyezéséről gondoskodni kell.
A gáz szűrőn keresztül hajtása energiafogyasztással jár.
A N_2O-kibocsátás (üvegház-hatású gáz), problémát okozhat.

Üzemeltetési adatok
Finnország adott kísérleti jellegű adatokat az amin-eltávolításra. A biofilter egység (átmérő 0,8 m, magasság 1 m) a magkészítő műhely távozó gáz vezetékében került felszerelésre, egy savas mosó után. A berendezés ventillátorból és egy permetező egységből áll, mellyel a biofilter nyirkosságát az optimumra szabályozza. A szageltávolítást olfaktométer használatával mérték. A bűz és teljes szénhidrogén terén elért eredmények a 4.50. táblázatban találhatók. A betáplálás elemzésének variációi a folyamat variációk következményei. Az eredmények azt mutatják, hogy a szűrés jelentékeny bűz- és szénhidrogén-csökkenést eredményezett.

Vegyület	Egység	Biofilter előtt	Biofilter után
Bűz	OU/m^3	410-3000	150-310
Összes szénhidrogén	mgC/m^3	20-35	5-10
OU = szagegység (Odour unit)			

4.50. táblázat Cold-box magkészítés távozó gázain alkalmazott biofilter üzemi adatai
[112, Salminen és Salmi, 1999]

Németország szolgáltatott ipari méretű VOC-csökkentési adatokat. A biofilter egységet (300 m^2 felületű, 1 m magas, 5 derékszögű ágyban, 32 330 Nm^3/h szárazgáz teljes átáramlással) a nyersformázású vasöntöde öntési és hűtési elszívott gázainak kezelésére létesítették. Az öntöde héj- és cold-box magokat használ. A kibocsátási adatok a 4.51. táblázatban találhatók. Az olfaktometrikus mérések biofilter használatánál a bűz-kibocsátás 94,5%-os csökkenését mutatták.

Paraméter	Egység	Biofilter előtt	Biofilter után	Csökkenés %
O_2	%	20,4		
CO_2	%	0,17		
NO_x	mg/m^3	3,65		
CO	mg/m^3	382	299	21,7
Benzol	mg/m^3	15,80	1,44	90,9
Toluol	mg/m^3	9,37	0,92	90,1
Etil-benzol	mg/m^3	3,00	0,46	84,7
Xilol	mg/m^3	4,90	1,54	68,6
Formaldehid	mg/m^3	0,37	0,01	68,6
Por	mg/m^3	13,63	2,03	85,1
Ammónia	mg/m^3	8,97	0,16	98,2
Fenol	mg/m^3	4,67	0,02	99,6
Krezol	mg/m^3	3,73	0,02	99,5
PCDD/F	mg/m^3	0,0056	0,041	26,8
Benz(a)pirén	mg/m^3	0,0001	0,0003	70,0

4.51. táblázat Nyershomok-formázás öntő- és hűtősora elszívó rendszerében használt biofilter-szűrés utáni kibocsátási adatai
[20, Gapp, 1998]

Alkalmazhatóság
Ez a technika új és meglévő nyersformázású öntödékhez, és cold-box magkészítő műhelyekhez alkalmazható. Az alkalmazhatóság három műszakos, nagysorozatokat gyártó

öntödékre korlátozódik, mert a biofilterek nagyon állandó feltételeket igényelnek, egész éven keresztül. Meg kell jegyezni, hogy minden ismert esetben nagy egyedi erőfeszítésekre volt szükség a kutatás és fejlesztés területén az elfogadható működés eléréséhez.

Gazdasági kérdések
Egy biofilter egység (300 m^2 felületű, 1 m magas, 5 derékszögű ágyban, 32 330 Nm^3/h szárazgáz átbocsátással) beruházási költségei, beleértve a szennyvíz nélküli üzemelést lehetővé tévő vízkezelő egységet, 3 272 000 EUR-ra becsülhetők. Ez 235 200 EUR-t jelent a szűrőre és környező berendezéseire és 920 000 EUR-t az elszívás felfogására és a csővezetékre. A tervezett 40 000 Nm^3/h terheléssel az üzemeltetési költségek évi 170 000 EUR-ra becsülhetők. (A költségek 1998. évi DEM-re vannak alapozva.)

Ezek a becsült üzemeltetési költségek sokkal nagyobbak, mint a biofilterek általában közölt beruházási és üzemeltetési költségei. Egy 1998-as cikkben egy17 000 Nm^3/h gázmennyiséget kezelő, nyitott ágyas biofilter beruházási költségét 70 000-100 000 USD-re, éves üzemeltetési költségét 15 000-25 000 USD-re becsülték.

A bevezetés hajtóereje
A VOC-kibocsátásokra vonatkozó rendeletek és az öntöde közvetlen környezetét zavaró hatásainak csökkentése.

Példaüzemek
Halberg Guss, Saarbrücken-Brebach (Németország)

Irodalmi hivatkozások
[20, Gapp, 1998], [112, Salminen és Salmi, 1999], [202, TWG, 2002], [208, Devinny, 1998]

4.5.8.7. Állandó formákban (kokillában) történő öntés: a leválasztó anyag kibocsátásainak felfogása

Leírás
A nagynyomású öntés kokilláinak víz alapú leválasztó anyaggal való beszórása kis koncentrációjú bomlástermékeket tartalmazó ködöt képez. A ködöt elszívó burkolat és elektrosztatikus porleválasztó használatával fogják fel.

Elért környezeti előnyök
A szerves vegyületeket tartalmazó leválasztó anyagok kibocsátásának csökkentése. A diffúz kibocsátások megakadályozása.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A köd felfogása és összegyűjtése energiafelhasználással jár.

Üzemeltetési adatok
Egy példaüzem üzemeltetési adatai találhatók a 4.52. táblázatban. Az adatok vízzel elegyedő leválasztó anyagra (oldási arány: 1:40) vonatkoznak, mely szintetikus polimer és polisziloxán alapú. Minden egyes nyomásos öntőgép egy-egy külön elszívó burkolattal és elektrosztatikus leválasztóval ellátott. A forró és tisztított levegőt visszavezetik a csarnokba (hővisszanyerés).

Vegyület	Félóránként mért értékek (mg/Nm^3)	Tömegáram (g/h)
Por	1,5-4,3	5,5
Szerves anyagok (az értékek összes C-ban, mg/m^3)	4-6	9

4.52. táblázat Elektrosztatikus leválasztóval tisztított nyomásos öntőgépből távozó gáz kibocsátási adatai
[202, TWG, 2002]

Alkalmazhatóság.
Ez a technika meglevő berendezésekre használható. Csővégi megoldás, melyet olyan esetekben alkalmaznak, amikor a köd megelőzése vagy minimalizálása nem sikerül. A megelőzési technikákat a 4.3.5.1. szakasz tárgyalja.

A bevezetés hajtóereje
A diffúz kibocsátás minimalizálása és az olajköd kibocsátást szabályozó rendeletek (pl. Svédországban.)

Példaüzemek
Példaüzem: TCG Unitech, Kirchdorf/Krems (Ausztria)

Általános gyakorlat öregebb nyomásos öntőgépeknél (Németország, Franciaország, Belgium) és minden nyomásos öntőgépnél Olaszországban.

Irodalmi hivatkozások.
[202, TWG, 2002], [225, TWG, 2003]

4.5.9. Öntés/hűtés/ürítés

4.5.9.1. Bevezetés

Az öntés, hűtés és ürítés közben keletkező kibocsátások különbözőek, és minőségben és mennyiségben erősen eltérőek az egyes öntödékben. Alapvetően por, valamint szervetlen és szerves vegyületek képződnek. Ezek főleg a nagy hőmérséklet, és az öntés és hűtés közbeni redukáló atmoszféra következtében végbemenő reakciók termékei. Az öntési gázok összetétele bonyolult. Főleg CO-ból, CO_2-ből, H_2-ból és metánból, mint a szerves bomlástermékek fő képviselőiből állnak. Policiklikus aromás szénhidrogének és benzol keletkeznek a formázási és magkészítési rendszer függvényében.

Ezen folyamatlépések távozó gázainak felfogása és kezelése általában lehetséges az automatizált formázó és öntő berendezéseknél. [29, Batz, 1986]

A fajlagos kibocsátások (kg/t olvasztott fém) az öntés-hűtés-ürítés gyakoriságával nőnek. A gázok elszívásakor figyelembe kell venni ezeket a változásokat.

4.5.9.2. A formázó és öntősorok burkolása

Leírás
Az öntés, hűtés és ürítés közbeni kibocsátások összegyűjtése törvényszerűen intenzívebb az üzem növekedésével.

Minél jobban rögzített területre vagy helyzetre korlátozható az öntési folyamat, annál kisebb lesz az elszívott levegő mennyisége, és könnyebb a kibocsátások felfogása ventillátorokkal és burkolatokkal, és ezért a levegő kezelése hatékonyabban kivitelezhető.

Sorozatöntésnél a kibocsátások a növekvő termelési kapacitással erősebbekké válnak. Elszívás nélkül az öntőüzemben bizonyos ponton a levegő káros anyag-tartalma eléri a káros anyagok elfogadhatatlan koncentrációját. A szennyezés csökkentésére a munkaterületen ventillátorokat és elszívó felületeket helyeznek el a formákhoz lehető legközelebb, az öntési folyamat akadályozása nélkül. Az elszívó elemek úgy vannak elrendezve, hogy minden, az öntés közben keletkező kibocsátást elvezessenek a munkaterületről az elszívó berendezéshez. A légsebesség a szabad elszívó keresztmetszetnél 0,5 és 0,7 m/s között tartandó.

Elért környezeti előnyök
A CO és a szerves bomlástermékek diffúz kibocsátásainak csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A levegő elszívása energiafelhasználással jár.

Alkalmazhatóság
Ez a technika sorozatöntést és hűtést használó új és meglevő berendezésekre vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A diffúz kibocsátások csökkentése. A kibocsátások összegyűjtése kezelhetőségük érdekében.

Példaüzemek
A technikát elterjedten alkalmazzák a nagy sorozatokat gyártó öntödékben.

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997]

4.5.9.3. Az elszívott levegő felfogása és kezelése az ürítésnél

Leírás
Az ürítésénél fellépő kibocsátás felfogásának technikája a gépesítés fokától, az elszívandó kibocsátásoktól és az öntvények mérettartományától függ, különösképpen ugyanazon gépen öntött legkisebb és legnagyobb tétel méretétől.

A kibocsátások csökkentésének legelterjedtebb módszere a kirázó oldalon elhelyezett ventillátorfal. Ezek az elszívó falak rendszerint a kirázó mindkét oldalán vannak elhelyezve, tekintet nélkül a kirázó méretére. Ha lehetséges, a kirázó-rács hátsó oldala is körül van zárva ezen a módon. Az elszívási pont gyakran a kirázó alatt van, a homokbunkerben, egy kinyúló

csövön keresztül üzemelve. Ez a homok elszívásának kockázatával jár, ha a bunker a kinyúló csőig tele van homokkal. Még gyakrabban előfordul, hogy a cső belépő nyílását homokrögök vagy odatapadt gőz és por tömik el.

Jó kibocsátási szintek elérésének legjobb útja viszonylag kis szellőztetési mértékkel az, amikor az ürítést körülzárt egységekben végzik. Tetőnyílások, lehetőség szerint mozgó ernyővel, ajtók és bejárati/kimeneti surrantókkal lehetővé teszik a daru vagy más szállítóeszköz használatát. A zárt kabinok ráadásul a zajszintet is csökkentik.

Automatikus formázóüzemekben, az öntvény-forma csomagot gyakran formaszekrényből sajtolják ki hidraulikus kinyomó-tüskével felszerelt nyomólappal. Ezután az öntvényt rázórácson elválasztják a homoktól és onnan egy forgó ürítő-dobba, csőbe vagy homokhűtőbe kerül. Elszívó dobok vagy cső-dobok, melyeket egyre növekvő mértékben használják újabban, sokkal alkalmasabbak az kibocsátások összegyűjtésére, mint a szokásos kirázók, de hátrányuk a lehetséges bűz-kibocsátás.

Az elszívott levegőmennyiséget nemcsak a munkahelyi megkívánt határértékek határozzák meg, hanem a működési követelmények is. Nagy levegőtérfogat lehet kívánatos hűtési célra, vagy a zsákos szűrő védelme érdekében. Ezt kell szembeállítani egyén szennyezés-csökkentő technikák igényeivel, melyek hatékony üzemeléshez erősen szennyezett levegő kell, kis térfogatárammal.

A portalanításhoz megfelelő technikák a ciklonok, nedves mosókkal vagy száraz szűrőkkel kombinálva. Biofilterek is használatosak, melyeket a 4.5.8.6. szakasz tárgyal.

A kokillaöntéshez és pörgetett öntéshez utánégetést, vegyi mosást és aktív szenes adszorpciót használnak a szerves anyag- és bűz-kibocsátás csökkentése érdekében. Ezen rendszerek leírását ld. feljebb.

Elért környezeti előnyök
A VOC- és porkibocsátás csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A porgyűjtés kezelendő maradványt hoz létre.

Üzemeltetési adatok
Szabadon álló kirázó részeknek 2 m szélességig minden kirázó m^2 felületre 7 000-9 000 Nm^3/h van biztosítva egyoldalú szellőztető ernyő esetén. Kétoldalú elszívó ernyő esetén 5 000 Nm^3/h teljesítményt szerelnek be m^2-ként.

Ha az elszívási pont az ürítőrács alatt a homokbunkerban van, az elszívott levegőt 700 Nm^3/h -ra tervezik az ürítőrács m^2-ként.

Egy lengyel, nagyméretű acélöntvényeket gyártó példaöntödében egy eltávolítható körülburkolás („kutyaház”) típusú burkolatot készítettek a kirázó-rács fölé. A „kutyaház” két oldalirányban mozgó ajtóval rendelkezik, mely hidraulikusan nyílik és zárul, ahogy azt a 4.17. ábra mutatja. A burkolat csökkenti a por- és zajkibocsátást az öntödei csarnokban. Az elszívott levegőt porleválasztó használatával tisztítják. A kirázó-rács zajszintje 100 dBA-ról 85 dBa-nál kisebb értékre csökkent.

4.17. ábra Az ürítőrács „kutyaház” burkolása nagyméretű egyedi öntvényekhez
[209, Metalodlew s.a., 2003]

Alkalmazhatóság
Az olyan üzemekben, ahol agyagkötésű homokformákat ürítenek, jelentékeny a gőz-kibocsátás. A por és gőz kombináció nagy dugulásokhoz vezethet a csővezetékben, ha a hőmérséklet harmatpont alá, vagy rosszabb esetben fagypont alá csökken. Ezen probléma legyőzésére forró levegőt kell bevezetni a csővezetékekbe, a csövezést és szűrőburkolatot pedig szigetelni kell, vagy (pormentes) vizet kell permetezni a szellőztető csövezésbe az eldugulások megakadályozására.

Gazdasági kérdések
A fentebb említett lengyel példaöntödében a beruházási költség 220 000 EUR-t tett ki, beleértve néhány kiegészítő berendezést.

A bevezetés hajtóereje
A VOC- és porkibocsátást korlátozó rendeletek.

Példaüzemek
Metalodlew s.a., Krakkó (Lengyelország)

Irodalmi hivatkozások
[16, Gerber és Gwiasda, 1981], [32, CAEF, 1997], [209, Metalodlew s.a., 2003]

4.5.9.4. A távozó gáz tisztítása biofilter használatával

Leírás
A biofiltereket VOC- és benzol-kibocsátások kezelésére használják, ezért az öntésből, hűtésből és ürítésből származó gázok kezelésére alkalmazzák. A technika teljes leírása és tárgyalása a 4.5.8.6. szakaszban található.

Példaüzemek
Számos példaüzem Németországban.

Irodalmi hivatkozás
[225, TWG,2003]

4.5.10. Öntvénytisztítás, kikészítés/öntés utáni műveletek

4.5.10.1. Az öntvénytisztítás és kikészítés távozó gázainak felfogása

Leírás
Jelentékeny mennyiségű füstöt kell felfogni és elszívni, amikor termikus leválasztási technikákat alkalmazunk. A munkateret a lehető legjobban körül lehet zárni, de a mozgás szabadságát és a munkások belélegezendő levegőjének ellátását biztosítani kell. A vágótárcsás vágás és csiszolás közbeni porgyűjtő technikák különböznek a rögzített és a kézi gépeknél. Rögzített gépeknél merev burkolatok szokásosak, esetleg a tisztítótér részleges körülburkolásával kiegészítve.

A helyhez kötött csiszológépeknél a csiszolatpor jól irányított elszívó csőbe kerül. Az abráziós vágótárcsákkal történő levágó állomásoknál célszerű a kibocsátást elszívni is a kabinból a munkás egészsége és biztonsága érdekében. A kézi gépek kibocsátását esetenként a szilánkvédő burkolatokon keresztül szívják el. Ez hatásos, de népszerűtlen módszer, mert növeli a gép tömegét és rontja a kezelhetőségét. A kézi csiszoló és vágó gépeket általában kabinokban (vagyis részleges körülburkolásban) használják.

A por összegyűjtése elszívó falakon, tetőboltozatokon, mozgatható burkolatokon vagy elszívó munkapadokon keresztül történik. Hatásos segítséget képeznek a kibocsátások felfogásához a meleg légfüggönyök, melyek további levegőt vezetnek a kabinokba. A további levegő lehet tisztított, visszaforgatott, elszívott levegő, a fűtőenergiával való takarékoskodás érdekében. Meg kell azonban jegyezni, hogy a friss levegő egy részét mindig kívülről kell biztosítani.

Fűrészelésnél, egyengetésnél, sajtolásnál, vésésnél (faragásnál), sorjátlanításnál és marásnál por vagy szennyező anyag felfogásra a legtöbb esetben nincs szükség. Néha ernyőket használnak a kezelő durva részecskék elleni védelmére. A hegesztés lehet adalék anyagokkal történő és adalék anyagok nélküli. Elszívást igénylő munkavédelmi előírások léteznek a legtöbb folyamatra.

Elért környezeti előnyök
A fémes részecskék és por diffúz kibocsátásainak csökkenése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A porral terhelt levegő elszívása és felfogása energiafelhasználással jár.

Üzemeltetési adatok
Üzemeltetési adatok a 3. fejezetben találhatók, melyek azt mutatják, hogy a vágásból, lángvágásból és hegesztésből származó kibocsátás (gáztisztítás nélkül) viszonylag kisebb a tisztításhoz és szemcseszóráshoz képest.

Alkalmazhatóság
Ahogy a 4.53. táblázat mutatja, néhány kikészítési technika nem képez port, és következésképpen nem teszi szükségessé a levegő elszívását és felfogását.

	Tető szellőz-tetés	Boltozat alakú tető	Merev burkolat	Beállítható burkolat	Körül-burkolás
Abrazív tárcsás vágás			X	X	X
Lángvágás	X	X	X	X	X
Vésés, faragás	Elszívás és felfogás csak ritkán szükséges				
Tisztítás		X	X	X	X
Marás	Nincs szükség elszívásra				
Egyengetés, sajtolás	Nincs szükség elszívásra				
Fűrészelés	Nincs szükség elszívásra				
Koptatás	X	X	X	X	X
Szemcseszórás					X
Sorjátlanítás	Nincs szükség elszívásra				
Hegesztés	X		X	X	X

4.53. táblázat A porleválasztási technikák alkalmazhatósága a különböző kikészítési technikákhoz
[32, CAEF, 1997], [225, TWG, 2003]

A bevezetés hajtóereje
A porkibocsátást korlátozó és foglalkozás-egészségügyi rendeletek.

Példaüzemek
A technikát alkalmazza az európai öntödék túlnyomó többsége.

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997]

4.5.10.2. Az elszívott levegő tisztításának technikái

Leírás
- Lefúvás: A lefúvás sok port képez. A levegő elszívása és felfogása nem problematikus, a lefúvási folyamat teljes körülzártságának köszönhetően a zárt kabinban. A szokásos levegőtisztítási eljárások a nedves mosás és a száraz szűrés, előszűrőként rendszerint ciklonnal.
- Nedves koptatás, dobolás: Egyik eljárás sem igényel kibocsátás-csökkentő intézkedést rendes körülmények között. A gyors mozgású dobokban képződő aeroszolok elhanyagolhatók.
- Lángvágás: Minden termikus leválasztási folyamat kibocsátással jár. Az elszívott gáz felfogását a munkahely körülzárásával és a képződött füst erőteljes elszívásával érjük el. Fontos a felfogó elemek kibocsátás forrásához lehető legközelebbi, de a műveletek akadályozása nélküli elhelyezése. Bizonyos esetekben kedvezőnek bizonyult mozgatható kar kombinálása a közvetlen elszíváshoz, kiegészítő kabin-megszívással. Az elszívó elemek gondos elrendezésével a poros levegő elvezethető a munkás lélegzési teréből. Az elszívott levegő szokványos szennyezés-mentesítési eljárásai a nedves mosás és a száraz szűrés. Meg kell jegyezni, hogy a rendszer a kibocsátott füst kisebb szemcsenagyságaihoz van beállítva. Tehetetlenségi erővel működő leválasztókat használnak elő-leválasztóként.
- Abráziós tárcsás vágás: A helyhez kötött vágóberendezések elszívással vannak ellátva. Az elszívott levegő szokásos szennyezés-mentesítési berendezései a ciklon, nedves mosó és száraz szűrő.

- Fűrészelés, egyengetés, sajtolás: Ezek a kikészítő műveletek kevés kibocsátást okoznak, és rendes körülmények között nem igényelnek kibocsátás-csökkentő intézkedéseket.
- Vésés, faragás: Ezekben a folyamatokban főként durva részecskék keletkeznek, melyeket nehéz elszívással eltávolítani. A munkát főként kabinokban végzik, biztonsági okokból. Különleges esetekben, pl. ráégett homok eltávolításánál, a keletkezett port elszívó karokkal el lehet szívni. Az elszívott levegőből a szennyeződést ciklonnal, nedves mosással és száraz szűréssel távolítják el.
- Csiszolás, köszörülés: A kibocsátás felfogása helyhez kötött gépeken történő csiszolásnál hasonlóképpen történik, mint a tárcsás vágásnál, vagyis rögzített csővezetékekkel, melyekbe az elszívott levegőt vezetik. Körülzárt munkahelyet alkalmaznak a kézi köszörüléshez és a tárcsás vágáshoz. Elszívó falak alkalmazhatók a burkolatban. A levegő szennyező anyag-mentesítésének berendezései a ciklon, nedves mosó és a száraz szűrő.
- Sorjátlanítás, marás: Ezek a kezelési eljárások kevés kibocsátással járnak, és rendes körülmények között nem igényelnek csökkentő intézkedéseket.
- Hegesztés. Több-kevesebb kibocsátás keletkezik a kiválasztott hegesztési módszer függvényében, melyet rendszerint elszívó karokkal fognak fel. Az elszívott levegő tisztítására nedves mosást, és száraz szűrést, esetenként elektrosztatikus leválasztást használnak.

Elért környezeti előnyök
A porkibocsátás csökkenése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A poros levegő elszívása és tisztítása energiafelhasználással jár.

Üzemeltetési adatok
A nedves mosókat és szövetszűrőket sikeresen vezették be és használják sok éve. Öntvénytisztító kabinok nagyhatású porleválasztó egységekkel kürtő nélkül üzemeltethetők, mert kibocsátásuk tisztább, mint a tisztító műhely szokásos levegője. Ezek segítenek a munkahelyi körülmények javításában is.

Üzemeltetési adatok a 3. fejezetben találhatók, és azt mutatják, hogy a vágás, darabolás és hegesztés (elszívott levegő tisztítása nélkül) kibocsátási tényezője kisebb, mint az öntvénytisztításé és szemcseszórásé.

Szövetszűrős berendezés használatával 10 mg por/Nm^3-nél alacsonyabb kibocsátást lehet elérni. Nedves porleválasztó rendszerek használatával 20 mg por/Nm^3-nél alacsonyabb kibocsátás érhető el.

Alkalmazhatóság
Ezek a technikák új és meglevő öntödékre vonatkoznak. Általánosságban a fémöntödék nem alkalmaznak intenzív (port képező) kikészítési technikákat.

A bevezetés hajtóereje
A porkibocsátásra és foglalkozás-egészségügyre vonatkozó rendeletek.

Példaüzemek
A technikát Európa öntödéinek többségében alkalmazzák.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [180, Assofond, 2002]

4.5.11. A hőkezelés hulladékgázainak felfogása és tisztítása

4.5.11.1. Tiszta tüzelőanyagok használata az égőkkel fűtött hőkezelő kemencékben

Leírás
Az égőkkel fűtött hőkezelő kemencék kibocsátás-csökkentésének alapvető folyamat-integrált intézkedése a tiszta tüzelőanyagok, vagyis földgáz vagy kis kéntartalmú tüzelőanyag használata.

Az automatizált kemenceüzem a munkamód és a hőmérséklet pontos szabályozását is lehetővé teszi, és minimalizálja a túlzott energiafelhasználást.

Elért környezeti előnyök
Az égésből származó CO, SO_2 és NO_x csökkenése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Egy példaüzemben Lengyelországban, 1998-ig 3 generátorgáz-fűtésű kemencében végezték a hőkezelést, kézi szabályozású égők használatával. A generátorgáz közvetlenül a generátorból jött és változó minőségű (pl. 15%-ig terjedő CO-tartalmú) volt. Ez nagy kibocsátást és a mérgezés kockázatát eredményezte, együtt a hőmérsékletprofil gyenge szabályozásával.
1998-ban a 3 kemencéből kettőt újonnan felszereltek számítógép vezérlésű földgáz-égőkkel. Kiegészítésként felújították a kemencebélést is. Ezen változtatás eredményei az üzemelésben a következők voltak:

- a hőmérsékletprofil automatikus vezérlése,
- a gázfogyasztás 40%-os (térfogat) csökkenése,
- költségcsökkenés az olcsóbb földgáz használata következtében,
- az SO_2, NO_x, CO és aromások kibocsátásának csökkenése (ld. a 4.54. táblázatot).

Vegyület	**Generátorgáz-égők**		**Földgáz-égők**	
	Koncentráció (g/ Nm^3)	**Kibocsátás (kg/h)**	**Koncentráció (g/Nm^3)**	**Kibocsátás (kg/h)**
CO	0,006	0,074	0,000	0,000
SO_2	0,011	0,136	0,003	0,064
NO_x	0,016	0,197	0,004	0,085
Aromások	0,001	0,012	0,00025	0,0054

4.54. táblázat Hőkezelő kemencék kibocsátás szintje fölgáz égős rendszerre való áttérés előtt és után

Alkalmazhatóság
Ez a technika égős tüzelésű hőkezelő kemencékre vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A SO_2-, NO_x- és CO-kibocsátás szabályozása.

Példaüzem
Metalodlew, Krakkó (Lengyelország)

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997]

4.5.11.2. Edzőfürdők

Leírás
A kibocsátás felfogása és csökkentése alapvetően az edzőkádak, különösképpen az olajban edző kádak füstjének felfogását jelenti. Tetőszellőztetést, elszívó boltozatokat és permelszívást alkalmaznak. Hasonló nehézségek adódnak, mint az ürítő rácsoknál. A fürdőket gyakran kell megrakni daruval, így az elszívó burkolatokat a csarnok padozata felett magasan kell elhelyezni.

Ezen a ponton általában nem alkalmaznak széles körben kibocsátás-csökkentő rendszereket, de ha bármely csökkentést végeznek, az elektrosztatikus porleválasztók a leggyakrabban használtak.

Elért környezeti előnyök
Az olajködök diffúz kibocsátásának csökkentése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Az elszívás energiát fogyaszt.

Alkalmazhatóság
A különböző típusú fürdőkhöz alkalmazható technikák a 4.55. táblázatban vannak jellemezve.

	Tetőszellőztetés	**Boltozat alakú tető**	**Merev boltozat**	**Beállítható boltozat**	**Peremelszívás**
Víz	X				
Emulzió	X	X	X	X	X
Edző olaj	X	X	X	X	X
Megjegyzés: X : alkalmazható					

4.55. táblázat Edzőfürdőkhöz alkalmazható füstfelfogó technikák
[32, CAEF, 1997]

A peremelszívók csak egy bizonyos nagyságig hatásosak, és elvesztik hatékonyságukat a legnagyobb kibocsátás idején, vagyis amikor a forró munkadarabot a fürdőbe merítik. Ennek ellenére a peremelszívás a legjelentékenyebb felfogó intézkedés, nagy fürdők használatánál, légfüggönnyel és tetőboltozattal kombinálva.

A bevezetés hajtóereje
A kibocsátásra és a foglalkozás-egészségügyre vonatkozó rendeletek.

Példaüzemek
A technikát számos öntödében használják Európa-szerte.

Irodalmi hivatkozás
[32, CAEF, 1997]

4.6. A szennyvízképződés megelőzése és a szennyvíz kezelése

4.6.1. Intézkedések a szennyvízképződés megelőzésére

Leírás
A következő intézkedések a szennyvíz szembeszökő csökkenését eredményezik:

- Száraz porleválasztási rendszerek használata: száraz porleválasztó rendszerek használhatók a legtöbb öntödei elszívott gázáramhoz. Mindazonáltal, kivételes esetekben, szükséges lehet nedves mosók használata a vastartalmú ultra finom porfrakciók eltávolítására. A száraz és nedves levegőtisztítási technikákat a 4.1.5. szakasz tárgyalja.
- Biológiai hulladékgázmosók vagy komposztszűrők: A biológiai hulladékgáz mosó akkor jöhet számításba, ha a kezelendő gázok biológiailag könnyen lebontható anyagokat tartalmaznak, mint pl. fenol stb. A biológiai mosókban kevesebb szennyvíz keletkezik, mint a hagyományos mosókban, mert a biológiailag kezelt víz gyakrabban visszaforgatható. Megjegyzés: Komposztszűrőkben (biofilterek) nem képződik szennyvíz, habár a komposzt anyagának megfelelően nedvesnek kell lennie. A biofilter technikáját a 4.5.8.6. szakasz tárgyalja.
- A folyamatvíz belső visszaforgatása: A mosóvíz erőteljes visszaforgatásához kezelő berendezésekre van szükség. Ezek az ülepítő tartályok, lehetőleg integrált kicsapató lépcsőkkel, és a szűrőberendezés. Az eljárástól függően hűtésre lehet szükség. A párolgási veszteségek és anyag bevitelek a gázmosásból a keringő vízben a só felgyülemléséhez vezetnek. A só koncentrációjától és az alkalmazható kibocsátási határértéktől (közvetett kibocsátás esetén) függően, a keringő víz leszívható. Gazdaságilag előnyös lehet ezt a szennyvizet elpárologtatni, és a kondenzátumot a párolgási veszteségek pótlására használni.
- A kezelt szennyvíz többféle felhasználása: A kezelt szennyvíz többféle felhasználását szükséges megfontolni, pl. folyamatvíz használatát a homok-előkészítéshez a formahomok ciklusban, vagy a salakgranuláláshoz. A hűtővíz használata a nedves mosáshoz szintén megfontolandó.
- A hulladékhő felhasználása a szennyvíz elpárologtatásához: Ez a technika csak ott alkalmazható, ahol hulladékhő folyamatosan rendelkezésre áll. Egy adott esetre elvégzett értékelés szükséges az alkalmazhatóság és gazdaságos kivitelezhetőség kiértékelésére.
- A szennyvízképződés megelőzése a hulladéktárolásnál: A szennyezett fémhulladék tárolásánál szennyvíz keletkezése megelőzhető a tárolótér befedésével. Az elfolyó vizet szennyezetlen esővízként fel lehet fogni. A tárolás technikáit a 4.1. szakasz tárgyalja.
- AOX képződésének elkerülése a szennyvízben: A fémhulladék-típusok gondos kiválogatása megelőzi a klórozott vegyületek felgyülemlését a termelési ciklusban. A hulladék AOX-vegyület tartalmának még a megvásárlás előtti elemzése is segít. A szennyvízkezeléshez használt segédanyagok is tartalmazhatnak AOX-t, pl. a kereskedelmi minőségű sósav, vas- vagy alumínium-klorid.
- A víztípusok elkülönített tartása: A különböző vízáramok eltérő szennyezettségi szinttel, külön tartandók annak érdekében, hogy a szennyvízkezelés szükségessége minimalizálva, és a víz használat optimalizálva legyen.

Elért környezeti előnyök
A szennyvíz keletkezésének megelőzése.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
Környezeti elemek közötti kölcsönhatások léphetnek fel, a választott technika függvényében. Tájékoztatás az adott szakaszokban található.

Üzemeltetési adatok
Üzemeltetési adatok a példaüzem leírásában a 4.6.3. szakaszban találhatók.

Egy példa alumíniumöntöde szennyvízrendszere 4 külön áramból áll:

- felületről elfolyó víz: ez csatlakozik a központi esővíz csatornához, olajleválasztón keresztül (2xNG80), és egy közeli folyóba ömlik,
- használt víz=folyamat víz (nyitott hűtő fürdők) és egészségügyi víz: ez keresztülmegy egy helyszíni szabadtéri csatornán egy nyilvános csatornába, és onnan a városi kommunális szennyvíztisztítóba,
- hűtővíz: ezt eredetileg a közeli folyóból veszik homokszűrőn keresztül, áthalad a berendezésen keresztül egy zárt átszűrő hűtő körvezetéken, majd visszajut a folyóba, 28˚C-ban behatárolt hőmérsékleten. A tetőről lefolyó csapadékvíz szintén belép a hűtővízkörbe.
- távozó, gázmosókból (nyershomok, öntés utáni) származó víz: ez részben elpárolog, úgyhogy csak a fennmaradó zagy hagyja el a berendezést.

Alkalmazhatóság
A technika minden új és meglevő berendezésre alkalmazható.

Gazdasági kérdések
Gazdasági adatok találhatók az alternatív technikákról szóló adott szakaszokban és a 4.6.3. szakasz „Példaüzemek” c. bekezdésében.

A bevezetés hajtóereje
A szennyvíz keletkezésének minimalizálása.

Példaüzemek
Honsel, Meschede (Németország)

Irodalmi hivatkozás
[195, UBA, 2003]

4.6.2. A mosóvíz és egyéb szennyvizek kezelése

Leírás
A kemencegáz tisztításánál a száraz szűrési rendszerekkel elkerülhető a szennyvíz keletkezése, azonban nedves tisztító rendszereknél sincs szükség víztartalmú kibocsátásra, ha megfelelő intézkedéseket tesznek a víz tisztítására és visszaforgatására. Mindaddig, amíg a szilárd anyagokat a mosóberendezés számára elfogadható szintig eltávolítják, az oldható anyagoknál általában minden káros hatás nélkül meg lehet engedni, hogy elérjék a telítettséget. Vannak a technikáknak vagy kombinációiknak olyan változatai, melyek megfelelően el tudják különíteni a szilárd anyagokat.

A következő kezelési technikákat alkalmazzák:
- ülepítés
- hidroxidos kicsapatás
- többlépcsős kicsapatás
- nedves oxidálás
- szűrési folyamatok.

A szennyvíz oldatlan és feloldott nehézfémeket, fenolt és cianidokat tartalmazhat. A kezelést a szennyezők típusához kell igazítani.

Az oldatlan nehézfémeket fizikai módszerekkel (ülepítéssel, szűréssel, lehetőség szerint flotálással) kell eltávolítani a szennyvízből. 0,5 mg/l-nél jóval kisebb koncentrációkat lehet elérni ezen módszereknek használatával.

Az oldott nehézfémeket először át kell alakítani rosszul oldható vegyületekké megfelelő kicsapatók használatával. Különösképpen az erős bázisok (mésztej, marónátron-oldat, szóda) használatosak kicsapatókként a hidroxidos kicsapatáshoz. Ha ez nem elegendő, szulfidos kicsapatást kell végrehajtani szerves szulfidok vagy alkáli szulfidok használatával.

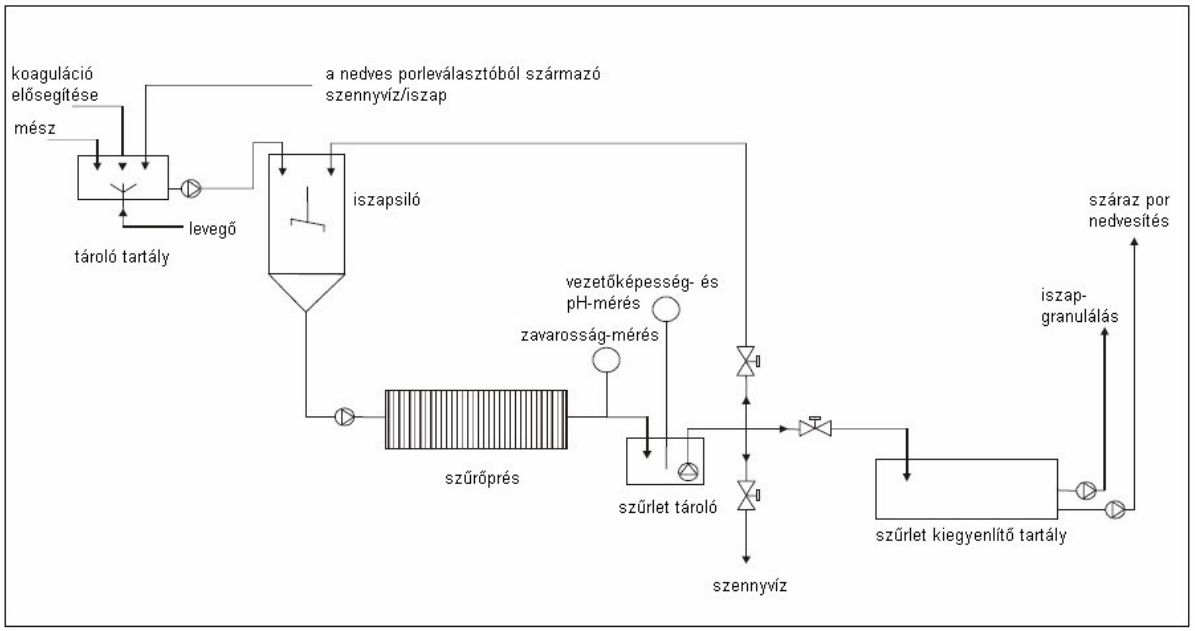
A fenolok és cianidok biológiailag elbonthatók vagy eltávolíthatók fizikai-kémiai kezeléssel. Rendesen olyan kis koncentrációban vannak jelen, hogy nincs szükség célzott előkezelésre. Kombinált kezelés egy elegendően nagy biológiai szennyvízkezelő üzemben megfelelő.

Elért környezeti előnyök
Alacsonyabb szennyezőanyag-tartalmú kibocsátott szennyvíz.

Környezeti elemek közötti kölcsönhatások
A szennyvízkezelés ártalmatlanítandó iszapot hoz létre.

Üzemeltetési adatok
Az öntödék szennyvizei a vason kívül főleg cinket tartalmaznak. Hidroxidos kicsapatás 8,5 és 11 közötti pH-tartományban 2 mg/l-nél kisebb koncentrációra csökkentheti a cinktartalmat. Ezt a pH-tartományt figyelembe kell venni, mert ennek a pH-tartománynak a túllépése esetén az amfoter (savas és bázisos) cink újra oldódik cinkátok alakjában.

A 4.18. ábra kupolókemencék nedves mosóiból származó, nem víztelenített zagy kombinált kondicionáló (nedvességtartalom-szabályozó) és kicsapató reakcióját mutatja. A nedves mosó vizének kezelő rendszeréből való eltávolítását követően, a zagyot egy külön kezelő lépcsőben, égetett mész használatával kondicionálják. Ez a pH-érték növekedését és a nehézfémek kicsapódását eredményezi. A szerves szennyezők is abszorbeálódnak. A zagyot ezt követően szűrőprés kamrában víztelenítik. A zavarosság-méréseket követően a szűrlet pH- és vezetőképesség kijelzővel ellátott tároló tartályba kerül. Az állapotától és aktuális szükségtől függően, a szűrlet visszakerül a zagysilóba, granulálják, száraz por-nedvesítésre küldik kiegyenlítő tartályok útján, vagy kibocsátják közcsatornába feleslegként (a városi szennyvíztisztítóba történő kibocsátás követelményeinek megfelelve).



4.18. ábra Egy kupolókemence nedves perleválasztójából származó szennyvíz és iszap kezelése
[195, UBA, 2003]

További üzemeltetési adatok találhatók a példaüzem leírásában a 4.6.3. szakaszban.

Alkalmazhatóság
Az alkalmazandó szennyvízkezelés típusát a szennyvíz összetétele és az üzemből a vízfogadó közegbe érkező víz elhelyezésére vonatkozó helyi feltételek alapján kell kiválasztani.

Gazdasági kérdések
Gazdasági kérdések a példaüzem leírásában, a 4.6.3. szakaszban találhatók.

A bevezetés hajtóereje
A szennyezők vízbe való kibocsátását korlátozó rendeletek.

Példaüzemek
Ld. a 4.6.3. szakaszt.

Irodalmi hivatkozások
[195, UBA, 2003], [160, UK Environment Agency, 2002]

4.6.3. Példaüzem szennyvízképződés megelőzésére és csökkentésére

Leírás
Egy német példaüzem öntöttvas (lemez- és gömbgrafitos öntöttvas) és nyomásos alumíniumöntvény alkatrészeket gyárt.

A következő műveleteket végzi:
- *Olvasztás:* gáztüzelésű olvasztókemencék, és füstgázkezelő berendezés (száraz szűrő),
- *Nyomásosan öntött alkatrészek gyártása:* automatizált öntő-vágó cellák alumínium nyomásos öntéséhez,

- *Homokformázású öntvénygyártás:* különleges ötvözetek gyártása,
- *Vasöntés (magkészítés):* a magkészítéshez a cold-box és a Cronin-eljárás használatos. Mosási koncentrátumok képződnek az amin-mosásnál.
- *Vasöntés (olvasztás):* Az olvasztómű keverő üzemből, forrószeles kupolókemencéből, több villamos kemencéből, egy konverterből és egy hőn tartó kemencéből áll.
- *Vasöntés (formázás):* bentonitkötésű nyersformázás.

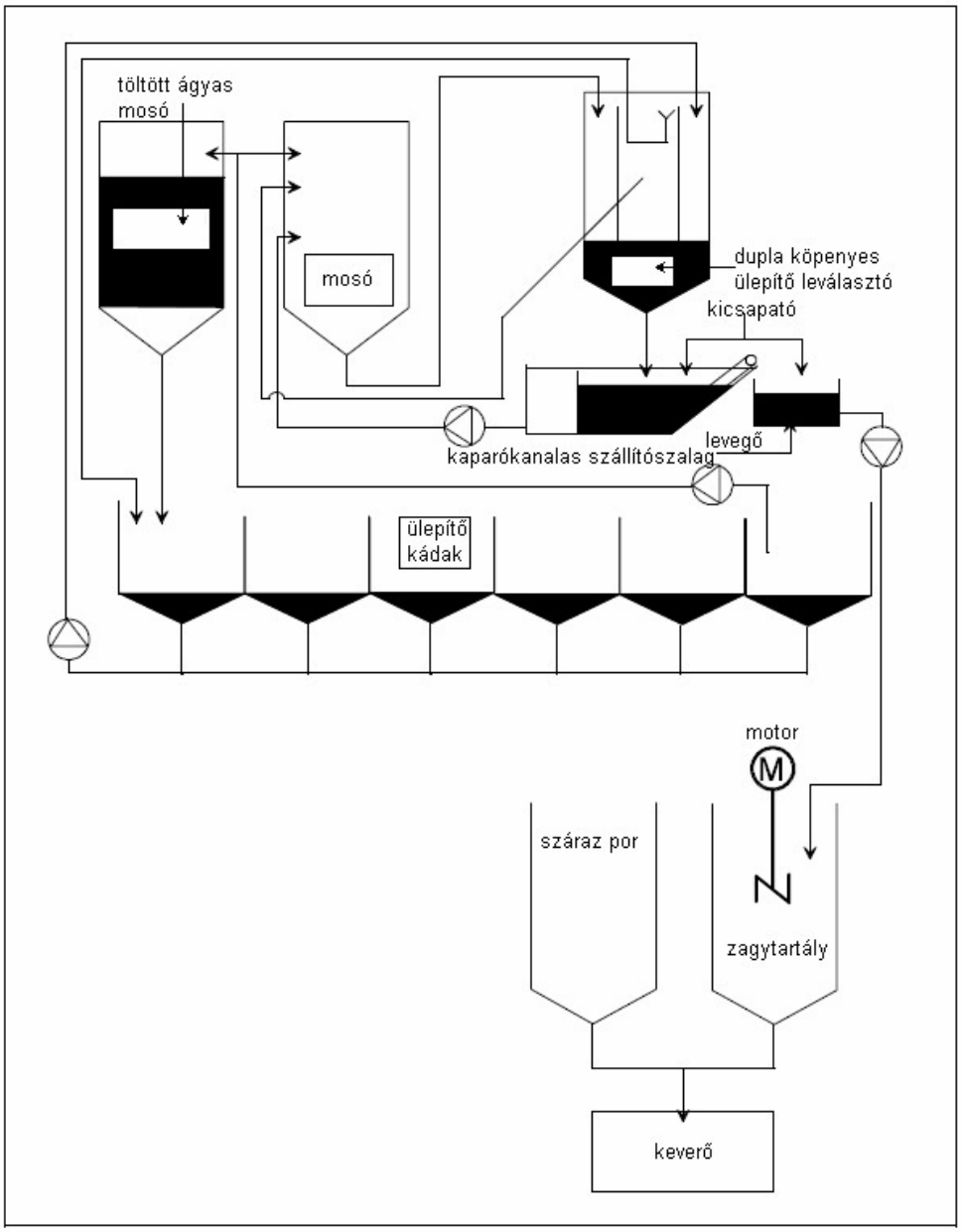
A termelési adatok és a vízfogyasztás a 4.56. táblázatban találhatók.

Termelés	
Jó vasöntvény összesen	4 6710 t
Jó fémöntvény összesen	2 355 t
Vízfogyasztás	
Ivóvíz (vezetékes)	59 630 m^3
Felszíni víz/felszín alatti víz	64 998 m^3

4.56. táblázat A példaöntöde évi termelési és vízfogyasztási adatai
[195, UBA, 2003]

Nedves mosókat használnak, ahol viszonylag nagy koncentrációjú szerves anyag tartalmú gázok nagy mennyiségben keletkeznek (a magkészítés hulladékgázai), vagy ahol nagyhőmérsékletű füstgázok lépnek fel (a forrószeles kupolókemencék füstgázai).

A nedves porleválasztó rendszer víz körforgalmának sematikus ábrázolása látható a 4.19. ábrán. A kupoló adagoló nyílás alatt elszívott torokgázt ciklonos leválasztóba és venturi mosóba vezetik portalanításra. A gázalakú szennyezők további eltávolítása töltetes mosóágyon történik. A venturi mosóból származó szennyvizet lebegtető és ülepítő leválasztóban előkezelik és azután továbbítják derítő tartályba másodlagos kezelésre. A mosófolyadék a töltetes toronyból közvetlenül a derítő tartályba kerül. A leülepített zagyot a derítő tartályból szakaszosan a lebegtető és ülepítő leválasztóba lehet szivattyúzni. A zagyot a lebegtető és ülepítő leválasztóból kaparószalagra szivattyúzzák, flokkuláló hozzáadásával agglomerálják és tároló tartályba továbbítják. Innen a zagyot a zagysilóba táplálják, azt követően keverő berendezésben száraz por hozzáadásával szilárdítják.



4.19. ábra Egy kupolókemence nedves porleválasztó rendszerének víz körforgalma
[195, UBA, 2003]

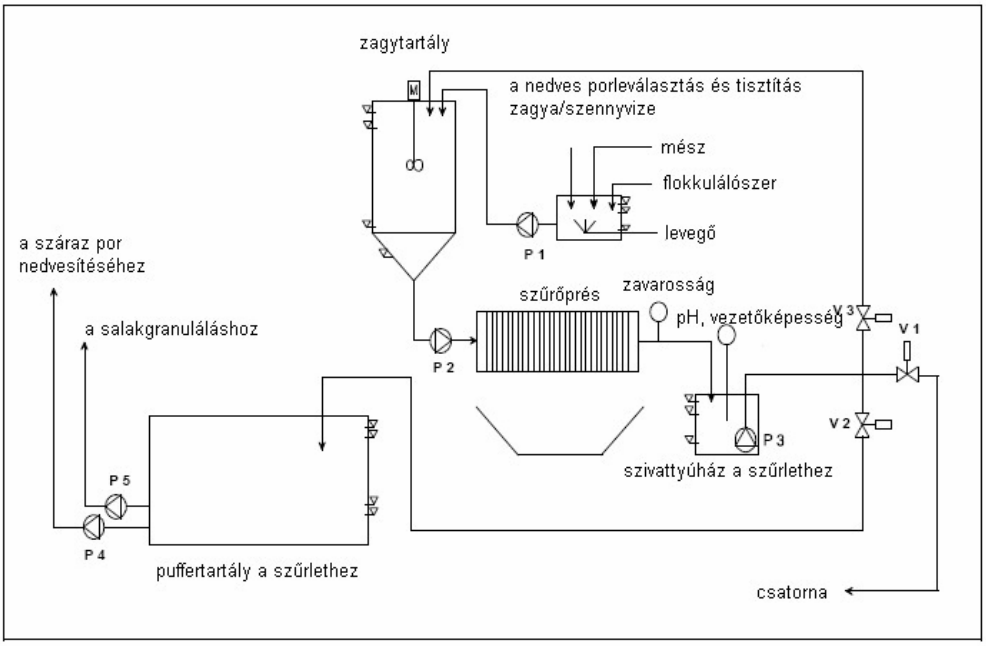
Ebben az eredeti elrendezésben az üzem néhány üzemeltetési problémát tapasztalt, a só felgyülemlésének és a víz végső gyenge minőségének eredményeként. Bővítést hajtottak végre az üzemben, a következő célokkal:

- az ülepedés sebességének növelése, más flokkulálók használatával,
- a szennyezőanyag-tartalom csökkentése a mosóközegben,
- a zagy víztelenítésének javítása,
- a gázmosó körforgalomból származó mosóközeg újrafelhasználása.

Ebből a célból 2 m^3 térfogatú kamrás szűrőprést és keverőszerkezettel ellátott zagygyűjtő-tartályt (30 m^3 térfogattal) építettek be. A zagyot a kaparószalagról közvetlenül a tárolótartályba juttatták és mésszel előkondicionálták.

A próbaüzem folyamán, mely több hónapig tartott, azt találták, hogy mintegy 25 kg mészre volt szükség adagonként a legjobb eredmény eléréséhez a víztelenítés és nehézfém eltávolítás tekintetében. Az átlagos szárazanyag-tartalom 70% volt. A nehézfém-szűrlet elemzése az érzékelés határainak tartományába eső értékeket mutatott. Mindazonáltal, a mintegy 1 g/l, viszonylag nagy szulfát-koncentráció problémát jelentett a szűrlet újrafelhasználása szempontjából a mosási körforgalomban.
Praktikus alternatívaként, a zagykezelést tovább bővítették más vegyületekkel, ahogy azt a 4.20. ábra mutatja. A nedves mosásból származó víz–szilárd anyag keverékeket előkondicionálták kicsapató hozzáadásával, és az így kapott zagyot keverő tartályba táplálták egy kaparóval. Meszet adtak a keverő tartályba előzetes vizsgálatokkal meghatározott mennyiségben, és a zagyot silóba táplálták szivattyúval (P1 szivattyú a 4.20. ábrán). A P2 szivattyú nyomta azt a szűrőprésbe.
A szűrletet zavarosságmérőn keresztül tárolótartályba továbbították, mely kijelezte a pH-t és a vezetőképességet. Három lehetőség van arra, hogy innen hova menjen:

- kiegyenlítő tartályon keresztül a salakgranuláláshoz vagy száraz por-nedvesítéshez,
- vissza a zagysilóba (ha a zavarosság határértékét meghaladja),
- a csatornába (csak szükségintézkedés).



4.20. ábra Egy kupolókemence nedves porleválasztó berendezéséből származó zagy kezelőrendszere [195, UBA, 2003]

Gazdasági kérdések
A rendszer zagykezeléssel bővítésének gazdasági adatai a 4.57. táblázatban találhatók.

Bővítés előtt		**Bővítés után**	
Képződött zagy 30% szárazanyag tartalommal	2 000 t/év	Képződött zagy 70 % szárazanyag tartalommal	850 t/év
Száraz por a zagy szilárdításához	1 100 t/év	Száraz por a zagy szilárdításához	0 t/év
Lerakás ára	100 EUR/t	Terepfeltöltés ára	100 EUR/t
Évi elhelyezési költség	**310 000 EUR**		**85 000 EUR**

4.57. táblázat Hulladékelhelyezési költségek szennyvízrendszer zagykezeléssel való bővítésénél
[195, UBA, 2003]

A 70% szárazanyag-tartalmú zagy nem igényel további stabilizálást lerakás előtt. A nedves zagynál száraz porral való szilárdítás szükséges. A megtakarítás a hulladéklerakási költségekben 310 000- 85 000 = 225 000 EUR. Ez a bővítés beruházási költségeivel összehasonlítva, 175 00 EUR-a rúg, és további évi mintegy 50 000 EUR üzemeltetési költséget jelent. A teljes költségmegtakarítás így 175 000 EUR/év összeget tesz ki, egy éves megtakarítási időt adva. A számítás nem tartalmazza a szűrlet újrafelhasználásából adódó megtakarítást.

Példaüzem
Sach Giesserei GmbH, Kitzingen (Németország)

Irodalmi hivatkozás
[195, UBA, 2003]

4.6.4. Olajfogók

Leírás
A nyitott felületekről, de különösképpen a nyersanyagtároló területekről származó elfolyás oldott szilárd anyagokat tartalmaz, melyek ülepítéssel (derítéssel) vagy más technikákkal eltávolíthatók. A hulladékkezelő területeken a csatornákban olajfogókat használnak. A le nem ülepedett anyag elhordásának megelőzése érdekében olyan méretű zsompokat alakítanak ki, amelyek elegendő méretűek a hirtelen leeső nagy mennyiségű csapadék kezelésére is .

Olajfogókat használnak az állandó formázást használó öntödékből származó szennyvizekhez. A nyomásos öntő automaták hidraulika rendszerei olajat ereszthetnek. A vízgyűjtő rendszer ezért itt úgy van tervezve, hogy minden szivárgásból származó olajat felfognak, és az eredményül kapott szennyvíz áramot olajfogóval kezelik.

Elért környezeti előnyök
A vízszennyezés megelőzése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Az olajfogóban ártalmatlanítandó hulladék keletkezik.

Alkalmazhatóság
Ez a technika új és meglevő nyomásos (állandó formákat használó) öntödékre és minden más olyan öntödére vonatkozik, mely szennyvizét közvetlenül a felszíni vizekbe bocsátja.

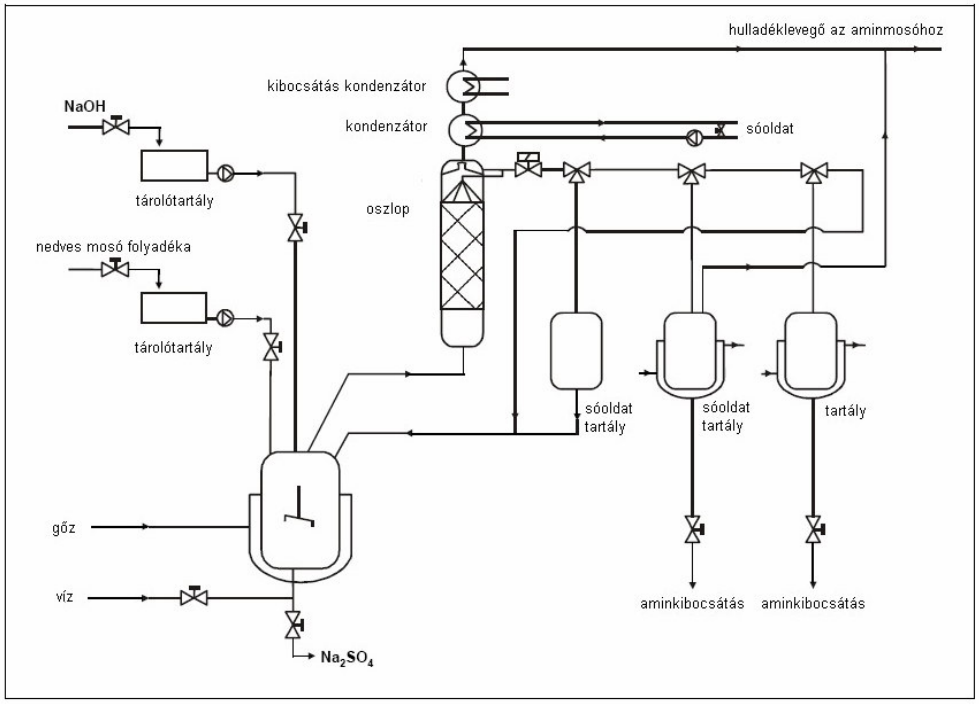
A bevezetés hajtóereje
A szennyezők vízbe bocsátására vonatkozó rendeletek.

Példaüzemek
Honsel, Meschede (Németország).

Irodalmi hivatkozás
[160, UK Environment Agency, 2002]

4.6.5. Az aminok visszanyerése a mosóvízből

Leírás
Az elszívott cold-box gázok savas mosóinál amin-szulfát képződik (ld. a 4.5.8.4. szakaszt). Ez az amin nátrium-hidroxiddal való semlegesítéssel visszanyerhető, melyet desztilláció követ.
Ahogy a 4.21. ábra mutatja, a só, mely a tercier aminból (DMEA=dimetil-etil-amin, DMIA=dimetil-izopropil-amin és TEA=trietanol-amin) alakul ki a savas (kénsavas) mosóban, visszaalakul az erős bázissal (marónátronnal) való reakció által, miközben szabad amin és pl. nátrium-szulfát keletkezik. Az amint vízpárával kihajtják, azután oszlopban olyan mértékig tisztítják és koncentrálják, mely lehetővé teszi újrafelhasználását. A nátrium-szulfát oldatot (a szennyezett mosóoldattal együtt) vissza lehet nyerni, vagy ártalmatlanítandó.
Ha az amint nem forgatják vissza, a mosó koncentrátumot biológiai szennyvízkezelő berendezésben nitrogén-csökkentéssel lehet kezelni.



4.21. ábra Amin-visszaforgató üzem
[195, UBA, 2003]

Elért környezeti előnyök
Egy vegyület visszanyerése, mely újra felhasználható.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Ha a műveletet központi üzemben végzik, az a mosófolyadék kezelő üzembe szállításával jár.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden magkészítő műhelyből elszívott levegő amin-tartalmú mosófolyadékaihoz alkalmazható. A bevezetés gazdasági tényezők által korlátozott (pl. szállítási költségek), mivel elegendő mennyiségű amin mosófolyadéknak kell rendelkezésre állnia. A kezelést általában egy központosított helyszínen végzik, ahol több öntöde folyadékait kezelik. Mivel a művelet robbanási kockázattal jár, minden intézkedést meg kell tenni a robbanási kockázat elkerülésére.

A bevezetés hajtóereje
Vegyületek visszanyerése. Az ipari hulladékok elhelyezési költségeinek csökkentése.

Példaüzemek
Központosított visszaforgató üzemek: Voerde (Németország)
Gépjármű öntödék csoportjának központosított üzeme: Poitou (Franciaország)

Irodalmi hivatkozás
[195, UBA, 2003]

4.6.6. Glikolok csökkentése a nyomásos öntés szennyvízáramaiban

Leírás
A nyomásos öntés hidraulikus rendszerei víz-glikol keverékeket használnak hidraulika folyadékként. A hidraulika rendszer szivárgásai és a kiszivárgott folyadék ezt követő vízrendszerbe kerülése az öntöde szennyvizében glikol megjelenéséhez vezethet. A glikol eltávolítása szűrő és flotáló technikák alkalmazásával nem lehetséges.

Az alkalmazható kezelési technikák a következők:
- desztillálás vagy vákuumos elpárologtatás,
- biológiai felbontás.

A tisztított szennyvíz újra felhasználható a leválasztószer oldószereként.

Elért környezeti előnyök
A vízszennyezés csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A szennyvízkezelésnél zagypogácsák képződnek, melyeket ártalmatlanítani kell.

Üzemeltetési adatok
Egy belga példaöntödében technológiai szennyvizet kezelnek vákuumos elpárologtató egységben (kapacitás: 3 m^3/nap). Három forrás táplálja az egységet: felesleges (a nyomásos öntőgépek alól összegyűjtött) leválasztószer, az automatákból kiszivárgott hidraulika folyadék (víz+glikol), és víz az elektrosztatikus porleválasztó tisztításából. A vákuumos elpárologtatás során ártalmatlanítandó zagypogácsa és szennyvíz keletkezik. Az elfolyó szennyvíz magas KOI-jú és kis keménységű. Ez alkalmassá teszi újrafelhasználásra, a leválasztószer oldószereként.

Alkalmazhatóság
Ez a technika minden új és meglevő nyomásos öntödére vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A szennyezők vízbe való kibocsátására vonatkozó rendeletek.

Példaüzemek
Metaalgieterij Giessen, Hoboken (Belgium): nyomásos öntést és kokillaöntést alkalmazó alumíniumöntöde.

Irodalmi hivatkozás
[202, TWG, 2002]

4.7. Energiahatékonyság

4.7.1. Bevezetés

A fém olvasztása és hőn tartása általában jelentékeny részét teszi ki az öntöde energiafelhasználásának. Sok öntödében több energiát használnak a fém olvadt állapotban tartására, mint a tényleges olvasztási folyamatra. Figyelemreméltó energiát használnak fel továbbá más területekre, mint pl. a fémellátás. Az öntödék általában nagy sűrített levegő-felhasználók. Más nagy energiafogyasztók valószínűleg az olyan tételek, mint a nagynyomású öntőgépek, melyeknek hidraulikus energia egységeit szintén elektromos árammal hajtják. A homok- és kokillaöntödék meleg-magszekrényes magkészítési eljárásokat alkalmazhatnak, mint héj-, hot-box, gázt vagy elektromos áramot használva a magszekrények melegítésére. A kokillák, az üstök és kemencebélések fűtése tekintélyes részét teheti ki a használt energiának. Két öntödetípus jellemző viszonylagos energia-felosztását tartalmazza a 4.58. táblázat.
[64, ETSU, 1997].

Tevékenység	**Fémöntöde (%)**	**Villamos ívkemencés acélöntöde (10 000 t/év jó öntvény-termeléssel) (%)**
Olvasztás	30	44
Hőn tartás	30	
Üzemműködtetés	15	
Levegősűrítés	14	10
Szerszámfűtés	3	
Hőkezelés (gáz)		7
Egyéb*	8	39
*Minden tevékenységet magában foglal, melyekre nincsenek értékek adva ugyanabban az oszlopban, és melyek nincsenek megemlítve.		

4.58. táblázat Egy fémöntöde és egy acélöntöde jellemző energiafelhasználása
[64, ETSU, 1997], [202, TWG, 2002]

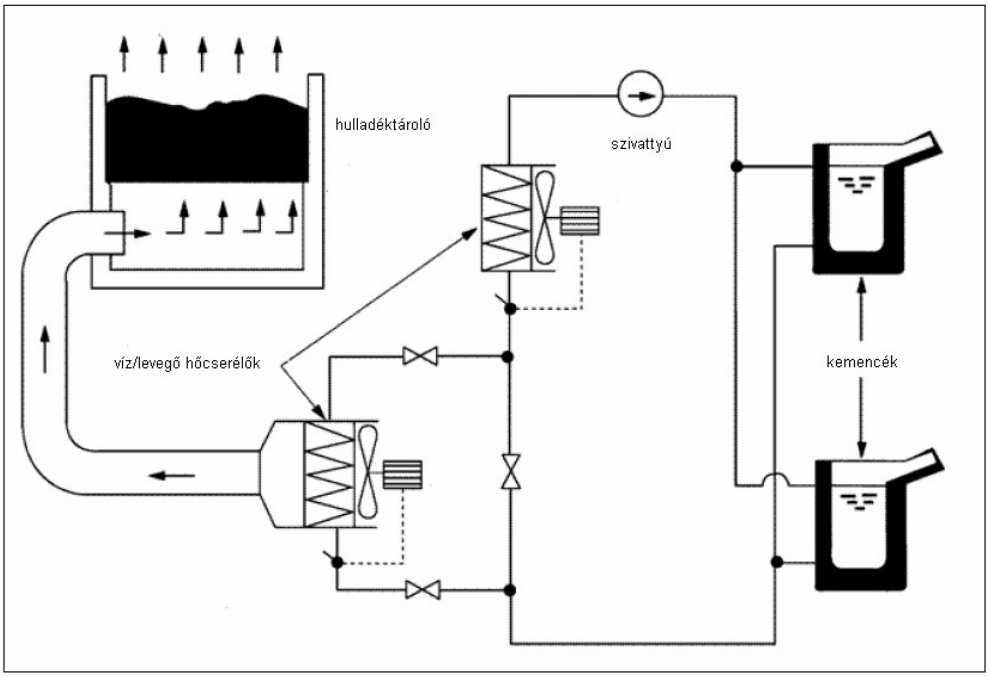
Ezek az adatok azt mutatják, hogy az öntödei műveletek (vagyis minden művelet az olvasztás és hőn tartás kivételével) okozzák az öntöde energiafogyasztásának közel a felét. Ide értendők az olyan tevékenységek, mint motorok és hajtóművek, sűrített levegő használata, világítás, térfűtés és a kazánok fűtése. Az energiahatékonysági intézkedéseknek figyelembe kell venniük ezeket a szolgáltatásokat és az olvasztást egyaránt. [46, ETSU, 1995]

Az energiahatékony üzemeltetés jó üzemvezetési intézkedésekkel valósítható meg az energiafelhasználás csökkentésére az összes említett lépésnél. A jobb energiahatékonyság egyike a környezeti előnyöknek is, melyeket a technikák bemutatása során ebben a fejezetben tárgyaltunk. A következő szakaszok olyan specifikus technikákra fókuszálnak, melyek a hővisszanyerést és az öntöde más részeibe történő hőátadást célozzák.

4.7.2. Indukciós kemence: hulladékhő hasznosítás

Leírás
Az indukciós kemencébe betáplált energia jelentékeny része hulladékhővé alakul át. Az üzembe bevitt összes energiának mintegy 20-30%-át a hűtőrendszer vonja el. A kemence hűtőköre nemcsak az induktor tekercsben keletkező villamos veszteségeket vezeti el, hanem védi a tekercset a tégelyben lévő forró fém kemencebélésen keresztül vezetett hőjétől is. A kemence hűtőrendszerének hőjét néhány berendezésnél az üzem fűtéséhez, a zuhanyozó víz melegítéséhez és a nyersanyagok szárításához használják fel.

- *A nyersanyagok szárítása:* Ahol indukciós olvasztókemencébe az olvadéktócsába fémes betétanyagokat adagolnak, a víz jelenléte a hulladékban nagyon veszélyes lehet. Habár a hulladékot fedett helyen lehet tárolni az öntödében, lehetséges, hogy a hulladékkereskedő nedvesen szállította. A kemence hűtővízének hőjét levegő/víz hőcserélővel lehet kivonni, és ventillátort lehet használni a felmelegített levegő szállítására a tárolótér bunkereinek alapjaihoz. Egy ilyen berendezés elrendezési vázlata látható a 4.22. ábrán.



4.22. ábra A hulladékhő felhasználása hulladékszárításra
[47, ETSU, 1992]

- *Helyiség-fűtés és forró víz ellátás:* Egy, a fent tárgyalthoz hasonló rendszer használható forró levegő öntödei csarnokba befúvására, helyiségfűtés céljából Alternatíva lehet víz/víz hőcserélő használata radiátorok vizének melegítésére, vagy forró víz ellátáshoz.
  Mivel a hűtővíz hőmérséklete nem nyomás alatti rendszerben rendszerint nem valószínű, hogy túllépi a 60-70˚C-t, a radiátoroknak különlegesen nagy fűtőfelületűeknek kell lenniük a hő hatékony átadása érdekében. A víz hőmérséklete valamely más hőforrás által, mint pl. gáz- vagy olajégőkkel vagy elektromos fűtéssel növelhető. Alternatív fűtőrendszer lehet szükséges a kemencék szerepének átvételére,

amikor azok nincsenek üzemben; pl. korán reggel, a munkahelyek hőmérsékletének kellemes szintre emeléséhez.
A rendes kemencehűtő berendezéseket működtetni kell a nyári időszakban és más időkben is, amikor a helyiségfűtés berendezései nem vonnak el megfelelő mennyiségű hőt a kemence hűtőrendszeréből. Alapvető a kemence hűtőrendszere védelmének biztosítása.
Az egész berendezést kimaradás-biztosra kell tervezni, hogy a kemencék üzemeltetése és védelme minden időben biztosított legyen. A kemencéhez visszatérő víz hőmérsékletének sem szabad túl hidegnek (vagyis 30˚C-nál alacsonyabbnak) lennie. Hőmérséklet működtette riasztókról kell gondoskodni és szükség megkerülő csőrendszereket kell beépíteni könnyen hozzáférhető kézi szabályozású szelepekkel annak biztosítására, hogy a hővisszanyerő berendezéseket gyorsan el lehessen szigetelni az elsődleges hűtőkörtől, bármely probléma esetén.

Elért környezeti előnyök
Az energiahatékonyság nő.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Nem jelentettek környezeti elemek közti kölcsönhatásokat.

Üzemeltetési adatok
Indukciós kemencék hűtőolaját felhasználó hővisszanyerő rendszerre ruháztak be egy belga öntödében. Az öntöde két indukciós hőn tartó kemencét működtet duplex üzemben egy kupolókemencével. A villamos kemencék induktorait termálolajjal hűtik. A termálolaj 200-300˚C-ra melegszik fel, és levegő/olaj hőcserélőn keresztül veszti el hőjét. A hővisszanyerő rendszer beruházása előtt 1 MW hő szökött el a levegőbe. Alternatív rendszert telepítettek a hulladékhő helyiségfűtésre történő felhasználására. A felmelegített levegőt a magkészítő műhelybe vezetik be. Ez lehetővé teszi az elszökött hő 1/3-ának visszanyerését és helyettesíti az eredeti gáztüzelésű fűtőrendszert. Az alkalmazás olcsón kivitelezhető volt, mert az olaj/levegő hőcserélő a magkészítő műhely mellé került elhelyezésre. A helyiségfűtés az öntöde más részeiben később szintén figyelembe vehető, de ehhez több csővezetékre van szükség, ami járulékos hőtartalom-veszteségeket okoz.

Alkalmazhatóság
Mielőtt hővisszanyerést lehetne alkalmazni, számos előfeltételt kell teljesíteni:

- a hulladékhő megfelelő alkalmazási helyének meglehetősen közel kell lennie a kemencéhez és akkor lehet szó a hőhasznosításról, amikor a kemence működik. A rendelkezésre álló hőmennyiség jellemzően alacsony értékű. A hőmérséklet a hűtővízhez nem lépheti túl a 70˚C-t.
- a szóban forgó viszonylag kis hőmérséklet azt jelenti, hogy a hőcserélőknek sokkal nagyobbaknak kell lenniük, mint amilyeneket rendesen alkalmaznak,
- a kemencevizet nem szabad 30˚C-nál alacsonyabb hőmérsékleten visszavezetni a kemencékhez, másképpen ez kondenzációs problémákat okozhat,
- a hűtőkör épségének fenntartása alapvető fontosságú. A hűtőkör a tekercs védelmére szolgál, ha felmondja a szolgálatot, az eredmény katasztrofális lehet.

A fenti szempontok, különösképpen a kemence épségének kérdése, elbátortalanítják a legtöbb üzemeltetőt még a hűtőkör hőhasznosításának megfontolásától is.

Gazdasági kérdések
Annak az öntödének, amely megkísérli a hűtőkör hőjének hasznosítását, ki kell értékelnie az előnyöket, és össze kell hasonlítani ezeket a kiegészítő berendezések költségeivel, a kemence és kezelői biztonságával.

A bevezetés hajtóereje
Az energiahatékonyság növelése az öntödében.

Példaüzemek
Helyiségfűtés forró levegő használatával: Proferro, Oudenaarde (Belgium).
Metso Paper Jyväskylä Öntöde (Finnország).

Irodalmi hivatkozás.
[47, ETSU, 1992]

4.7.3. Kupolókemence: hulladékhő-hasznosítás

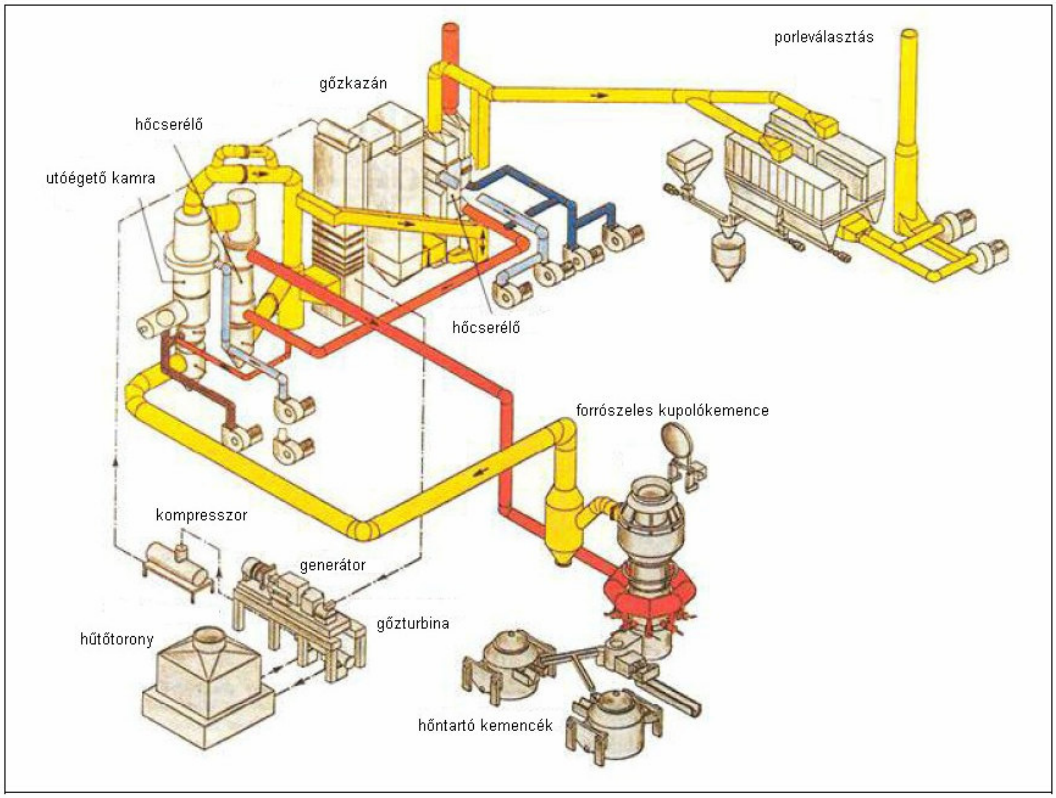
Leírás
Egy másodlagos hőenergia-felhasználóval kapcsolat létesítése és a kupolókemence torokgázai hulladékhőjének hasznosítása előtt a torokgázokat le kell hűteni a zsákos szűrőbe bevezetésük előtt. A másodlagos felhasználó pl. a következő lehet:

- gőzkazán,
- termálolaj körforgalom,
- fűtő körforgalom,
- forró víz körforgalom.

Elért környezeti előnyök
A hulladékhő visszanyerése, mely egyébként veszendőbe menne a külvilágban, így lehetővé teszi a tüzelőanyag (vagy más energiaforrás) felhasználásának csökkentését.

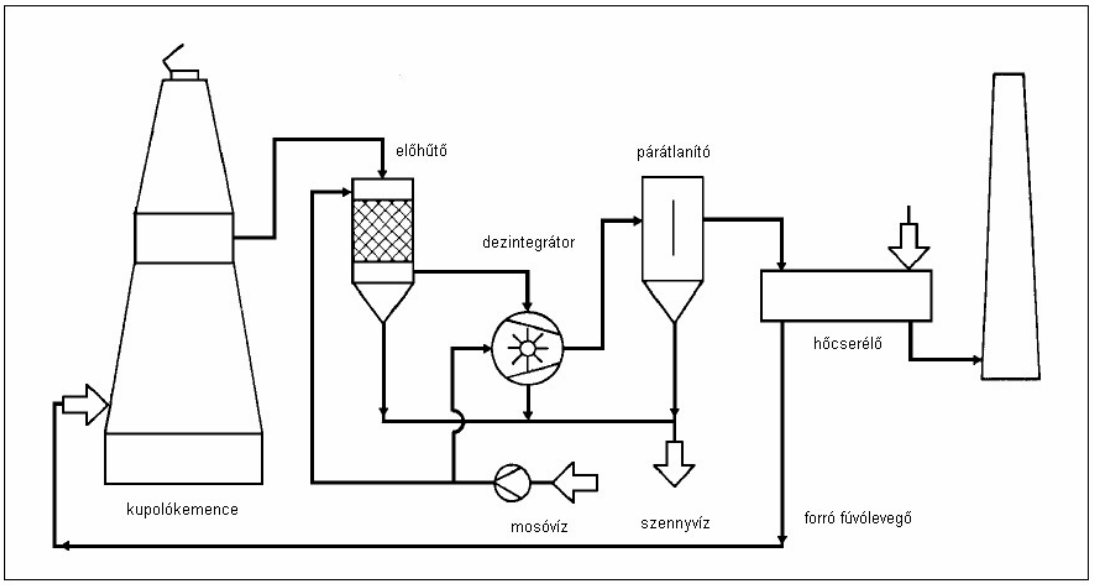
Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
A 4.5.2.2. szakaszban leírt két példaüzemnek hulladékhő hasznosító rendszere van. Az üzemi adatok a 4.37. táblázatban találhatók.
A „G" üzemben a kupolókemence hulladékhőjét használják elektromos áram fejlesztésére. A torokgáz-áram egy részét gőzkazánba táplálják be, mely generátorhoz vagy kompresszorhoz kapcsolt turbinát hajt meg. A berendezés sematikus ábrázolása a 4.23. ábrán látható. Összességében a koksszal bevitt hő 29%-át hasznosítják kiegészítőleg. 2,9 MW körüli elektromos energiát fejlesztenek. Ez azt jelenti, hogy az üzem 75 kWh/t folyékony vasnak megfelelő elektromos energiát fejleszt.



4.23. ábra Gőzkazánnal, turbinával és generátorral ellátott forrószeles kupolókemence vázlatos ábrázolása
[27, Kran et al., 1995]

A „H” üzemben a kupolókemence hulladékhőjét a termálolaj körforgalomban hasznosítják. A fúvószél előmelegítése után a füstgáz gáz/olaj hőcserélőn halad át. A felmelegített olajat magszárításra használják. 21 MW maximális hővisszanyerés érhető el. Az eljárás folyamatábrája a 4.24. ábrán látható.



4.24. ábra Forrószeles kupolókemence folyamatábrája hővisszanyeréssel
[17, Stauss, 1983]

Alkalmazhatóság
Ez a technika új berendezéseknél alkalmazható, és figyelembe veendő a technológia tervezésénél. Meglevő üzemeknél a technika nagyobb felújítások alatt vezethető be, mindamellett kis hozzáadott egységek általában elhelyezhetők a meglevő üzemekben.

Gazdasági kérdések
A bemutatott példákat nagyobb rekonstrukció részeként ruházták be, ezért nem állnak fajlagos költségadatokat rendelkezésre.

A bevezetés hajtóereje
Az ipari folyamatok energiahatékonyságának növelése.

Példaüzemek
Az említett két példaüzem Németországban van.

Irodalmi hivatkozások.
[17, Strauß, 1983], [27, Kran et al., 1995], [202, TWG, 2002]

4.7.4. Az energiaveszteségek csökkentése; az üstök előmelegítési gyakorlatának javítása

Leírás
Energiát pazarolunk, ha a folyékony fém átszállítás rendszere lehetővé teszi a fémhőmérséklet túlzott veszteségét a kemence csapolása és a forma leöntése között. A veszteségek megelőzhetők jó üzemvezetési intézkedések használatával. Ezek a következők:

- tiszta, világos izzóvörösre előmelegített üstök használata,
- praktikus méretű és hővisszaverő fedéllel ellátott szétosztó és öntőüstök használata,
- az üresen álló üstökön a fedelek rajta tartása,
- a fém egyik üstből a másik üstbe való átöntése szükségességének minimalizálása,
- a fém lehető leggyorsabb szállítása, amíg azt a biztonsági követelmények megengedik.

Elért környezeti előnyök
Az energiaveszteségek csökkenése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
Mivel ez a technika jó gyakorlati intézkedéseket igényel, minden új és meglévő öntödében alkalmazható.

Gazdasági kérdések
Nem lehet gazdasági adatokat adni.

A bevezetés hajtóereje
Energiahatékony öntödeigazgatás.

Példaüzemek
Ezeket az intézkedéseket különböző mértékben használják az európai öntödékben.

Irodalmi hivatkozás
[44, ETSU, 1993]

4.8. Homok: regenerálás, visszaforgatás, újrahasználat és ártalmatlanítás

4.8.1. Bevezetés

Mivel az öntödék semleges alapanyagként sok homokot használnak fel, a homok regenerálása a környezeti teljesítmény javításának fontos része. Világos megkülönböztetést kell tenni a bentonitos nyershomok és a vegyileg kötött homok között. A nyershomok könnyen regenerálható használat után. A visszaforgatott nyershomok jobb technikai minőségű, mint az új homok. A legtöbb nyershomok formázású öntöde elsődleges regenerálást alkalmaz.

Az elsődleges regenerálás, melyet attritálásnak (koptatásnak) vagy partikulációnak (szemcsésítésnek) is neveznek, a homok formákból és magokból kitörése eredeti szemcseméretére. Ez a folyamat a homok rostálásából, a fémek eltávolításából, a finom részek elkülönítéséből és eltávolításából és a nagy méretű rögök eltávolításából áll. A homokot azután lehűtik, mielőtt tárolnák, visszavezetnék a homokrendszerbe, vagy elegyítenék új homokkal. Ennél a lépcsőnél a homokszemcsék valószínűleg megtartják részleges használt kötőanyag bevonatukat. Ez hatással van a visszanyert homok azon mennyiségére, mely felhasználható a formázáshoz és különösképpen a magkészítéshez. Ezért új homokot kell hozzáadni annak biztosítására, hogy a homokkeverékekkel megfelelő forma- és magszilárdságot és következésképp megfelelő öntvény minőséget lehessen elérni. Az elsődlegesen regenerált homoknak általában nem megfelelő a minősége ahhoz, hogy magkészítéshez használják a maradék kötőanyagok eltávolítása nélkül, és ezért elsődlegesen formázáshoz használják. A fő elsődleges regenerálási technikák a szemcseszórás, a forgódob vagy a vibráció.

A másodlagos regenerálás az előzetesen szemcsésített homok további feldolgozása a maradék kötőanyagok eltávolítására. A homokot visszaalakítják az új homokhoz hasonló, vagy annál jobb minőségűre. A másodlagos regenerálást alkalmazó öntödék bizonyos esetekben ténylegesen kiküszöbölték az új homok szükségességét. A visszamaradó kötőanyagok eltávolításához agresszívebb technikára van szükség, mint az elsődleges regeneráláshoz. A fő másodlagos regeneráló technikák a következők:

- hideg mechanikai kezelés:
    - kis energiájú attritálás: dörzsölés, ütköztetés (hidegen kötő gyantákhoz)
    - nagy energiájú attritálás: pneumatikus súrlódtatás, csiszolás, centrifugális dörzsölés
- termikus kezelés (rendszerint fluidágyon)
- nedves mosás.

A hidegen szilárduló gyantákkal kötött homokok egyszerű kezelési technikákkal regenerálhatók, a kötőanyagréteg törékenységének következtében. A mechanikus regenerálási rendszerek (pl. a fluidágyas rendszerek) szemcseközi súrlódásra vagy ütközésre alapoznak.

A gázzal kikeményített és termikusan szilárduló gyantákkal kötött homokok intenzívebb kezelést igényelnek a kötőanyagréteg eltávolításához. Ezek a kezelések a csiszolás,

pneumatikus súrlódtatás, és a centrifugális dörzsölés. A kvarchomokok csak mechanikusan regenerálhatók, pneumatikus kezelés használatával.

A termikus kezelés a szerves kötőanyag leégetése. A bentonit a nagy kezelési hőmérsékleten elveszti aktivitását. Bentonitos nyershomokot tartalmazó homokáramoknál bármely termikus kezelést mechanikus kezeléssel kell kombinálni.

A nedves regenerálás a kötőanyag eltávolítása szemcseközi csiszolódással. Ez a technika csak nyershomokhoz, és szilikát vagy CO_2-kötésű homokhoz alkalmazható, és nem széles körben elterjedt.

A bentonitos nyershomok, mint „monohomok" (nem többféle homok keveréke) másodlagos regenerálása korlátozottan alkalmazott. A vegyi kötésű homokoknál a mechanikus regenerálás a legszélesebb körben elterjedt (több mint 200 egység Németországban 1999-ben) [80, Lahmeyer Internatinal GmbH, 1999]. A különböző regenerálási technikák és a regenerált homok alkalmazhatósága a 4.59. („monohomokok") és a 4.60. (kevert homokok) táblázatban van összefoglalva. A bemutatott technikák mindegyikét részletesen tárgyalni fogjuk az alábbi szakaszokban.

A másodlagos regenerálásnál a legfontosabb „monohomokok" a fémöntödék maghomokjai. A kis termikus terhelésnek köszönhetően ezek könnyen elkülöníthetők a nyershomoktól. További „monohomokok" képződnek a tisztán szerves kötőanyagokat használó formázásból és magkészítésből, mint a héj-, furángyantás és uretán cold-box eljárásokból. Egy kisebb „monohomok-áram" a kezeletlen maghomok, mely a törött, selejtes magokból keletkezik a magkészítő műhelyben, továbbá a magkészítő gépek maradék homokja.

A kevert homokok általában bentonitkötésű homokot, valamint vegyi kötésű homokot tartalmaznak. Ezek főként vasöntödékben keletkeznek, és mintegy 75%-át képviselik a teljes homokhulladék-termelésnek.

A homok típusa	Regenerálási technika	Regeneráló berendezés	Hasznosítás	Határeset körülmények	Minimális mennyiség t/h
Szerves mono-rendszerek					
Hidegen kötő gyanták	Mechanikus vagy termikus	Mechanikus: Súrlódásos, ütköztetéses, pneumatikus dörzsöléses Termikus: Örvényágyas, fluidágyas, vagy forgódobos kemence	-hidegen kötő gyantákat használó formázáshoz -az új homok 20-25%-ának helyettesítésére a hidegen kötő magkészítéshez	-mechanikai: csak, ha a kötőanyag héjak elég törékennyé váltak az öntésnél -a regenerált minőség célértékeit el kell érni	1,5
Cold-box, SO_2, hot-box, és héj-homok	Mechanikus és termikus	Mechanikus: Pneumatikus dörzsölés, centrifugális súrlódás, fluidágyas dörzsölés. Termikus: Örvényágy, fluidágy vagy forgódobos kemence	A magkészítésnél új homok helyettesítésre	-mechanikus: csak ha a kötőanyag héjak elég törékennyé váltak az öntésnél -a regenerált minőség célértékeit el kell érni - a finom szemcsék újrafelhasználása	0,75
Rezolészter metil-formiát kötésű homok	Mechanikus	Mechanikus: Súrlódás, ütközés, pneumatikus dörzsölés	Korlátozásokkal a formázáshoz metil-formiátos homokkal	-regenerálás rezolészteres hidegen kötő homokként, de kisebb kihozatallal	
Szervetlen mono-rendszerek					
Nyershomok	Mechanikus	Pneumatikus dörzsölés, csiszolás	A homok felújítása nyers-formázáshoz	- előszárítást igényel -a finom részek újrafelhasználása	0,75
Vízüveges homok	Mechanikus		Csak vízüveges formázáshoz és magkészítéshez	A kötőanyag alkotó elridegedése 220˚C-on	0,5

4.59. táblázat A „monohomokok” különböző regenerálási rendszereinek alkalmazási területei [128, IHOBE, 1998], [225, TWG, 2002]

A homok típusa	Regenerálási technika	Regeneráló berendezés	Hasznosítás	Határeset körülmények	Minimális mennyiség t/h
Kevert szerves Rendszerek	Mechanikus vagy termikus	Mechanikus: Pneumatikus dörzsölés, Centrifugális súrlódás, Fluidágyas dörzsölés Termikus: Örvényágy, fluidágy Vagy forgódobos kemence	- magkészítésnél új homok helyettesítése	-mechanikus: csak ha a kötőanyag héjak elég törékennyé váltak az öntésnél -a regenerált minőség célértékeit el kell érni - a finom szemcsék újrafelhasználása	0,75
Bentonit tartalmú kevert homokok	Mechanikus vagy termo-mechanikus	Mechanikus: Csiszolás, pneumatikus Dörzsölés, fluidágyas dörzsölés Termikus: Örvényágy, fluidágy vagy forgódobos kemence	-magkészítésnél új homok helyettesítése - a homok felújítása a nyershomok formázáshoz	-előszárítást igényel -a kombinált termikus regenerálás hatásos mechanikai regenerálást igényel az aktív bentonit eltávolítására - a finom részek újrafelhasználása	0,75

4.60. táblázat A kevert homok különböző regenerálási rendszereinek alkalmazási területei. [128, IHOBE, 1998]

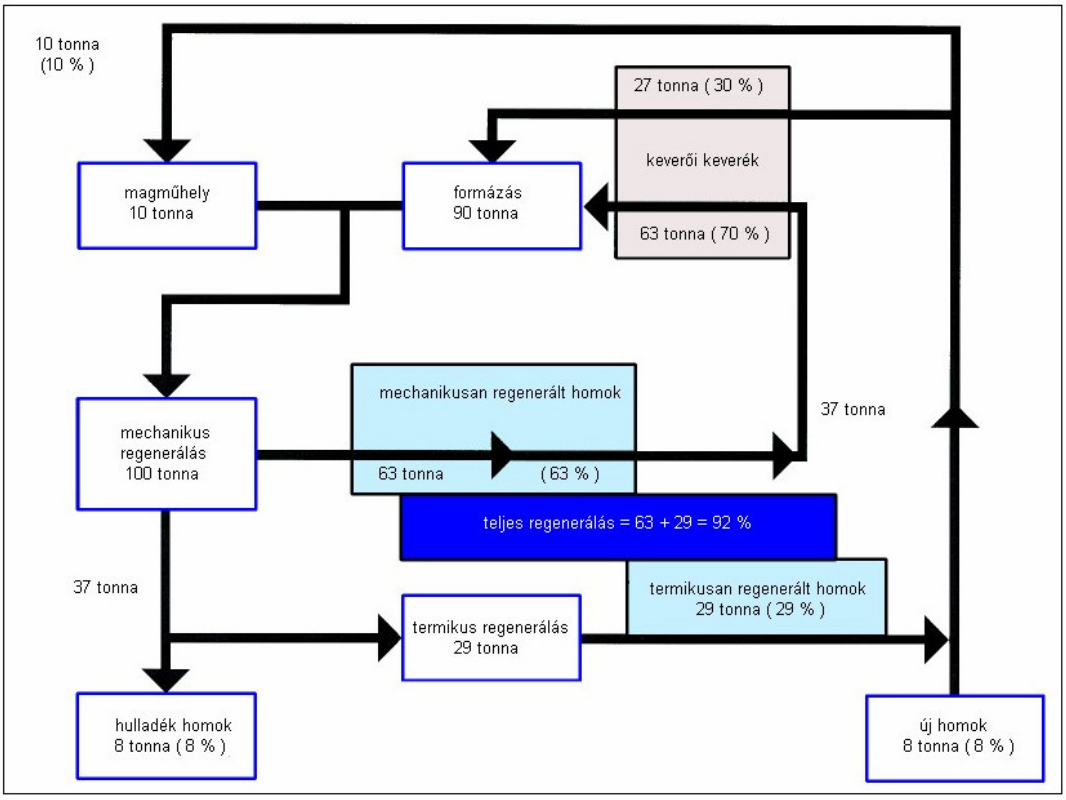
A különböző kezelési rendszerek alkalmazhatóságát összegezi a 4.61. táblázat, további tárgyalásuk a specifikus alkalmazásukról szóló szakaszokban történik.

	Egyszerű mechanikus rendszerek	Hideg mechanikus			Nedves regenerálás	Termikus	Mechanikus – termikus - mechanikus
		Csiszolás	Ütköztető dob	Pneumatikus dörzsölés			
„Monohomokok”							
Hidegen szilárduló	X	X	X	X	X	X	0
Cold-box, SO_2, hot-box, héj	0	X	X	X	0	X	0
Szilikát (CO_2 vagy észter)	0	0	0	X	X	0	0
Nyershomok (elsődleges)	X	0	0	0	0	0	0
Nyershomok (másodlagos)	0	X	0	X	X	0	0
Kevert homokok							
Kevert szerves	0	X	X	X	0	X	0
Kevert nyers+szerves	0	X	0	X	X	0	X
X=alkalmazható, 0=nem alkalmazható							

4.61. táblázat A különböző típusú homokok különböző regenerálási technikáinak alkalmazhatósága

A 4.25. ábra mutatja mindkét, elsődleges és másodlagos regenerálás alkalmazását egy vegyes homoköntödében, 92%-os regenerálás elérése érdekében. Ez az egyszerűsített séma nem veszi

figyelembe a különböző feldolgozási lépéseknél fellépő veszteségeket. Az új homok hozzáadás minimumra csökkenthető a szűrőkben leválasztott por durva frakciójának (a kézi formázó sorok, magkiverő sorok, tároló bunkerek stb. elszívásából) hozzáadásával.



4.25. ábra Termikus/mechanikus regeneráló rendszer homokmérleg diagramja
[70, ETSU, 1998]

A fent megadott, 92%-os teljes regenerálási arány megszokott érték a kevert nyershomok-vegyi kötésű homok keverékeknél. 98%-ig terjedő regenerálási arányokról kaptunk jelentést. A tényleges arány függ a használt magok térfogatától és kémiai összetételétől. Hidegen kötő furános „monohomokoknál” 78% körüli értékeket jelentettek.

A különböző típusú homokok összekeverése általában negatív hatással van a magok szilárdságára és következésképp a regenerált homokból készített formákéra, habár van néhány kivétel ez alól az általános elv alól. Annak érdekében, hogy jó minőségű regenerált homokot kapjunk, nagy jelentősége van a nem kompatibilis homoktípusok elkülönítésének. A regenerálási potenciál optimalizálása a kompatibilis kötőanyag rendszerekre való áttérést is magában foglalja, ha kevert homokokat használunk, vagy olyan ürítési technikákat alkalmazunk, melyek lehetővé teszik a különböző homoktípusok elkülönítését. A 4.62. táblázat erről ad tájékoztatást.

Célrendszer / Forrásrendszer		Bentonit	Szilikát	Hidegen kötő	Hot-box	Héj	Cold-box		
							Metil—formiát	Amin	SO_2
Bentonit		+	0	0	-	0	0	0	0
Szilikát		0	+	-	-	-	-	-	-
Hidegen szilárduló		+	-	+	-	0	-	0	+
Hot-box		0	-	+	+	+	-	0	+
Héj		+	+	+	+	+	+	+	+
Cold-box	Metil-formiát	0	+	0/-	-	-	0	0	-
	Amin		+	+	+	+	0	+	+
	SO_2	+	-	+	-	0	0	+	+
+ : kompatibilis, 0 : korlátozottan kompatibilis, -: nem kompatibilis									

4.62. táblázat Regenerált forráshomokok kompatibilitása különböző kötőanyagokkal
[37, Winterhalter et al., 1992], [225, TWG, 2003]

4.8.2. A nyershomok regenerálása optimalizált körülmények között (elsődleges regenerálás)

Leírás
A nyershomok-formázás egyik legnagyobb előnye az, hogy a formák homokja öntés után regenerálható, sokszoros újbóli felhasználást biztosítva ezzel. Minimális százaléknyi mennyiségű új homok hozzáadása annak érdekében történik, hogy fenntartsuk a formázóhomok minőségét. A hozzáadott új homok mennyiségét a maghomok hozzáadás és a folyamat veszteségei határozzák meg. Mag nélküli formázáshoz az átlagos homokfelújítás 2-5%. Az olyan öntési eljárásoknál, melyeknél magokat használnak, a homok felújítás a maghomok körfolyamatba visszavezetésével történik. A felesleget a homok-körforgalomból, az ürítés után vagy a tároló bunkerekből minden esetben eltávolítják. Az általános kezelés a 2.1.28. ábrán látható. A nyershomok belső visszaforgatása minimális kezeléssel az elsődleges regenerálás. Ennek a regenerálásnak alapvetően három célja van: (1) a homok eredeti szemcseméretére vagy kis részecskékre való törése-aprítása, (2) a finom részecskék eltávolítása és (3) a homok lehűtése az új homokkal való összekeverése előtt.

A széttörésre (aprításra) és különválasztásra különböző technikákat alkalmaznak.

- Vibrálás: A vibrációs rács vagy szita-berendezés a legszélesebb körben alkalmazott technika elsődleges regenerálás céljából. A szitált homokot további kezelésre, pl. hűtésre, méret-osztályozásra, termikus regenerálásra szállítják, és a fennmaradó anyagot ártalmatlanítják.
- Dobolás: Az ürítési műveletből eredő homokot emelő és szállító lapátokkal ellátott forgó dobokba juttatják. Ahogy a homok a dobban előrehalad, a forgató és emelő műveletek a homokszemcsék egymáshoz való dörzsölését és egyedi szemcsékké morzsolódását okozzák. A homokszemcsék a dob végén szitákon esnek át, míg a túlméretes és kísérő anyagokat elkülönítik és hulladékként lerakják.
- Szemcseszórás: A formát és öntvényt közvetlenül a szemcseszóró gépbe rakják. A szemcseszórás a forma teljes szétesését eredményezi és tisztítja az öntvény felületét is. A homokot és a szórószemcséket azután elkülönítik. Ez a technika nem terjedt el széles körben.

Az öntvények hűlése közben a homok felmelegszik. Annak érdekében, hogy jó homokkeverési feltételeket érjünk el, a homokot 40-45˚C-ra kell lehűteni. Elpárologtató hűtőket használnak örvény- és fluidágyakkal, valamint hőcserélőket. Ha az ürítést vibrációs szállítószalagokkal vagy forgódobokkal végzik, ezzel egyidőben a hűtés is megtörténhet.

Ha fluidágyas hűtőt használnak, a szárító levegő gázzal vagy elektromos árammal melegíthető. Az átlagos kezelési idő az ágyon 10 perc. Általában a homok 2-3% nedvességtartalommal és 250-300˚C hőmérséklettel lép be a fluidágyba. A hőmérséklet és nedvességtartalom szabályozása elvégezhető a fluidágy előtt, szabályozott mennyiségű víz utólagos hozzáadásával történő hűtéssel. Ez lehetővé teszi a finom részek mennyiségének minimalizálását, melyet a fluidágyas szárítás közben eltávolítanak. A finom részecskék bentonitot tartalmaznak, mely reaktiválható. A visszatérő homok nedvességtartalmát 35˚C-on 2-2,2%-on kell tartani. Következésképpen tárolás közben a lehűtött és nedves homok bentonit tartalma elkezd aktiválódni, és keverés közben csökken a hozzáadandó víz és bentonit mennyisége, ahogy a ciklusidő is.

A homok jó homogenizálása állandó homokminőséget, jobb és könnyebb homokelőkészítést biztosít. A homogenizáló rendszerek néhány kis tartályból állnak, egy nagy bunker helyett, vagy a homok a silóban is újra körbeforgatható.

A vegyileg kötött magokat használó rendszerekben, a maghomok belekeverése a homokba negatív hatással lehet a homok minőségére, a kötőanyag-típus és a bekevert maghomok mennyiségétől függően. A negatív hatás jelentékenyebb savas és alkálikus magok esetében, mint semleges rendszerekében (SO_2-epoxi, poliuretán-cold-box). Az ürítésnél a formahomok és maghomok elkerülhetetlenül összekeveredik. A ki nem égett és szét nem tört magok azonban kihagyhatók, vagy kivehetők a homokból, mielőtt visszatáplálnák a homokot elsődleges regenerálásra.

Elért környezeti előnyök
Elsődleges anyagok (homok és bentonit) felhasználásának, a lerakandó hulladék mennyiségének csökkenése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homokregenerálás elektromos áramot használ, így növeli a létesítmény általános energiafelhasználását. Mivel főként mechanikus rendszereket alkalmaznak, ez a növekedés elhanyagolható.
A homokhűtés és a finom részecskék leválasztása poros gázok keletkezéséhez vezet. A elszívott levegőt szűrni kell a porkibocsátás megelőzése érdekében. Az összegyűjtött port ártalmatlanítják vagy újra felhasználják (ld. a 4.8.12. szakaszt.)

Üzemeltetési adatok
Míg az új homok-hozzáadás szintjét számos tényező határozza meg, a szokásos tartomány az öntött fém tömegének 10-20%-a. Mindazonáltal kényelmesebb az új homok hozzáadást a homok átmenő teljesítmény százalékában megadni. A legtöbb öntödei eljárásnál 5% hozzáadást elegendőnek tekintenek, de sok öntöde kisebb arányokkal dolgozik.
A monorendszerű nyershomokoknál 98%-os, nagy fokú inkompatibilis magtartalom esetében 90-94%-os regenerálási arány érhető el.

Alkalmazhatóság

Ez a technika minden nyersformázású öntödében alkalmazható, régiekben és újakban egyaránt.

Gazdasági kérdések
A regenerálásból lehetséges költség-haszon olyan öntöde számára, mely jelenleg nem regenerálja a homokját, a 4.63. táblázatban található.

Megnevezés	**Költség (EUR/t homok)**
A kvarchomok átlagos ára	32,64
A homokhulladék-elhelyezés átlagos költsége	14,56
A homokvásárlás és elhelyezés összes költsége	**47,2**
A berendezés becsült értékcsökkenési költsége a berendezésre ráfordított összeg pótlására egy évben	18,24
Átlagos üzemeltetési költség	7,76
Várható költségmegtakarítás az első évben	**21,2**
Várható költségmegtakarítás a további években	**39,44**

4.63. táblázat Az elsődleges regenerálás költség-haszon
[UK becslés, 1995]

A keverő-, adagoló- és folyamatvezérlő egység beruházási költsége a 0,05-1 M EUR tartományban van. A magtöredékek méretcsökkentésének beruházása 0,1 M EUR, ha azt nem lehet egy meglévő mechanikus vagy pneumatikus regeneráló egységben elvégezni. Az üzemeltetési költségeket (éves alapon) a beruházási költség 5-10%-ra lehet becsülni.

A bevezetés hajtóereje
Sok öntöde üzemeltető szerint a költségmegtakarítás az egyetlen célja a különböző homokregenerálási programok megindításának. A jogszabályok a lerakóra kerülő anyagok mennyiségének csökkentését ösztönzik, az elhelyezési költségek folyamatosan növelése révén.

Példaüzemek
Az elsődleges regenerálást valójában minden nyersformázást alkalmazó öntöde használja, de a regeneráló üzemek bonyolultságának foka széles körben változik, az egyszerű kézi működtetéstől a teljesen automatikus, számítógép-vezérlésű berendezésekig.

Irodalmi hivatkozások
[72, ETSU, 1995], [73, ETSU, 1995], [108, FEAF,1999], [110, Vito, 2001], [128, IHOBE, 1998], [140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001], [143, Inasmet és CTIF, 2002]

4.8.3. A hidegen szilárduló homok egyszerű mechanikus regenerálása

Leírás
Egyszerű mechanikus technikákat használunk a hidegen szilárduló „monohomokok” (pl. furán-homok) és kezeletlen maghomok regenerálására. Ezek a technikák a rögök törése, a homokszemcsék szegregálása és tisztítása szemcseközi súrlódással, dörzsöléssel, következetes portalanítással és műveleti hőmérsékletre hűtéssel. Különböző típusú törők és malmok vannak használatban, pl. ütközéses törők, pofás törők, golyós malmok.

Elért környezeti előnyök
A lerakandó hulladékhomok mennyiségének és az új homok felhasználásának csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homok regenerálása további energiafogyasztással jár, és porkibocsátást, valamint lerakandó maradék port képez.

Üzemeltetési adatok
A hidegen kötő furángyantás „monohomokok” regenerálási arányaként 78%-ot jelentettek.

Alkalmazhatóság
A technika minden hidegen szilárduló homokhoz használható, a szilikát kötésűek kivételével. A regenerált homokokat újra fel lehet használni ugyanabban a formázási körben, ugyanazon kötőanyag használatával, újhomokkal való összekeverésük után. Bizonyos korlátozással felhasználható a formázó homok felújításához is.

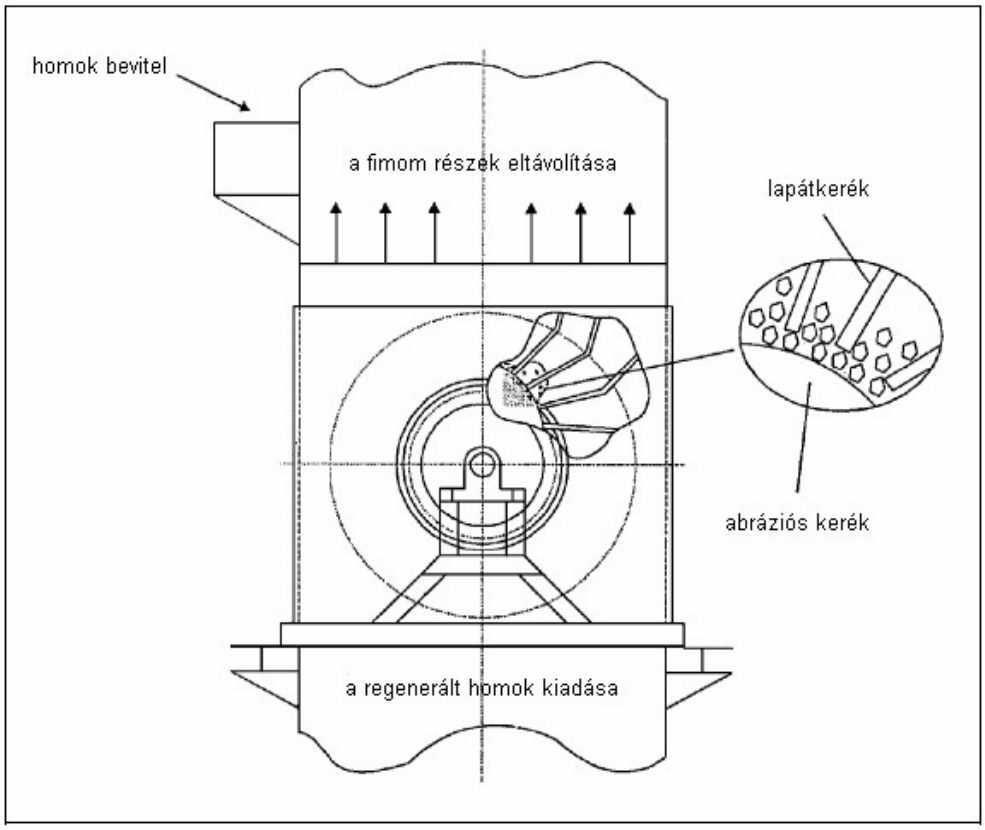
A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladékok mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
A furángyantás homok egyszerű mechanikus regenerálását sok öntöde alkalmazza Európában, és különösen széles körben elterjedt Németországban és Finnországban.

Irodalmi hivatkozások
[153, Umweltbundesamt, 2002], [202, TWG, 2002]

4.8.4. Őrlőkerekes, hideg mechanikus regenerálás

Leírás
Ez egy széles körben alkalmazott őrlőrendszer (ld. a 4.26. ábrát). A rendszert eredetileg a bentonit-szerves kevert homokok regenerálásához fejlesztették ki. Ebben a rendszerben egy vízszintes tengely körül forgó őrlőkereket használunk a kemény oolitos bentonit réteg eltávolítására a homokról. Az őrlés el tudja távolítani a vegyi kötőanyagokat is a homokszemcsék felületéről. Az őrlőkerék körül van egy lassan forgó lapátkerék is, mely folyamatosan mozgatja a homokot az őrlőkerékbe. Efölött egy porleválasztó egység elszívja a port és a finom szemcséket. Ahhoz, hogy a homok alkalmas legyen a feldolgozásra, meg kell szárítani. Egy előszárító lepésben, fluidágy vagy más szárító használatával a nedvesség-tartalmat 0,2% alá kell csökkenteni.



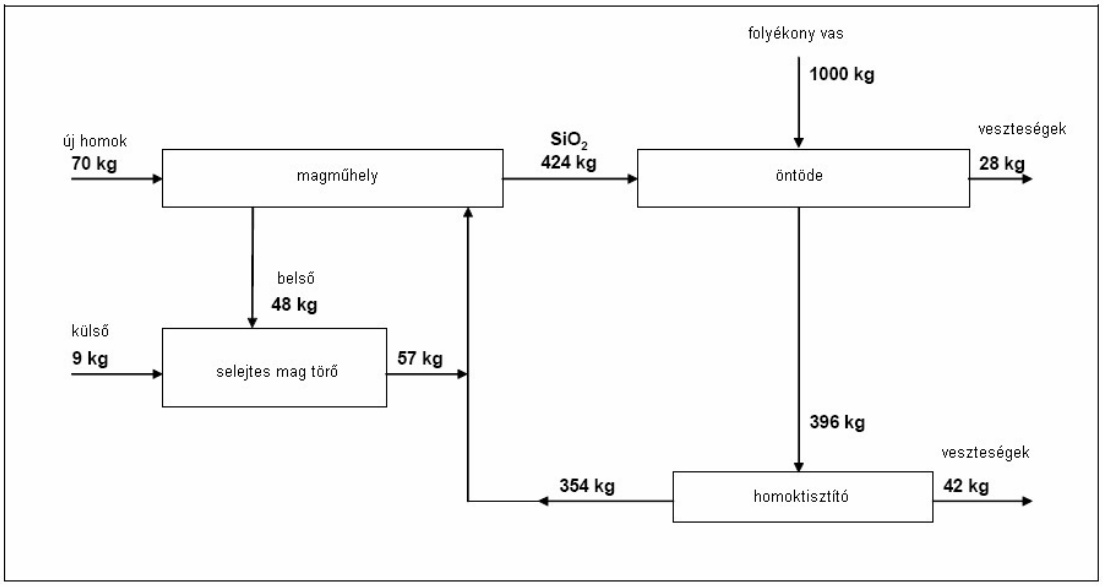
4.26. ábra Őrlést alkalmazó hideg mechanikus regenerálás
[128, IHOBE, 1998]

A regenerálóból távozó gázáramot ciklon és zsákos szűrő használatával portalanítják. A szűrletpor maradék aktív bentonitot és szénport tartalmaz. Ez visszaforgatható a formázáshoz, lehetővé téve a fényes karbon adalék csökkentését. Javul a formák jobb műszaki minősége is (nyers szakítószilárdság, ömlékenység) a maradék bentonit-tartalom következtében, mely a formaselejt mennyiségének és az öntvények erességének csökkenéséhez is vezet.

Elért környezeti előnyök
A lerakandó hulladékhomok mennyiségének, és az új homok felhasználásának csökkenése. A fényes karbon adalék felhasználásának csökkenése nyershomok esetén. A formázó homok tulajdonságainak javulása, mely a formaselejt és az öntvényselejt mennyiségének csökkenését eredményezi.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homokregenerálás többlet energiafelhasználással jár, és porkibocsátást valamint lerakandó hulladékhomok-képződést okoz. A regenerált homok használata a formázáshoz azonban lehetővé teszi a fényes karbon adalék használatának csökkentését.

Üzemeltetési adatok
Az agyagkötésű homokoknál a maximális regenerálási arány 65-75%. Ez megfelel az anyag kvarcszemcse tartalmának. A vegyileg kötött homoknál a visszaforgatható kvarchomok mennyisége 90-95%.
A teljes homok-körforgalom és az új homok igény függ a magok (maghomokok) mennyiségétől. Ezért a homok körforgalom adatai nagyon eljárás-specifikusak. A 4.27. ábra egy holland üzem adatait adja meg.



4.27. ábra Egy holland nyershomok formázású öntöde homok körforgalmának üzemeltetési adatai
[140. EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001]

A nyershomok általában 80% kvarchomok szemcsét és mintegy 20% finom részt (bentonitot, kőszénport stb.) tartalmaz. A 100% hulladék homokból mintegy 70%-ot visszaszállítanak a magkészítéshez visszanyert homokként. A hatásfok kvarcra vonatkoztatva mintegy 88%.

A szűrőben felfogott port megközelítőleg 40% aktív bentonitot tartalmaz, melynek égési vesztesége (LOI) 17% és 43% finom részt tartalmaz. A por újrafelhasználása a homokműben 30%-ig terjedően kevesebb fényes karbon igényt eredményez. A jobb homokminőség miatt a példaüzemben a selejtes formák mennyisége gyakorlatilag a felére csökkent.

A ciklonban felfogott por (a regenerált nyershomok tömegének 20%-a) 25-30% bentonitot és sok szerves anyagot tartalmaz. A kémiai összetétel kívül esik a másodlagos szerkezeti anyagként való újrafelhasználás specifikációján. Hollandiában lerakókon takarórétegként való alkalmazása megengedett. Más régiókban ez a frakció hulladékként lerakandó. A homok őrlése a homokszemcsék gyors elkopását okozza. Ez és a szűrőben felfogott por visszaforgatása eltolódásokat okoz a homok szemcseméret eloszlásában. A homok általános összetételét ezért ellenőrizni és monitorozni kell.

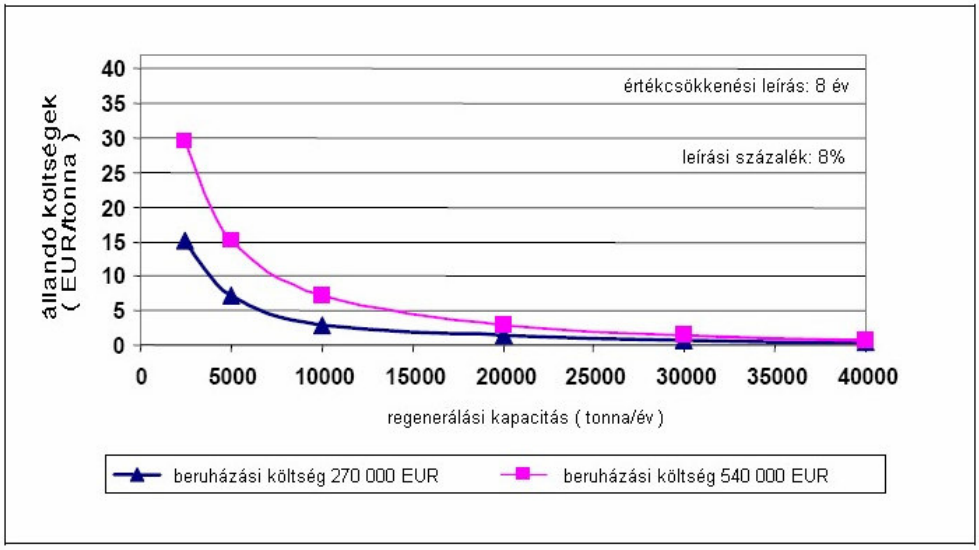
Alkalmazhatóság
A hideg mechanikus kezelést főképp a nyershomokról a bentonit rétegek eltávolítására és a no-bake rendszereknél a vegyi kötőanyagok eltávolítására használják. Az őrlő technika a legszélesebb körben alkalmazott. A vibrációs és ütközéses rendszereket vegyileg kötött homokokhoz használják, de ezek gyenge vagy átlagos minőséget adnak. Ezek a technikák alkalmasabbak a hagyományos homok-hurokhoz (körforgáshoz) (elsődleges regeneráláshoz). A másodlagos regenerálásnak a nyershomoknál korlátozott alkalmazása van.

Gazdasági kérdések
Egy 50 t/nap teljesítményű egység beruházási költsége, beleértve a szárítást, hűtést, regeneráló egységet ciklont és zsákos szűrőt 1 135 000 EUR körül van. Németországból

származó adatok azt állítják, hogy egy 1,5 t/h teljesítményű egység beruházási költsége 600 000 EUR.
A felhasználási szintek a következők (évi átlagos számokra alapozva):

Elektromos áram	39 kW/t
Földgáz	3 Nm^3/t (a homok belépő nedvességtartalmától függően)
Sűrített levegő	36 Nm^3/t
Kopó alkatrészek	1,18 EUR/t
Kezelőszemélyzet	0%
Karbantartás	rutin

Szervesanyag-kötésű homok mechanikus regenerálásának költséggörbéi láthatók a 4.28. ábrán. Az állandó költségek a teljes kapacitás és a beruházás szerint változnak. A változó költségek 11 EUR/t körüli értékig változhatnak, azonban a költségek függenek a specifikus berendezéstől és a helyi viszonyoktól. Az összes költség (állandó és változó) 12-től 40 EUR/t-ig terjed a berendezés méretétől és típusától függően.



4.28. ábra Hidegen kötő kötőanyagú homok mechanikus regenerálásának állandó költségei EUR/t regenerált homokban megadva
[82, IfG- Institzt für Gießereitechnuk, 1996]

A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
De Globe, Wert, Hollandia, 60 t/nap teljesítményű üzem, mely két sort használ és 1995 óta üzemel.
Eisenwerk Brühl, Brüht,Németország (1,5 t/h), 1999
Gießerei Fritz Winter GmbH & Co, KG, Stadtallendorf, Németország, (9,5 t/h)
Mercedes-Benz AG, Mannheim, Németország (9 t/h)

Irodalmi hivatkozások
[82, IfG- Institut für Gießereitechnik, 1996], [110, Vito, 2001], [128, IHOBE,1998], [133, De Globe B.V., 1999], [140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001], [151, Gemco, 1999]

4.8.5 Hideg, mechanikus regenerálás ütközéses dob használatával

Leírás
Ez a mechanikus regenerálási technika a homokszemcsék közötti őrlődésen alapul, és a legjobb eredményt adja a vegyi kötésű monohomokok esetében. A homokot belső forgó tengellyel ellátott dobba adagolják, ahol a forgó tengely kis lemezekkel van ellátva. A homokszemcsék a dob falához és egymáshoz ütköznek. Ez az ütközés mechanikus ledörzsölődési tisztítást hoz létre. A finom részecskéket az elszívott gázzal együtt távolítják el. Az ütközéses dob adagonkénti üzemmódban dolgozik. Két egység beszerelése folyamatos működést tesz lehetővé.
Ha kevert bentonitos-szerves kötésű homokhoz alkalmazzák, a regenerálást mágneses szeparálás vezeti be, a nyershomok eltávolítására. A nem reaktivált bentonit jelenléte következtében a nyershomok gyenge mágnesességet mutat, mely lehetővé teszi a mágneses elkülönítés végrehajtását. A regeneráló rendszer lehetővé teszi korlátozott mennyiségű (15%) kezeletlen maghomok (magtörések a termelésből) beadagolását. A mágneses szeparálás és az ütközéses dob tisztítás kombinációja optimalizált maghomok regenerálást tesz lehetővé, a regenerált homok újrafelhasználásával a magkészítésben.

Elért környezeti előnyök
A maghomok belső újrafelhasználása, ezért a lerakandó anyag és az új nyersanyag-szükséglet csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homokregenerálás többlet energiát igényel, és többlet kibocsátást okoz, valamint ártalmatlanítandó por keletkezésével jár.

Üzemeltetési adatok
A regeneráló dob szakaszosan üzemel, 20 perces kezelési idővel minden egyes 1,5 t-s homokadagnál. Az egész berendezés (beleértve a mágneses szeparátort, az elszívás kezelését, homokszállítást), energia felhasználása 55 kWh/t kezelt homok, melyből 35% tulajdonítható a homokszállításnak és adagolásnak. A berendezés 48 Nm^3/t homok sűrített levegőt használ fel.

A regenerált homok minősége a következő:

átlagos szemcseméret	0,30-0,33 mm
a finom-részecskék részaránya	0,4-1%
pH	8,7
izzítási veszteség	0,25-0,5%

A 100%-ban regenerált homokból készült magok tulajdonságai elfogadhatók. A gyakorlatban a regenerált homok 10-70%-át használják új magokhoz, a mag típusától függően. A berendezésben a porképződés 10%-a a regenerátorba beadagoltnak. Ennek a pornak 90%-át ciklonnal, 10%-át zsákos szűrővel választják le.

Alkalmazhatóság
A technika alkalmazható nyershomok és vegyileg kötött homok keverékének kezelésére. A regenerálást a vegyileg kötött homokáramban végzik és kezeletlen maghomokot is tartalmazhat. A technika alkalmazható új és meglévő berendezésekhez

Gazdasági kérdések
Egy 3 t/h teljesítményű egységnek, 1 ütközéses dobbal, mágneses szeparátorral, az elszívott gáz portalanításával és szállító valamint adagoló rendszerrel, a beruházási költsége 1,3 M EUR.
Ennek az egységnek az üzemeltetési költségei 10 EUR/t-t tesznek ki. Ez magában foglalja az energiafogyasztást, a kopó alkatrészeket, a karbantartást és a hulladékok lerakását. Ez 37 EUR/t előnyt képvisel az új homok beszerzéssel és a használt homok kezelésével összehasonlítva (mindkettő magában foglalja a szállítást).
Egy 380 t/nap teljesítményű egységhez Franciaországban, 15 EUR/t üzemeltetési költséget számítottak. Ez ennél az üzemnél 18 EUR/t nettó előnyt képvisel, az újhomok beszerzéssel és a használt homok kezelésével összehasonlítva (mindkettő tartalmazza a szállítást).

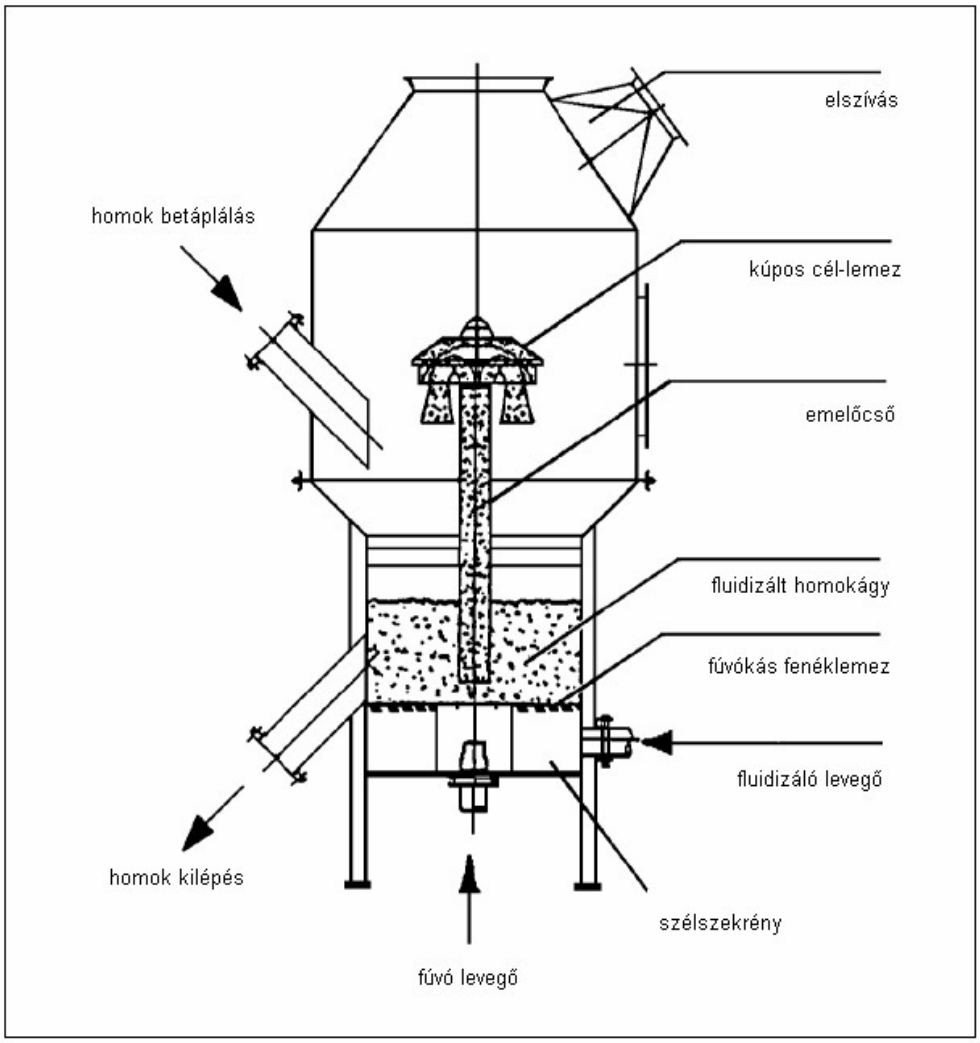
A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladékok mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
Ezt a technikát a következő üzemek használják:
PSA, Sept-Fons (Franciaország): 6 mágneses szeparátor és 2 őrlő alternatívan működik.
GF, Leipzig (Németország): 2 mágneses szeparátor és a 1 őrlő
Döktas – Törökország: 5 mágneses szeparátor és 2 őrlő

Irodalmi hivatkozások
[185, Spitz, 2002] [122, Kirst, 1999] [153, Umweltbundesamt, 2002]

4.8.6 Hideg regenerálás pneumatikus rendszer használatával

Leírás
A pneumatikus rendszerben a kötőanyagokat dörzsölés és ütköztetés használatával távolítják el a homokszemcsékről. A kinetikai energiát a sűrített levegőáram adja. Ez egyidejű portalanítást eredményez. Ezen rendszertípus előnye, hogy a homok iránya és sebessége szabályozható. A levegősűrítés kis energia hatásfoka következtében az energiafogyasztás a tisztán mechanikus kezeléssel összehasonlítva nagyobb. A reaktor elvét a 4.29. ábra mutatja.



4.29. ábra Hideg mechanikus regenerálás, pneumatikus rendszer használatával
[122, Kirst, 1999]

A reaktor fluidágyat használ központi emelőcsővel. A homokot befújják a csőbe, és az gumi visszaverő lemezbe vagy kúpos cél-lemezbe ütközik. Innen a homok leesik és a ciklus újból kezdődik. A tisztítás a szemcsék közötti dörzsöléssel, az ütköző lemezhez való dörzsöléssel és „tiszta" ütközéssel történik. A lemez alakja meghatározza a fő tisztítási mechanizmust: ütközést (harang alak) vagy dörzsölést (kúp). A port a lengőáram zsákos szűrőn keresztül viszi el. A kezelés adagszerű szakaszos rendszerben vagy összekapcsolt pneumatikus egységsoron keresztül történik. Ebben az esetben a tisztított homokot a reaktorból visszaverőn keresztül az ütköző lemez alatt szívják ki.

Elért környezeti előnyök
A kezelendő homok és az elsődleges, új homok mennyiségének csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homokregenerálás többlet energiát igényel, többlet porkibocsátást okoz és lerakandó por keletkezésével jár. A belső regenerálás általános kiértékelését a külső újra-felhasználással szemben és a vonatkozó környezeti elemek közti kölcsönhatásokat külön fogjuk tárgyalni.

Üzemeltetési adatok
A 8-12% finom részecskéket tartalmazó, 3-5% izzítási veszteségű, <2% nedvességtartalmú nyershomokból és vegyileg kötött magokból álló hulladékkeverék egy következő jellemzőkkel rendelkező regenerátumot ad:

regenerálási kihozatal a hulladékhomok SiO_2-tartalmára vonatkoztatva	70-80%
ultrafinom-szemcse tartalom (<0,063 mm)	max. 2 %
finom szemcse-tartalom	<2%
izzítási veszteség	<0,5%
átlagos szemcseméret	változatlan

A technika moduláris felszerelési felépítést használ, 0,8-1,2 t/h alapegységek használatával. A szállító 15-20 kWh/t energiafogyasztást említ (portalanítandó berendezés nélkül). Német üzemeltetési adatok 41 kWh/t villamos energiafogyasztást adnak meg 8 t/h teljesítményű egységre és 62 kWh/t-t egy 0,75 t/h teljesítményű egységre. A jelentett homokregenerálási hatásfokok a homokkibocsátásra vonatkoztatva 65% és 85% közötti tartományba esnek. Spanyol adatok szerint a teljes energiafogyasztás 120 kWh/t regenerált homok egy 1,2 t/h teljesítményű egységnél.

Alkalmazhatóság
A pneumatikus rendszer használható szerves anyag kötésű kevert és monohomokok, valamint bentonit tartalmú kevert homokok regenerálására. Alkalmazható elő- és utókezelésként, a kombinált mechanikus-termikus-mechanikus kezelésnél. Itt a fő felhasználása a maradék por eltávolítása a homokszemcsékről, és a hűtés. Az egyszerű mechanikus regenerálásból származó regenerált homok használható a formázáshoz (100% regenerált homok használatával), vagy új homokkal keverve a magkészítésben (40-60% regenerált homok használatával).
A technika alkalmazható továbbá alumínium öntödékből származó CO_2-vízüveg típusú maghomok regenerálására. Ezt lejjebb külön tárgyaljuk.

Gazdasági kérdések
Egy egyszerű 0,8-1,2 t/h-ás egység beruházási költsége 330 000 EUR. Az üzemeltetési költségek 22 EUR/t-ra becsülhetők, mely teljes regenerálási költségként 36,5 EUR/t homokot tesz ki.

A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
Ezt a típusú berendezést különböző szállítók készítik: KGT fet Reclamier, Künkel-Wagner GmbH, Turbo Dry, Kernfest Webac AB. A technikát számos üzem használja Nyugat-Európában és Kínában.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [82, IfG-Institut für Gießereitechnik, 1996], [108 FEAF, 1999], [110, Vito, 2001], [122, Kirst, 1999], [128, IHOBE, 1998]

4.8.7 Termikus regenerálás

Leírás
A termikus regenerálás hőt használ a kötőanyagok és szennyezők elégetésére. Minden termikus eljáráshoz szükséges a homok megfelelő szemcseméretét kialakító és a fémes szennyezőket kiszitáló megelőző mechanikus lépés. Ez a kezelés magában foglalhatja a bentonit (részleges) ledörzsölését és a por eltávolítását is. A homok felfűtését rendszerint fluidágyas kemencével érik el, melynek üzemi hőmérséklete rendszerint 700-800°C. Forgódobos kemencét vagy többszörös lángkemencét is használnak. A hőt gázégőkkel, villamos fűtéssel vagy rövidhullámú infravörös sugárzókkal biztosítják. Ezeknek a rendszereknek az átbocsátó képessége a 250 kg/h-tól több mint 5 t/h tartományba esik.
A keletkező gázokat elégetik a szén-monoxid és a VOC-ok eltávolítása érdekében. Ez megtehető a kemence átfutó terében, ha az elég nagy ahhoz, hogy kiegészítő elégető levegőt juttassanak be vagy gáztüzelésű utánégetőket helyezzenek el. Ha az elégetendő gázok hőmérséklete nem elég nagy, vagy a tartózkodási idejük a nagy hőmérsékletű térben nem elég hosszú, külön utánégető készülékkel egészítik ki a berendezést. A kibocsátások mindkét esetben jelentéktelennek tekinthetők.
Az elszívott gázokat főleg zsákos szűrők használatával szűrik. Ezért hűtésre van szükség, mely történhet víz beinjektálással, hőcserélővel, visszanyeréssel vagy levegővel való keveréssel, mely természetesen lép be a nyílásokon, réseken stb. keresztül. A hűtés magában foglalhatja a fluidizáló levegő előmelegítését is.

Elért környezeti előnyök
A kezelendő homokhulladék mennyiségének és az új homok használatának csökkenése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A termikus regenerálás tüzelőanyagot igényel, valamint por- és égéssel kapcsolatos vegyület (NO_x, CO és olaj esetében SO_2) kibocsátással jár.
A nagy energiafogyasztást és a berendezés bonyolultságát ellensúlyozza a homokszemcsék kis kopása és a por visszanyerés termikusan semleges alakban.
A furánnal kötött, és para-toluol-szulfonsavval kikeményített homok termikus regenerálása a füstgázok tisztítását, vagyis a CO utánégetését és a SO_2 elnyeletését igényli.

Üzemeltetési adatok
A homokot szokásosan 700-850°C hőmérsékletre hevítik. Elméletileg ez 200 kWh/t-t igényel. A gyakorlatban 150-350 kWh/t energiafelhasználást jelentenek a homok kalorikus értékétől és az energiavisszanyeréstől függően.
Három termikus regeneráló üzem adatai láthatók a 4.64. táblázatban, melyek különböző típusú homokokat kezelnek és különböző kapacitásúak.

Tulajdonság	Egység	Üzem		
Referencia üzemek		**K öntöde**	**L öntöde**	**M öntöde**
A homok típusa		Cold-box mag egységek	Nyershomok formázás, cold-box magok	Kézi furángyantás formázás
Regeneráló egység				
Szállító		CEC/VAW	Richards	Stempelkamp
Technika		Többszörös larig-kemence (500˚C) szitálással és osztályozással	Fluidágyas kemence, 780˚C mechanikus aprítás és portalanítás	Fluidizáló égető kamra mágneses előkészítéssel; a mechanikus furán-homok regenerálásból származó homok és por szimultán feldolgozása
Homokátbocsátás	t/h	12-16	1,0	2,0 használt homok 0,5 por
Kapacitás	t/év	28 600	3340	5 000
Regenerálási arány a használt homok átbocsátásra vonatkoztatva	%	95	95 (99[1)])	95
A regenerált homok alkalmazása		Magkészítés	Magkészítés	Formázás és magkészítés
A regenerált homok minőségi kritériumai		Por < 1% AFS 60-70 (szemcseméret) LOI <0,1% (izzítási veszteség)	Az új F33 homokéval azonos	LOI <0,5%; pH 6,0-6,5, formaszilárdság 1% kötőanyag és 0,3% kikeményítő hozzáadásával: 350 N/cm^2 24 h után
Villamos energiafogyasztás	kWh/t	2 257	65	
Földgázfogyasztás	m^3/t	465	38	
Hulladékképződés	t/év	660	por: 10; bentonitos homok: 1 700	200
A hulladék végső elhelyezése		Bányaaknák + tárnák	Cementgyártás	Építőipar/lerakóhelyek
Hulladék gázáram	Nm^3/h	7 000	16 509	6 560
Hulladékgáz hőmérséklet	˚C	75	60	35
A szűrés típusa		Utánégetés és szövetszűrő	Szövetszűrő	Mész injektálás + szövetszűrő
Kibocsátás[(2)]				
- por	mg/Nm^3	0,1	4,9	0,4
- összes C		2,2	5,7	10
- CO	%	2,3	1,6	0
- O_2	ngTEQ/	14	nincs adat	20,95
- PCDD/F	Nm^3	0,006	nincs adat	nincs adat

(1) A nagyobb hőmérsékletet (99%) csak akkor érik el, ha házon belüli homokot regenerálnak. A 95%-os érték kevert belső és külső maghomokra vonatkozik.
(2) A kibocsátást folyamatos monitoring átlagos adatai alapján számították.

4.64. táblázat Három német termikus homokregeneráló referencia üzem üzemeltetési adatai [153, Umweltbundesamt, 2002]

A regeneráló technika teljesítménye és a regenerált homokkal szemben támasztott minőségi követelményeket hely-specifikus alapon lehet kiértékelni. Specifikus adatok a hivatkozott irodalomban találhatók. [186, Stephan, 1996]; [187, Stephan, 1997]; [188, Stephan, 2000]

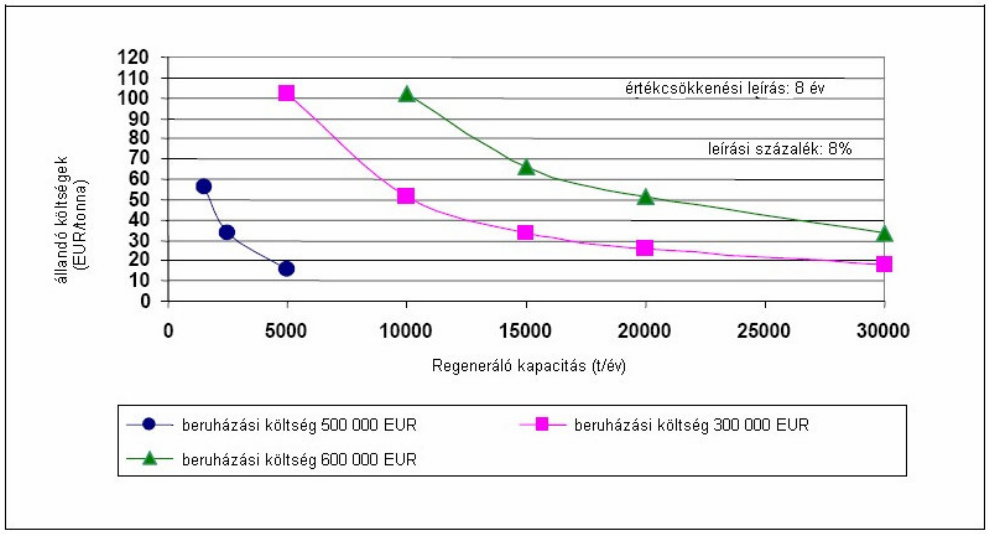
Alkalmazhatóság
A termikus rendszereket általában vegyileg kötött rendszerekhez és kevert homok rendszerekhez használják, feltéve, hogy az utóbbiakban elég nagy a vegyi kötésű homok (magok) részaránya. Mindazonáltal a következő megkülönböztetés tehető:

- néhány kötőanyag szervetlen só maradványokat hagyhat a szemcse felületén. Amikor a hőmérséklet az olvadáspont fölé nő, ez szétterjed a homok felületén és a homokszemcsék szintereződését okozhatja a hűtés közben. Ismert példák a rezolgyanta és szilikátgyanta kötésű homokok.
- a furángyanták termikus visszaforgatása SO_2-kibocsátást okoz, ha szulfonsavat használnak kikeményítő-szerként. Az elszívó rendszer hőmérsékletének elegendően nagynak kell lennie ahhoz, hogy megakadályozza a kénsav-kondenzációt. Ha a kibocsátás nagy, nedves füstgáztisztításra lehet szükség. A foszfor (a foszforsavból mint kikeményítőből) nem párolog el, hanem a felületen marad só alakjában. Ez a P összegyülemléséhez vezethet a visszaforgatás során. Ha a P-tartalom 0,5-0,7%-ra nő, metallurgiai reakció léphet fel, mely az öntvény selejtté válásához vezethet.

A terrmikus regenerálás alkalmazásának foka a mechanikai regeneráláshoz képest kicsi. Németországban csak 10 alkalmazást jelentettek 1999-ben (a 200 mechanikus egységgel szemben).

A Siempelkamp termikus regeneráló egység Krefeldben a hulladékhomokkal együtt az öntödei por kezelésére is képes. Vizsgálatokat végeztek más ásványi hulladék típusokkal is.

Gazdasági kérdések
A beruházási költségek a berendezés nagysága és típusa szerint változnak és a 4.30. ábrán láthatók. Az adatok mechanikus elő- és utánkezelési lépcsőjű termikus rendszerekre, valamint intenzív mechanikus regenerálásra (pl. őrlő egységekre) vonatkoznak. A kis készülékek 0,75 t/h vagy 1 500 t/év teljesítményűek. Egy közepes méretű öntöde 2 500 és 5 000 t/év közé esik. A kis egységek tőke költségei (8 éves amortizációval és 8% kamatlábbal) 55 EUR/t-t tesznek ki. Ezek a költségek nem tartalmazzák az energiaköltségeket, a személyi költségeket és a hulladékkezelési ill. elhelyezési költségeket.



4.30. ábra Kevert homokok termikus regenerálásával és magas szintű mechanikus regenerálásával nyert regenerált homokok regenerálásának állandó költségei euróban, a regenerált homok tonnájaként
[82, IfG- Institut für Gießereitechnik, 1999]

A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése érdekében.

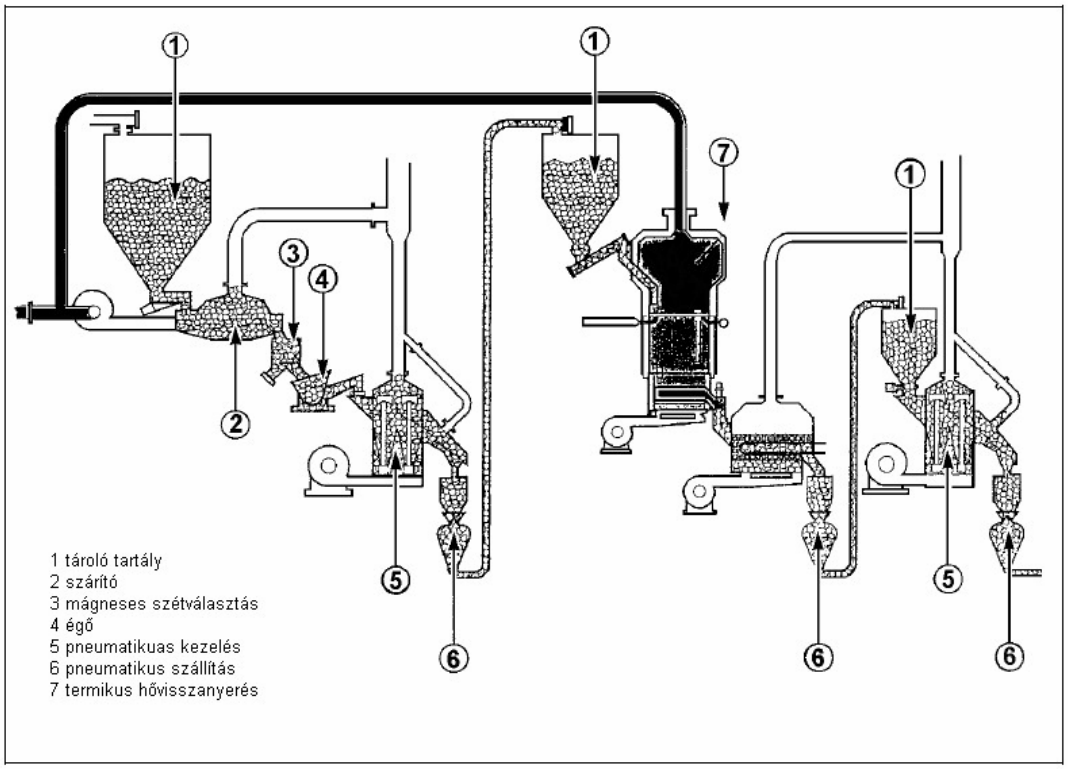
Példaüzemek
- Fluidágy, Metaalgieterij Giesen, Svédország
- Fluidágyas központosított regeneráló üzem, Bielefeld, Németország
- VAW Alucast GmbH, Dilingen, Németország, CEC/VAW rendszer
- Werner Rietsche GmbH, Schopfheim, Németország, Richards rendszer
- Siempelkamp Gießerei GmbH & Co, Krefeld, Németország Siempelkamp rendszer
- Sofogir, Ronchkamp (Franciaország) rendszer Regitherm 500
- Duraton Sicfond, Vénissieux, (Franciaország) Richards rendszer
- FOAM, Leumann (Olaszország), Eco-rec rendszer
- Fonderie Bréu, Montlugon (Franciaország)

Irodalmi hivatkozások
[9, Schneider, 1993], [32, CAEF, 1997], [80, ERM Lahmeyer International GmbH, 1999], [128, IHOBE, 19998], [138, Metaalgieterij Giesen B.V., 1996], [186, Stephan, 1996], [187, Stephan, 1997], [188, Stephan, 2000]

4.8.8. Kevert, szerves-bentonitos homokok kombinált (mechanikus-termikus-mechanikus) regenerálása

Leírás
A kevert, szerves-bentonitos homokokban, kezelt (bakelizált) bentonit és szerves kötőanyagok vannak a homokszemcséken. A por aktív és kezelt bentonitból, kőszénporból (csak vasöntödékben), finom kvarcból és szerves kötőanyag-maradványokból áll. A kevert homokok főleg vasöntödékben fordulnak elő és mintegy 75%-át képviselik a használt homok képződésének. A regenerálás elvégezhető mechanikus, pneumatikus, termikus és kombinált rendszerek használatával

A homokot előkezelik (szitálással, mágneses szeparálással) és szárítják annak érdekében, hogy a víztartalmat <1% mértékűre csökkentsék. Ezután a homokot mechanikusan vagy pneumatikusan tisztítják a kötőanyagok egy részének eltávolítása érdekében. A termikus lépésben a szerves alkotókat elégetik, a szervetlenek átmennek a porba, vagy ráégnek a szemcsékre. Egy végső mechanikus kezeléssel ezeket a rétegeket mechanikusan vagy pneumatikusan eltávolítják, és a porba juttatják. Egy pneumatikus és fluidágyas termikus kezelést használó rendszer tipikus elrendezését mutatja a 4.31. ábra



4.31. ábra Mechanikus-termikus-mechanikus homokregeneráló rendszer
[108, FEAF, 1999]

Elért környezeti előnyök
A lerakandó hulladékhomok mennyiség és az új homok-felhasználás csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homokregenerálás többlet energiát igényel, többlet porkibocsátást okoz és lerakandó por keletkezésével jár.
Az üzemen belüli regenerálásnak a külső újrafelhasználással szembeni általános értékelését és a megfelelő környezeti elemek közti kölcsönhatásokat külön fogjuk tárgyalni.

Üzemeltetési adatok
A mechanikus-termikus-mechanikus kezelés üzemeltetési adatait a 4.65. táblázat tartalmazza.

Paraméter	Egység	N öntöde	O öntöde	P öntöde
Homokáram	t/h	1	2	3
A belépő homok maximális nedvességtartalma	%	1	1	1
Teljes beépített villamos teljesítmény	kW	150	215	400
Földgáz	Nm^3/h	31	62	155
Termikus kezelés - átlagos levegőáram (fluidizálás + elégetés)	Nm^3/h	700	1 200	3 000
Kezelési hőmérséklet	°C	800	800	800
Átlagos kezelési idő	min	20	20	20
Füstgázáram	Nm^3/h	200	300	50 000
Hűtés - típus - vízáram a körben	m^3/h	Fluidágy víz körárammal 15	30	75
Homokhőmérséklet kilépéskor	°C	30 – 40		
Összes energiafelhasználás - villamos - gáz		100 260	90 260	70 260
Sűrített levegőáram	Nm^3/h	150	210	330
A regenerált homok minősége - granulometria - izzítási veszteség		Változatlan ≤0,1%		
A regenerált homok újrafelhasználása - formázás - magkészítés		100% 70-80%		

4.65. táblázat A mechanikus-termikus-mechanikus kezelési rendszer (pneumatikus-fluidágy-pneumatikus) működési adatai
[108, FEAF, 1999]

Német adatok szerint egy 85 000 t/év (13-15 t/h) berendezés távozó gázainak összetétele a következő

SO_2	118 mg/Nm^3
NO_x	150 mg/Nm^3
összes C	10 mg/Nm^3
CO	30 mg/Nm^3

Alkalmazhatóság

Ezt a regenerálási technikát bentonit tartalmú kevert homokokhoz használják. A regenerálás gazdasági és műszaki sikere a regenerálandó homok kiválasztásától függ. Nem helyes az egész homokmennyiség regenerálása. Az a homok, mely termikusan nem károsodott, közvetlenül újra felhasználható az új homok előkészítéséhez. Ennek regenerálása nem helyes, mert az aktív kötő- és adalékanyagot távolítana el. A kiválasztást és elkülönítést az ürítés alatt kell elvégezni, homogenizálás előtt. A technikát nem lehet alkalmazni bentonitromboló jellegű (savas természetű kötőanyagú) maghomokhoz, vagy olyanokhoz, melyek megváltoztatják a nyershomok jellemzőit (pl. vízüveges homokok).

A regenerált homok felhasználható a magkészítéshez az eredeti eljárásban, kis vagy közepes geometriai követelményű magokhoz. A magkészítésre alkalmasság a vegyi kötésű homok kezdeti mennyiségével áll kapcsolatban. Más kötőanyag rendszerekben való alkalmazhatóságát minden esetben meg kell vizsgálni. Ezek a homokok továbbá korlátozás

nélkül alkalmazhatók a veszteségek pótlására a nyershomok formázáshoz. Korlátozások fordulhatnak elő vízüveget vagy metil-formiátot használó homokkeverékekhez.

Az utóbbi években különböző típusú berendezéseket fejlesztettek ki a keverék-homokok kezelésére, de nem találtak széleskörű bevezetésre az ágazatban. Némelyik csak kísérleti szinten dolgozik. Másokat specifikus öntödékhez fejlesztettek ki és olyan homokot hoznak létre, melyek alkalmasak az újrafelhasználásra ugyanahhoz az eljáráshoz, de az eredmények nem vihetők át más öntödékre.

Gazdasági kérdések
Egy háromlépcsős berendezés (mechanikus-termikus-mechanikus) költségei, mely pneumatikus tisztítást használ mechanikus lépcsőként (KGT Jet Reclaimer típusú, 3 cső egy kamrában), s melynek kapacitása 2,5 t/h, a következők: üzemeltetési költségek (fogyasztás, személyzet, karbantartás) 21 EUR/t, beruházási költség (8 éves leírással) 30 EUR/t, így a teljes regenerálási költség 51 EUR/t.

A felhasználási szintek a következők:

elektromos áram	50 kWh/t
földgáz	18 Nm^3/t (a homok nedvességtartalmától függően)
sűrített levegő	60 Nm^3/t
kopó alkatrészek	5 EUR

A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
Halberg Guss GmbH, Saarbrücken (Németország), termikus-mechanikus rendszer. Ez az üzem 30% szerves és 70% szervetlen kötőanyagú homokkeverékből 13-15 t/h mennyiséget kezel. A szerves kötésű homok héj- és cold-box homokok 50-50%-os keveréke. A regenerálási arány a használt homok kezelésére vonatkoztatva 78%. A regenerált homokot a magkészítéshez használják (100% a héjhomokhoz; 70-10% a cold-box–hoz).
A mechanikus elsődleges regenerálás + a kromit- (a magokból) és kvarchomok (mindkettő vegyileg kötött) elkülönítése + a kvarchomok termikus/mechanikus kezelése van bemutatva egy kísérleti lépcsőben, Németországban (1993). Mindkét homoktípus szeparálása szükséges volt, mert szintereződés és eutektikum kialakulása történt a kevert homokban. Az üzem később bezárt, más gazdasági okok miatt.

Irodalmi hivatkozások
[11, Schachtner és Müller-Späth, 1993], [37, Winterhalter és mások, 1992], [108 FEAF1999], [122 Kirst, 1999], [128, IHOBE, 1998], [153, Umweltbundesamt, 2002], [225, TWG, 2003]

4.8.9. Nedves homokregenerálás

Leírás
A fém eltávolítása után a homokot vízzel keverik, hogy iszapot hozzanak létre a kötőanyag könnyű különválasztására és az azt követő nedves szitálás (1,6 mm) lehetővé tételére. A szemcsékhez kötődött kötőanyag maradványok eltávolítása nedves regeneráló egységben történik, a homokszemcsék intenzív részecskék közötti dörzsölésével. A kötőanyagok a

mosóvízbe kerülnek. A mosott homokot végső, max. 0,3% nedvességtartalomig szárítják, szárazon szitálják (1,2 mm-nél) és lehűtik. Ezt követheti további mágneses vastalanítás és végső porleválasztás. A kötőanyag-maradványt szeparálják a szuszpenzióból és biztonságos ártalmatlanítás érdekében kezelik.
Az eljárás fő előnye a mechanikus és termikus eljárásokkal szemben az, hogy lehetővé teszi a valós idejű megfigyelést. A pH-ellenőrzésen keresztül lehetséges a folyamat folyamatos monitoringja, szükség esetén valós idejű cselekvést, és a regenerált homok folytonos minőségét lehetővé téve. A technika lehetővé teszi a kötőanyagréteg eltávolítását nedves mechanikus úton, szükség esetén vegyi eljárással kombinálva, a homokszemcsék koptatása nélkül.
Az eljárás fő célja a használt homok oolitizációs fokának (LOI max. 1 %) és savtartalmának csökkentése.

Elért környezeti előnyök.
A lerakandó homok mennyiségének és az új felhasználásának csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A nedves eljárás lerakandó iszapot és szennyvízáramot hoz létre. A szennyvízzel kapcsolatban probléma, hogy a bentonit rosszul ülepedik, és nehéz eltávolítani a szennyvízből. A vízüveges homok regenerálásából származó szennyvíz alkálikus ionok jelenlétét mutatja. Ezeknek az ionoknak elkülönítése a szennyvízből nehéz.

Alkalmazhatóság
A nedves regeneráló rendszer csak nyershomokhoz és szilikát vagy CO_2-kötésű homokokhoz használható. Ezen típusú eljárásokból származó homok regenerálása a regenerált homok teljes újrafelhasználását teszi lehetővé mind a formákhoz, mind a magokhoz. Regenerált nyershomokkal végzett vizsgálatok jó minőségű cold-box magok készítésének lehetőségét mutatták elfogadható kötőanyag mennyiség (1,8% összességében) mellett.

Gazdasági kérdések
Az olasz öntödei piacon belül a központosított nedves regeneráló üzem ajánlani tud regenerált homokot az új homoknál olcsóbb áron

A bevezetés hajtóereje
Erről a rendszerről azt jelentették, hogy jobban elviseli a használt homokok minőségének változásait, mint a mechanikus vagy termikus eljárások. Ez alkalmassá teszi ezt az eljárást arra, hogy központi homokgeneráló üzemben használt eljárásként vegyék lehetséges megoldásként figyelembe.

Példaüzemek
Safond központosított nyershomok nedves regeneráló üzem, mely 1981 óta kezel 230 000 t/év használt homokot.
Egy lengyel öntöde (Odlewinia Zeliwa Srem s.a., Srem) működtet egy furánhomok nedves regenerálót. A művelet hely-specifikus tényezők szerint irányítják, és a technika nem tekinthető más helyszínekre átvihetőnek.

Irodalmi hivatkozások
[37, Winterhalter és mások, 1992], [140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001], [225, TWG, 2003]

4.8.10. A vízüveges homok regenerálása pneumatikus rendszerek használatával

Leírás
A vízüveges homokot hagyományosan nehéz regenerálni. A pneumatikus rendszer használata lehetővé tette egy regeneráló üzem felállítását, 60%-os regenerálási aránnyal. A rendszer a fent említett rendszerrel (ld. a 4.8.6. szakaszt) azonos elven működik. Ennél a kötőanyagnál azonban a homokot 220˚C-ra fel kell hevíteni regenerálás előtt, annak érdekében, hogy a szilikátréteget rideggé tegyük. A homok nedvességtartalmának 0,3%-nál kisebbnek kell lennie. A regenerált homok újra felhasználható ugyanabban a rendszerben. Annak érdekében, hogy az észter helyesen működjék, a regenerált homokot 20˚C-nál kisebb hőmérsékletre kell lehűteni, mielőtt visszatáplálnánk a formázási ciklusba. A vízüveges homokregeneráló rendszerek a következő folyamatlépéseket tartalmazzák: rögtörés-szárítás/felmelegítés-(pneumatikus) regenerálás-hűtés-szűrés.

Ennek a technikának a teljesítménye kisebb, mint a szerves-anyag kötésű homokok termikus regenerálásának. A következők korlátozzák:
- kisebb azonnali nyomószilárdság
- a homokkeverékek rövidebb magpadi élettartama
- a magok tárolása közbeni szilárdságcsökkenése
- a visszamaradt nyomószilárdság vesztesége, különösképpen nagy szétomló képességű kötőanyagok használata mellett.

Ezeknek a problémáknak a kiegyenlítése érdekében változásokra van szükség a feldolgozási ütemben vagy a kötőanyag keverékekben.

Elért környezeti előnyök
A vízüveges homok alkalmazásának kicsi a környezeti hatása a szerves kötőanyagokéhoz képest. Ez a technika lehetővé teszi a vízüveggel kötött homok (részleges) regenerálását, így csökkenti a használt homok lerakásának és az elsődleges nyersanyag használatának szükségességét.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A homok felmelegítésére földgázt égetnek el. A megfelelő CO_2-kibocsátást 18 kg/t használt homokra becsülik. NO_x-kibocsátás is keletkezik.

Üzemeltetési adatok
Egy német példaüzem lépésenkénti ciklusban működő pneumatikus egységet üzemeltet. A homokot először indukciósan, vagy forró levegővel (5 min/220˚C) megszárítják. Ezután megkezdődik a pneumatikus tisztítás sűrített levegő belövésével (70 min). Ezt követi a végső portalanítási fázis, melynek során csak fluidizáló levegőt vezetnek be (2 min). Nincs szükség további hűtésre, mert a homok feldolgozható hőmérsékletre hűl.
A regenerált homok kihozatalát egy ciklusos működésben a kezdeti tömeg (SiO_2 alapon) 86%-ban jelentették. Szilárd, tartós magok készítése érdekében, és figyelembe véve a homokminőség további romlását a második regenerálási ciklusban, maximálisan 62% regenerálási arány érhető el (38% új homok hozzáadást igényelve).

A fajlagos felhasználási szintek a következők (egy 1 500 t/év; 0,5 t/h teljesítményű egységnél:
- földgázfogyasztás 104,4 kWh/t használt homok
- elektromos áram-fogyasztás 74,5 kWh/t használt homok

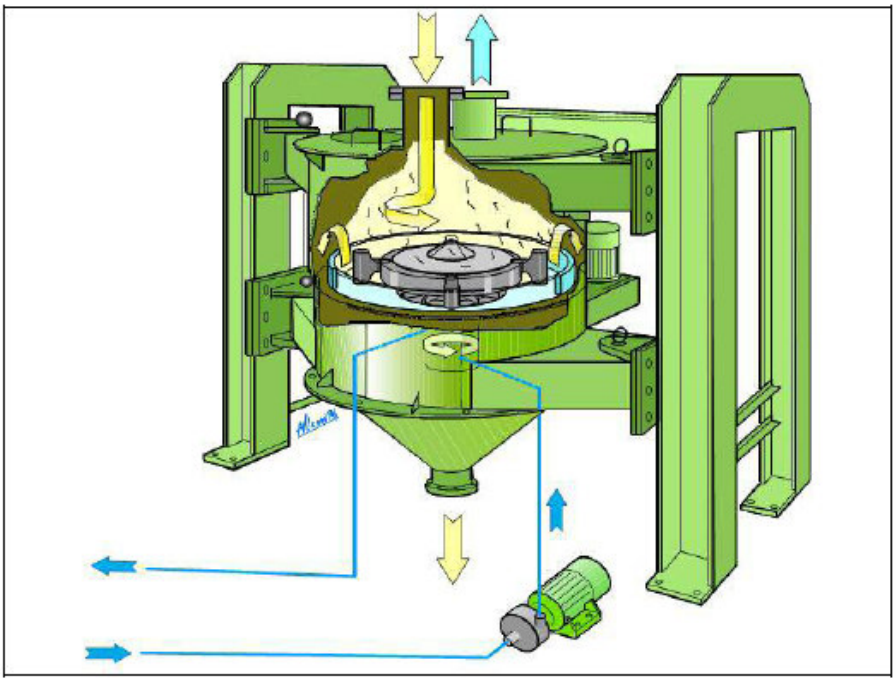
Egy lengyel példaüzemben (acélöntödében) a regeneráló a következő egységekből áll: vibrációs törő-szárító – ütközőlemezes regeneráló – kaszkád portalanító – elektrosztatikus porleválasztó. A berendezés műszaki részletei a 4.66. táblázatban vannak megadva. A regenerált homokot újra felhasználják a szilikát kötésű formahomok előkészítésében. A szilikátkötésű homokot töltőhomokként használják a formázásnál, alkálikus homokkal mintahomokként. A teljes homokmérleg (éves alapon) 45-47% regenerált homok felhasználást mutat.

Jellemzők	**Értékek**
Kapacitás	10 t/h
Visszanyerési arány	90%
A regenerált homok aránya a formahomokban	50-60%
Beépített teljesítmény	76 kW
A porleválasztási rendszer (2 zsákos szűrő) hatékonysága	99,4%
A regeneráló berendezés alapterülete	220 m^2

4.66. táblázat Egy szilikát kötésű homok regeneráló egységének üzemeltetési adatai
[200, Metalodlew s.a., 2002]

Egy spanyol példaüzem (acélöntöde) 80-88% regenerált szilikát-észter homok újrafelhasználást (évi átlagban 12,55 átlagos új homok hozzáadással) jelentett kézi formázósorban, nagy öntvények gyártásához. A regeneráló rendszer a következőkből áll: vibrációs rögtörés – felhevítés közvetett fűtésű reaktorban („quemador"-ban gázégővel egy mellékkamrában) – hűtés vízhűtéses hőcserélő toronyban – ütközéses tisztítás egy forgó keverő kamrában.

Olasz példaüzemek is különleges berendezést használnak a homok 140-150˚C-ra felmelegítéséhez, a hibák eltávolításának és a vízüveg bevonat elridegítésének lehetővé tételére. Ezt mechanikus kezelés követi forgó dörzsölőben, majd portalanítás és végül hűtés. A forgódobos regenerálás sematikus rajza látható a 4.32. ábrán.



4.32. ábra Rotációs (forgó) mechanikus regeneráló egység
[225, TWG, 2003]

A berendezés 35 kW/t regenerált homok energiát használ fel. A homokveszteség mintegy 5%. A formázó és maghomok keverékekhez több mint 90% regenerált homok használható. Az elérhető regenerálási arány a regenerálás intenzitásától, idejétől és a homokveszteségtől függ. A homokveszteség a ciklus minden részében: a keverésnél, az előkészítésnél, a szállításnál, formázásnál és regenerálásnál lép fel.

Alkalmazhatóság
A vízüveges homok regenerálhatósága a használt katalizátoroktól függ. A klasszikus poliacetát glicerin-észterekkel a regenerálás egy bizonyos számú ciklus után már nem lehetséges. Karbon-észterekkel a regenerálás lehetséges, és még könnyebb is, mint a szilikát-CO_2 homoknál. Ha a homokot nem lehet 20˚C-nál kisebb hőmérsékletre hűteni a keverőbe való visszajuttatása előtt, lassú reakciójú észtereket kell használni. Ezek nem regenerálhatók. Ez a helyzet nyáron, a forró égövben fordulhat elő.

A regenerált vízüveges homok előkészítése szerves kötőanyagú formákhoz vagy magokhoz problematikus. A magasabb elektrolit (kötőanyagok) tartalom megakadályozza más magkötőanyag rendszerekhez való használatát. Az erősen bázikus vízüveg maradványok negatív hatással vannak a kötésre, valamint a mag stabilitására a semleges és az alkálikus kötőanyag rendszerekben egyaránt. Alkalmazásukat a nyershomok ciklusban és savas kötőanyag rendszerekben nem vezették be sikeresen.

A másodlagosan regenerált homok gyenge minősége miatt szükséges a kimagozás és homok összegyűjtés alatt azonosítani a regenerált homok mennyiségét és eredetét (pl. a ciklusuk számát), és kiselejtezni minden használhatatlan homokot.

A nagy költségek és a viszonylag kis regenerálási arány következtében a berendezése értékcsökkenése ésszerű időn belül csak 2 500 t/év-nél nagyobb teljesítményű üzemeknél garantált.

Gazdasági kérdések
Ezen technika üzemeltetési költségei a német példaüzemben 60 EUR/t körül vannak. Ez a költség volt az oka, hogy egy felhasználó bezárta az üzemét és visszatért a vízüveges homok deponálására, melyet 30 EUR/t költséggel tudott alkalmazni.
A spanyol példánál a jelentett üzemeltetési költség 10 EUR/t volt.

A bevezetés hajtóereje
A vízüveges homok regenerálásának lehetővé tétele, melynek jó környezeti tulajdonságai vannak bizonyos alkalmazási területen.

Példaüzemek
- KGT Jet Reclaimer központosított regeneráló üzem 4 öntöde számára, mely 1998-ban épült a Bröer cégnél Schwetzingenben (Németország), de leállította működését 2001-ben.
- Metalodlew s, a. Krakkó (Lengyelország)
- Lur Sue s.l., Lora Del Rio (Spanyplország)
- Fonderia Arno Metallurgia, S. Vittore Olona (Olaszország)
- Faser Spa, Rogeno (Olaszország)
- Talleres De A murrio S.A. Amurrio (Spanyolország)
- Daros Piston Rings AB, Partilla (Svédország)

Irodalmi hivatkozások
[128, IHOBE, 1998], [152, Notzon és Heil, 1998],[154, Baum, 2002], [200, Metalodlew s. a.,2002], [210, Martinez de Morentin Ronda, 2002], [225, TWG, 2003], [228, Galante és mások, 1997]

4.8.11. A kezeletlen maghomok belső újrafelhasználása

Leírás
Magkészítés során törött, kis hibás magok, és a megkészítő gépek maradék homokja alakjában homokmaradványok is keletkeznek. A maradékhomok külön egységben kikeményíthető. Ezt követően a különböző nem használt homokáramot törő egységbe táplálják. Az eredményül kapott homokot keverni lehet új homokkal új magok készítéséhez.

Elért környezeti előnyök
A maghomok 5-10%-ának belső visszaforgatása, melyet egyébként deponálni kellene.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
Ez a technika a poliuretán (cold-box) és furángyantás homokokra vonatkozik. Más kötőanyagok nem teszik lehetővé ennek a technikának használatát.

A technika bevezetése változtatásokat tesz szükségessé a folyamatvezérlésben. A visszaforgatott és új homok optimális arányát meg kell határozni. További változtatásokra lehet szükség a kötőanyag adalékban vagy az összetételben.

Gazdasági kérdések
A technika 250 000-5 000 000 EUR beruházási költséget igényel a kombinált kezeléshez és a rögtörő egységhez. Az optimális költségek 12 EUR/t körül vannak. Ezeket a költségeket kiegyenlíti a deponálási költségek és az újhomok vásárlás költségeinek csökkenése.
A technika csak magigényes termeléshez életképes.

A bevezetés hajtóereje
Az elsődleges anyagok felhasználásának optimalizálása és a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése.

Példaüzemek
A technika használatát jelentette számos nagysorozat-gyártó öntöde.

Irodalmi hivatkozások
[82, IfG- Institut für Gießereitechnik, 1996], [110, Vito, 2001]

4.8.12. A nyershomok körforgalomból származó por újrafelhasználása a formázásban

Leírás
A port az ürítő-berendezésnél, valamint a száraz nyershomok kezelő állomásainál és adagolásánál elszívott levegő szűréséből gyűjtik össze. Az összegyűjtött por aktív kötő-anyagokat tartalmaz és visszaforgatható a nyershomok körforgalomba.

Elért környezeti előnyök
A kötőanyag (bentonit)- és adalék-felhasználás (fényes karbonképző) csökkentése a belső visszaforgatáson keresztül.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások.
Nincsenek.

Üzemeltetési adatok
Egy autóipari vasöntöde, mely 8 000 t/év termelésű automatikus formázósort használ, 480 t/év port termel. A port összegyűjtik, hűtik és a homokkeverőbe visszaforgatják. Az összegyűjtött por 23% aktív bentonitot és 10% fényes karbonképzőt tartalmaz. A por 50%-a forgatható vissza a finom por okozta minőségromlás kockázata nélkül.

Alkalmazhatóság
A technika alkalmazható új és meglevő nyershomok formázású öntödékben.

Gazdasági kérdések
A technika 25 000 EUR beruházást igényel a raktározási és szállító berendezésekhez. Az amortizációs idő 8 év, 8%-os leírási kulccsal egy 240 t/év teljesítményű berendezésnél, mely 17 EUR/t kezelt homok tőkeköltséget eredményez. Nincs üzemeltetési többletköltség, mivel a teljes berendezés működtetése nem változott.

A bevezetés hajtóereje
Az elsődleges anyagok felhasználásának optimalizálása és a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése.

Példaüzem
Egy autóipari vasöntöde Németországban.

Irodalmi hivatkozás
[82, IfG-Institut für Gießereitechnik, 1996]

4.8.13. A homok-körforgalomból és a regenerálási folyamatokból származó használt és méret alatti homok külső újrafelhasználása

Leírás
A homok-körforgalomból és a homokregenerálásból származó használt homok (öreg homok) és méret alatti (finom szemcsés) homok valamely külső felhasználásra találhat, melyeknek fő alkalmazási területei a következők:

- az építőipar (útépítés, autópálya-építés)
- az építőanyag ipar (cement-, tégla-, mészkőgyártás)
- bányaüregek (aknák, tárnák) feltöltése
- lerakó (utak a lerakón, állandó burkolatok).

Ezeknek az alkalmazásoknak a korlátait az építőanyagok műszaki kritériumai és/vagy a környezetvédelmi kritériumok szabják meg. A környezeti kritériumok általában a kilúgozódási tulajdonságokon és a szerves vegyület-tartalmon alapulnak. Ezek a különböző európai régiók szerint változnak. A használt homokok általában kis fém-kilúgozódási

potenciált mutatnak. A határértékek túllépése nagy szerves kötőanyag, vagy különleges adalék, mint pl. a fényes karbon anyagoknál fordulhat elő.
Nagy kvarctartalmának és megfelelő szemcse-összetételének köszönhetően, a használt homok új homok helyettesítőként alkalmazható az útépítésben. Alkalmazása az építőanyagok (cement, tégla csempe, üveggyapot) gyártásában műszakilag megvalósítható, de az összetétel és a logisztika szabályozásának magasabb szintjét követeli meg.

Ipari méretű próbákat sikeresen alkalmaztak a következő területeken:
- útalapok
- feltöltések
- csatornázási anyagok
- beton elemek
- cementgyártás (a folyamat szilícium igényétől függően. Németországban ez az alkalmazás nagyobb jelentőségű.)
- bányaüregek feltöltése (jó alátámasztási képességének következtében. A használt homokot Németországban használják ezen az alkalmazási területen.)
- terep-feltöltések végleges takarása (vízüveggel és egyéb hulladékokkal keverve példák vannak Hollandiában)
- építőanyag gátak megerősítésére
- veszélyes hulladékok üvegesítése.

Áttekintő táblázat, mely részletesebb tájékoztatást ad a különböző típusú homokokról, a 4.9. szakaszban található.

Az alkalmazás más területei a téglagyártás, másodlagos rézolvasztás és cink visszanyerés. Hangsúlyozni kell, hogy az ilyen típusú külső felhasználás tárgyalása kívül esik a jelen referencia dokumentum tárgykörén. Általában megállapítható Azonban, hogy a homok rendszerint nem szorul előkezelésre, és az öntödéből összegyűjtés és közbenső tárolás után kiszállítják. Az anyag minőségének folyamatos garantálása érdekében általában külön gyűjtő és raktározó rendszert fejlesztenek ki. Az anyag minőségét rendszeres ellenőrzésekkel is ellenőrizni kell.

Elért környezeti előnyök.
A külső alkalmazásoknál a használt homok helyettesít, és ezzel megtakarít új anyagokat. Általában a külső alkalmazás nem követeli meg a homok semmilyen kezelését sem, és ezért nem okoz energiaköltséget az öntödének.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A szerves bevonatok aromás szénhidrogének lehetséges forrásai.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható új és meglevő berendezésekhez mindaddig, míg találnak vevőt a hulladékhomokra.
A felesleges öntödei homok felhasználása nem csökkenti az aszfaltbeton kopásállóságát. A felesleges öntödei homok felhasználása ugyanabból az öntödei folyamatból származó porral együtt lehetséges a Portland cement gyártásában. A felesleges öntödei homok felhasználása a pernyével és acélsalakkal együtt lehetséges az ásványgyapot-gyártásban. A felesleges öntödei homok felhasználása a biohulladékok komposztáló folyamatában nincs negatív hatással a végtermék, vagyis a fedőtalaj környezeti vagy műszaki jellemzőire. A felesleges öntödei

nyershomok felhasználása az ásványi burkolóanyagokban, műszakilag és környezetileg lehetséges, a hulladéklerakók legfelső rétegeiben.

Gazdasági kérdések
A külső hasznosítás költségei a helyi piactól és a szükséges szállítás és raktározás költségeitől függenek.
Az elkülönített gyűjtés és raktározás beruházási költségei minimálisak. Ezek gyakran megvalósíthatók szervezési intézkedésekkel. Az elemzések és adminisztráció üzemeltetési költségei 5 000 EUR/év mértékig terjedhetnek. Az előnyoldalon jelentkezik a deponálási költségek csökkenése (125 EUR/t mértékig).

A bevezetés hajtóereje
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
Számos példát jelentettek Európa-szerte, pl. Finnországból, Hollandiából, Belgiumból, Németországból, az Egyesült Királyságból.

Irodalmi hivatkozások
[82, IfG- Institut für Gießereitechnik, 1996], [110, Vito, 2001], [128, IHOBE, 1998], [169, Orkas, 2001], [171 The Castings Development Centre, 1999]

4.9. Por és szilárd hulladékok: kezelés és újrafelhasználás

4.9.1. Bevezetés

Az anyagok jó elkülönítése alapvető a visszanyerés, visszaforgatás és újrafelhasználás lehetőségeinek megkönnyítésére. A hulladékot mindig hasznosítani vagy újrahasználni kell, hacsak nem kaptak megfelelő indokolást a rendelkező személytől, hogy a visszanyerés „műszakilag és gazdaságilag lehetetlen”.

Általánosságban, a hulladékáram a következőket tartalmazza:
- zsákos vagy patronos szűrőkben összegyűjtött nyersanyagok,
- kéntelenítésből származó salak,
- salak/kaparék az olvasztásból,
- a szűrőberendezésben összegyűjtött olvasztási por és pernye,
- a szűrőberendezésben összegyűjtött öntési por és pernye,
- egy porleválasztóban összegyűjtött öntvénytisztítási por,
- az öntvénykikészítésből származó forgács és szilánkok,
- használt leszóró-anyag szemcseszórásból,
- mosófolyadékok és zagy, valamint a szennyvíz kezelő berendezés kibocsátása,
- tűzállóanyag hulladék a csapoló-csatornákból és üstökből,
- homok,
- vegyszer- és olajtartályok,
- általános, semleges ipari hulladék.

A hulladékot amikor csak lehetséges, hasznosítani kell. A homokon kívül a legfontosabb hulladékok a következők:

- az olvasztásból és fémkezelésből származó salak,
- a leválasztó berendezésekben összegyűlt por,
- az összegyűjtött zagy,
- a tűzállóanyag hulladék.

[160, UK Environment Agency, 2002]

4.9.2. Előkezelés a szilárd hulladékok külső újrafelhasználásához

Leírás
A szilárd hulladékok külső felhasználásának lehetővé tétele érdekében az anyag kezelésre szorulhat. A 4.67. táblázat megadja a különböző szilárd hulladékok (nem homokok) megkívánt feldolgozását és újrafelhasználásuk lehetséges korlátait.

A kupolókemence salakjánál a fizikai forma, és ezért bizonyos mértékig újrafelhasználásának lehetősége az alkalmazott salakolás típusától függ. A száraz salakolás, vagyis a salak edényekbe öntése hűlés és megszilárdulás céljából, kristályos, nem porózus ásványi anyagot hoz létre. A technológiai szempontokat illetően ez a salak hasonló a nagyolvasztói salakhoz. A nedves salakolás granulált salakot hoz létre, a salak vízsugárral való hűtése által.

Hulladékfajta	Kezelés	Korlátozás
Levegővel hűtött kupoló salak	Zúzás	-üveges por képzése -kezelési követelmények az üveges természet miatt
Vízzel hirtelen lehűtött kupoló salak	Nincs	-üveges por képzése -kezelési követelmények az üveges természet miatt
Indukciós olvasztási salak	Zúzás	-üveges por képzése -kezelési követelmények az üveges természet miatt -kevés adat áll rendelkezésre a kilúgozódásról
Villamos ívkemence salak	Zúzás	-üveges por képzése -kezelési követelmények az üveges természet miatt -kevés adat áll rendelkezésre a kilúgozódásról
Kéntelenítési salak	A fémek és más durva részecskék eltávolítása	-kezelési követelmények, CaC_2 gondos kezelést igényel a sérülések elkerülésére -kiömlés -különleges hulladék lehet
Porok és zagyok	Zagysajtolás, szárítás és granulálás szükséges a legtöbb alkalmazáshoz	-egészségügyi és biztonsági követelmények bizonyos porokhoz -problémák a poros anyagok szállításánál -nagy kilúgozódási potenciál a termék természete és nagy felülete következtében

4.67. táblázat A szilárd hulladékok külső újrafelhasználásához szükséges kezelések, és felhasználásuk lehetséges korlátai
[171, The Castings Development Centre, 1999]

Elért környezeti előnyök
A külső alkalmazásokban az újra felhasznált anyagok másodlagos építőanyagként szolgálnak, és új anyagokat helyettesíthetnek. A visszaforgatás a lerakandó anyagok mennyiségének csökkenését eredményezi.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Az előkezelés energiát igényel és porkibocsátást okoz.

Alkalmazhatóság
Ez a technika alkalmazható új és meglevő üzemekben, amennyiben van megfelelő helyi piaca a maradék-anyagoknak.

A különböző szilárd hulladékok külső újrafelhasználásának lehetőségeit tekinti át a 4.68. táblázatban.

AZ ÚJRAFELHASZNÁLÁSI ALKALMAZÁSOK ÖSSZEFOGLALÁSA	*HOMOK*						*SALAK*					*EGYÉB*	
Építőanyag típusok	Nyershomok	Alkálikus fenolos	Fenol-uretános	Furános	Héj	Vízüveges	Levegőhűtésű	Vízzel hirtelen	Indukciós	Villamos ívkemence	Kéntelenítési	Precíziós héiforma	Porok és zagyok
Aszfalt	X	X	+	+	+	0	X						
Ballaszt-anyag							+			+			
Tömbkészítés	+	X	+	+	X	+		X					
Téglagyártás	X	X	+	+	+		+	+					
Cement	X	X	+		X	X							
Durva töltőanyag pótlék							X		X	X		X	
Beton		X	+	+	+								
Finom töltőanyag pótlék	X	X	+										
Habosított beton stb.	X	X	+										
Szigetelő/ásványi/ üveggyapot	+	+	+	+	+	+	+	+					+
Könnyű töltőanyag termelés													+
Habarcs-készítés						+							
Útalap készítés		X	+		+	X	X		X	X		X	
Kátránypapír				X									
Újrafelhasználás egy másik öntödében													
Újhomok adalékként a nyershomokhoz				X									
Talaj-típusú felhasználás													
Mesterséges fedőtalaj	X	+	+	X	+								+
Dekoratív talajborítása							+	+					
Talajborítás lóistállókban								+					
Műtrágya töltőanyag													X
Hulladéklerakó lezárás	X	X	+										+
Hulladéklerakó napi lefedése	X	X	+	X	X	X							
Hulladéklerakó burkolata	+												+
Talaj-módosítás/javítás	+	+	+	+	+	+		+			+		+
Vegyes													
Koptató/leszóró közeg		+	+					X	+				
Abszorbeáló közeg												+	
Nagyolvasztói salakcement gyártása						+					+		
Vegyipari alkalmazások													X
Oltott mész helyettesítése											+		+
Olvasztási folyósító szerek		+	+		+	+							
Hulladék üvegesítése	+	+	+		+	+							

X Igazolt újrafelhasználási alkalmazás, eredményes projektekkel üzemeltetve az Egyesült Királyságban
\+ Újrafelhasználási alkalmazás, mely elméletben bizonyított, de nem működik jelenleg újrafelhasználási projekt az Egyesült Királyságban
0 Alkalmatlan újrafelhasználásra kezeletlen alakban

4.68. táblázat: Az öntödei szilárd hulladékok külső felhasználási lehetőségeinek összefoglalása (1999. évi állapot)
[171, The Casting Development Center, 1999], [202, TWG, 2002]

Gazdasági kérdések
Az újrafelhasználással kapcsolatos költségek főleg a feldolgozási és szállítási költségek, de ezek csökkenthetők, figyelembe véve azt a bevételt, mely az anyag eladásából származik. Mindazonáltal ez utóbbi általában kicsi vagy közel zéró lehet, míg a mechanikus kezelés költségei jellemzően a 8 EUR/t tartományba esnek.
Minél messzebb kell szállítani az anyagot, annál nagyobbak a szállítási költségek. Az újrafelhasználási lehetőségek gazdaságos megvalósíthatóságának megbecsléséhez a vonatkozó lerakási költségeket kell figyelembe venni. Ezek eltérőek a különböző régiókban és a hulladék típusától függenek.

A bevezetés hajtóereje.
A nagy lerakási díjakat alkalmazó jogszabályok, mely ösztönöz az ásványi hulladékok visszaforgatására a lerakandó hulladék mennyiségének csökkentése érdekében.

Példaüzemek
Számos példáját jelentették Európa-szerte a homok és salak újrafelhasználásának, pl. Finnországból, Hollandiából, Belgiumból, Németországból, az Egyesült Királyságból.

Irodalmi hivatkozás
[171, The Castings Development Centre, 1999]

4.9.3. A salakképződés minimalizálása

Leírás
A salakképződés minimalizálható az olyan folyamaton belüli intézkedésekkel, mint:
- tiszta hulladék használata,
- kisebb fémhőmérséklet alkalmazása,
- túlhevítések (időleges nagy hőmérsékletek) megelőzése,
- az olvasztott fém hosszú tartózkodási idejének megakadályozása az olvasztókemencében,
- a folyósítószerek/salakképzők megfelelő használata,
- a tűzálló bélés helyes használata/kiválasztása,
- a kemencefal vízhűtése a tűzállóanyag elhasználódásának megakadályozására.

Elért környezeti előnyök
A hulladékképződés minimalizálása, és a levegőbe történő kibocsátás csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Ezek a minimalizáló intézkedések nem okoznak környezeti elemek közti kölcsönhatásokat. A tiszta hulladékok olvasztását illetően a 4.1.4. szakaszban említett megfontolásokat figyelembe kell venni.

Alkalmazhatóság
A technika alkalmazható minden új és meglevő berendezésnél. A tiszta hulladék olvasztásának alkalmazhatóságát teljes egészében tárgyalta a 4.1.4. szakasz.

Gazdasági kérdések
Ez a technika nem jár beruházási költségekkel, mivel csak üzemeltetési intézkedésekre vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A hulladéklerakás magas költségei.

Példaüzemek
Ez a technika a meglévő üzemeltetési eljárások része az európai öntödék többségében.

Irodalmi hivatkozás
[103, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, 1998]

4.9.4. Kupolókemence

4.9.4.1. A kokszdara összegyűjtése és visszaforgatása

Leírás
A koksz kezelése, szállítása és adagolása kokszdara képződést eredményez. Specifikus intézkedéseket lehet bevezetni összegyűjtésére és visszaforgatására, pl. gyűjtő rendszerek a szállítószalagok vagy adagoló pontok alatt.
Az összegyűjtött anyag visszaforgatható a folyamatba, a kupolóba való beinjektálásával, vagy karbonizálóként való felhasználásával.

Elért környezeti előnyök
A maradék anyagok képződésének minimalizálása.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
A technika új és meglevő berendezéseknél alkalmazható.

A bevezetés hajtóereje
A hulladékok nagy lerakási díja.

Példaüzemek
A technikát sok öntöde alkalmazza Európában.

4.9.4.2. A szűrőkben összegyűjtött por visszaforgatása a kupolókemencébe

Leírás
A kupoló leszűrt porát visszainjektálják a kupolókemencébe. Ennek a technikának az a célja, hogy elérjük a cink felgyülemlését a porban olyan szintig (>18%), mely lehetővé teszi visszanyerését a porból. A cink visszanyerését a Waelz-eljárással végzik.

A por visszaforgatása történhet a fúvókákon keresztüli befúvással, vagy az adagoló nyíláson keresztül porpelletek adagolásával. Mindkét technikát ipari méretekben alkalmazzák. Tömegmérleg elemzés végezhető annak kimutatására, hogy a cink szublimálódott, és újra megjelent a visszanyert porban. Néhány ciklus után a por elég gazdag lesz cinkben, hogy lehetővé tegye a cink visszanyerését. A visszanyerés 18%-nál nagyobb Zn-tartalomnál lehetséges műszakilag.

Két korlátja van a por visszaforgatásának:

- a cink alapvetően Zn_2SO_4, 64% Zn-tartalmú vegyület alakjában jelenik meg. Ez megszabja a dúsulás maximális szintjét.
- A por alkáliakban is dúsul, mely a láng kioltását okozza az égető kamrában. Ez a hatás megoldható vízpára elégető levegőbe belövellésével.

A fúvókákon keresztüli injektálás több elvre alapozható. Tizenöt európai öntöde van (2001. májusi állapot), mely port forgat vissza a fúvókákon keresztüli injektálással. Tizenegy a pozitív nyomás technikáját, és négy a venturi szívás technikáját használja. A venturi technika előnye az, hogy kevesebb injektáló levegőt használ, és így kevésbé hűti az olvasztó zónát. A por mindkét technikánál ragacsossá válik az egymást követő ciklusok után. A venturi technika esetében a port ezért petrolkoksszal kell keverni a csövekben való szállítás lehetővé tételére.

A por visszaforgatása agglomerálással és adagolással kevésbé szokásos, mint a fúvókákon keresztüli injektálás. Ennek oka az, hogy az eljárást sokkal nehezebb automatizálni. A pelletezési eljárás jó vezérlése és ismerete is nélkülözhetetlen a pelletek szükséges állagának megadásához. A jó állagú pelletek készítéséhez ferroszilíciumot lehet a porhoz adagolni. Gyakorlati próbáknál egy 2/3 rész FeSi-ból és 1/3 rész porból álló keverék volt szükséges a megfelelő üzemelés eléréséhez. A pellet technika azonban nagy mennyiségekhez használható. Nagyobb átmérőjű kupolókemencéknél a por beinjektálása a tűz közepébe nehéz, ezért a pelletek használatát részesítik előnyben.

A két technika tulajdonságai a 4.69. táblázatban vannak összehasonlítva.

A kupoló füstgázainak tisztítása során összegyűjtött por újrahasználata	Fúvókákon keresztüli injektálás	Pelletként történő bevezetés	Észrevételek
A hulladék hatása			
A beadagolt por mennyiségének korlátozása	7,8 kg/t fém		A lángkioltás problémája
A képződött por mennyiségének csökkenése	40%	50%	Megközelítően (1)
A por cinktartalmának növekedése	30%	20%	Megközelítően (1))
A salakképződés növekedése	?	?	Megközelítően (1))
A kupoló működésére gyakorolt hatás			
A hőmérsékletveszteség kiegyenlítésére szükséges koksz mennyisége	0,5-0,6%	0,2-0,3%	Megközelítően (1))
A füstgázok összetételének változása	Nincs	Nincs	n.a.
Az olvasztott fémre gyakorolt hatás			
A vas fémtartalmának (Zn, Pb) növekedése	Korlátozott	Nincs	(Ezredek nagyság-rendjében)
A tűz veszteségeire gyakorolt hatás	10-30%	Nincs	Megközelítően (1) (2)
Egyéb termékek (C, FeSi) azonos módszerrel való hozzáadásának hatásossága	Igen	Nem	n.a.
Költségek			
A por lerakási költségeinek csökkenése	60%	50%	Megközelítően (1)
Műveletek			
Az eljárás automatizálásának lehetősége	Igen	Nem	n.a.
Kiegészítő probléma	Nincs	Van	A pelletek összetörés-ellenállása
A technológia bevezethetősége			
Meglévő berendezések	Igen	Igen	Nagy kupolók előnyben
Új berendezések	Igen	Igen	

(1) Megközelítés, valós érték, mely a por kiinduló cink-oxid tartalmától, az újrafelhasználáshoz szükséges dúsítás fokától és a kupoló jellemzőitől függ

(2) Az acélhulladék mennyiségének függvénye a kupoló adagjában

n.a.: nem alkalmazható

4.69. táblázat A kupolókemence-por injektálásos technikákkal végzett visszaforgatásának tulajdonságai

[108, FEAF, 1999]

Elért környezeti előnyök

A technika fő előnye az öntödék által ártalmatlanításra vagy visszanyerésre kiküldött por nettó mennyiségének csökkenése. Az öntöde jellemzően kisebb mennyiségű port küld ki, nagyobb fémterheléssel. Ez lehetővé teszi a Zn visszanyerését a kupoló poraiból. A technika a Zn dúsulását eredményezi a kupoló porában, míg a Pb-nál nagyobb hányad kerül a vasba. Ha a Zn-t hatékonyan visszanyerik a porból, a technika csökkenti a végleges lerakásra kerülő por nehézfém-terhelését valamint mennyiségét. Másrészről a keletkezett salak mennyisége nő.

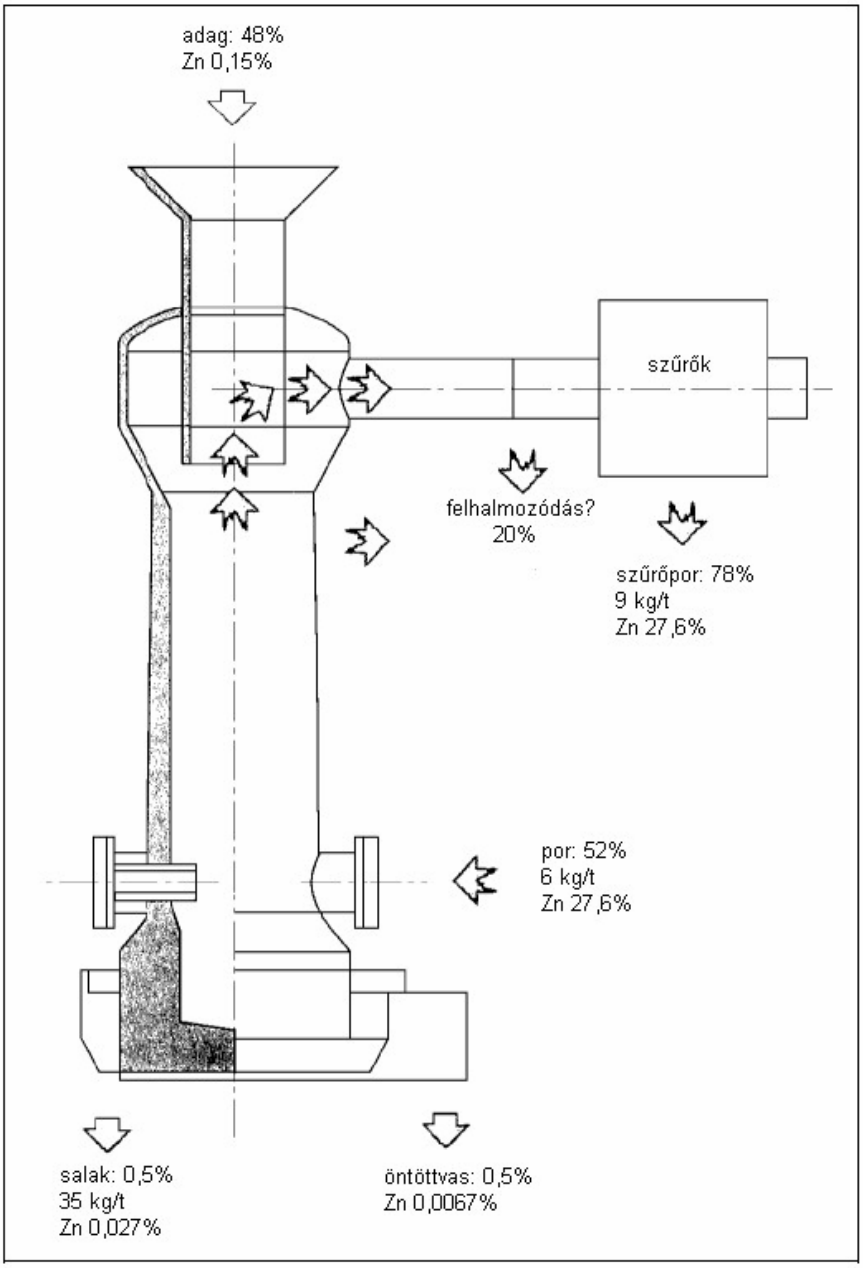
Környezeti elemek közti kölcsönhatások

Mindkét technika energiát fogyaszt, vagyis kokszot az olvasztott termékhez. A kokszfelhasználás 0,15-0,25 kg koksz/kg por növekedését jelentették a kemence 40%-os termikus hatásfoka mellett.

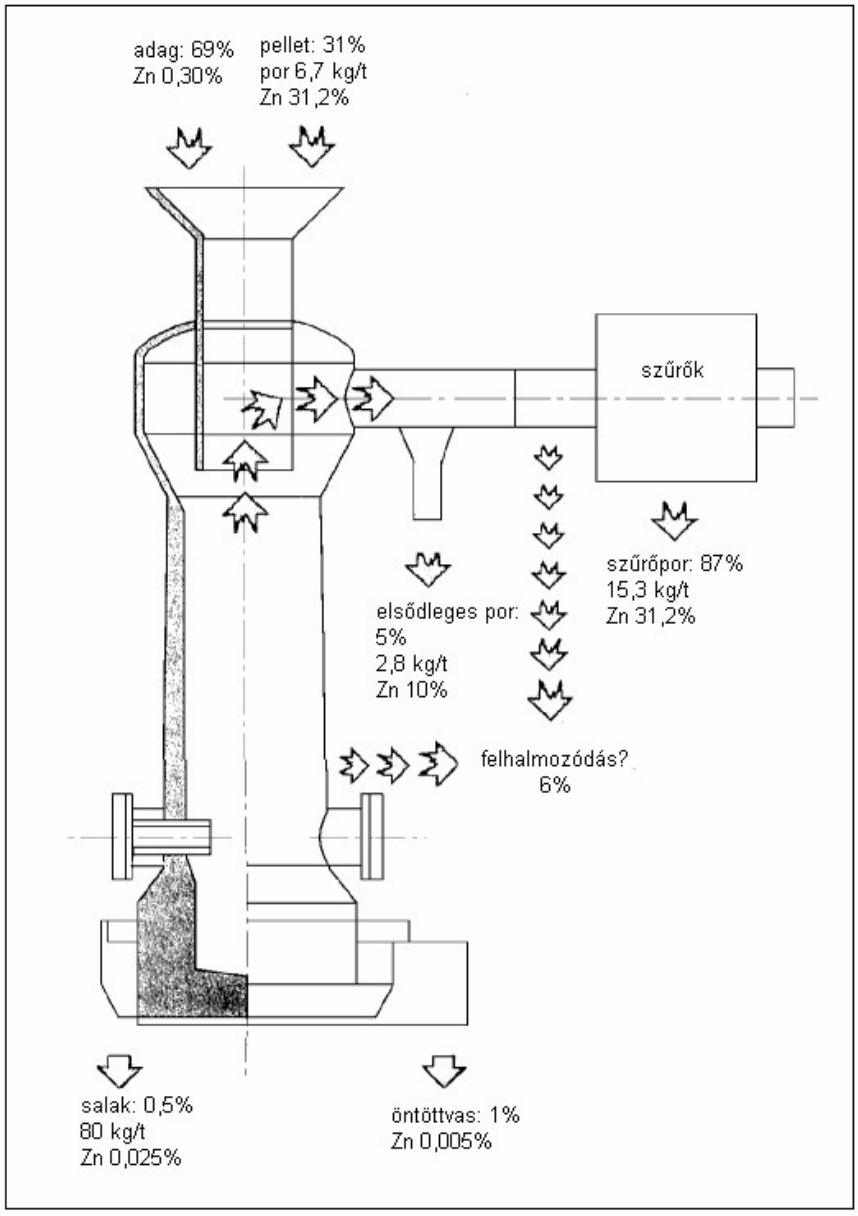
A hideg por beinjektálása a forró olvasztózónába ezenkívül csökkenti a láng hőmérsékletét, melyet megfelelőképpen helyre kell állítani oxigén-befúvással. Az összes képződő salak mennyisége is nőni fog.

A ragadós por lerakódása a rendszer számos belső részére a hatékonyságban közepes időtartamú veszteséget és lehetséges üzemzavarokat is okoz. Ezeket nem határozták meg mennyiségileg.

Üzemeltetési adatok
Francia kupolók „input" és „output" áramainak elemzése a 4.33. és 4.34. ábrán látható. Az áramok hozzájárulása a Zn-inputhoz és outputhoz a cink-szinttel (mint tömeg és %) együtt van megadva. A megadott százalékok átlagértékek a jelzett mérési időszak alatt.



4.33. ábra A Zn eloszlása a fúvókákon keresztüli porbefúvásnál, 20 napon keresztüli befúvás esetén
[156, Godinot, 2001]



4.34 ábra A Zn eloszlása az adagban való visszaforgatásnál, 11 napon keresztüli visszaforgatás
[156, Godinot, 2001]

Az input (bemenő) és output (kimenő) áram elemzése nem teszi lehetővé a cink mérleg teljes lezárását. Ez azt mutatja, hogy a cink jelentékeny része (20% a fúvókákon keresztüli injektálásnál, 10% pellet adagolásnál) összegyűlik a rendszerben. A visszaforgatásnál a por ragadóssá válik és lerakódik az elégető kamrában, hőcserélőben és szűrőkben. A visszaforgatás ezért több tisztítást igényel, és ennél a tisztítási lépcsőnél ártalmatlanítandó anyagot eredményez.
A kupolópor visszaforgatása egy holland öntödében (évi vasöntvény termelés: 30 000 t) a nettó pormennyiséget éves alapon 156 tonnával csökkentette, jelentékeny környezeti hatás és a salak összetételi tulajdonságainak változása nélkül.

Alkalmazhatóság

A visszanyerés 18%-nál nagyobb Zn-tartalomnál lehetséges műszakilag. A kupolóknak Zn-ben gazdag adagolás mellett 20%-nál nagyobb Zn-tartalmú poruk van, visszaforgatás nélkül. Minimum 40% Zn-tartalomra van szükség a költség szempontjából semleges visszanyeréshez. Nem lehetséges visszainjektálni egy kemence teljes porképződését. 8 kg/t fém-nél nagyobb mennyiség injektálása a láng kioltását eredményezi.
Folyamatos működésű, új és meglévő kupolókemencék elláthatók ezekkel a por visszaforgató berendezésekkel.

Gazdasági kérdések
A visszanyerés műszakilag lehetséges 18%-nál nagyobb Zn-tartalomnál. Az üzemeltetők nyereségesnek jelentik a visszaforgatást és Zn-visszanyerést 40%-nál nagyobb Zn-tartalom mellett.

Két franciaországi öntöde gyakorlati adataiból további üzemeltetési költségeket számítottak. A fúvókákon keresztüli beinjektálás 0,35 EUR/t öntöttvas további üzemeltetési költséget mutatott; a pellet formájában való adagolás 0,9 EUR/t öntöttvas költséget. Ez a kalkuláció nem veszi figyelembe a salaklerakás és a karbantartás extra költségeit.

A venturi injektálás esetére a következő adatok vonatkoznak. Németországban egy referencia üzem öt évet meghaladó időtartam alatt átlagosan 7,5 kg cink por/t olvasztott vasat tudott szállítani a feldolgozó iparnak. A hulladéklerakási költségek emellett 1,97 EUR/t folyékony vassal csökkentek. A koksz 20%-a petrolkoksszal volt helyettesíthető. Ez lehetővé tette a tüzelőanyag költségek 15%-os csökkentését, mely 2,56 EUR/t folyékony vas költségcsökkenésnek felelt meg. A számítás nem veszi figyelembe a salaklerakás és a karbantartás külön költségeit.

A bevezetés hajtóereje
A kemenceporok nagy deponálási költségei.

Példaüzemek
- Venturi: Pont-a-Mousson, Brebach (Franciaország)
- Positive Pressure (VELCO): John Deere, Mannheim (Németország)

Irodalmi hivatkozás
[108, FEAF, 1999], [110, Vito, 2001], [140, EU Thematic Network Foundry Wastes, 2001], [156, Godinot, 2001], [181, Ruffin és Godinot, 1998], [198, Georg Fischer], [202, TWG, 2002]

4.9.5. Villamos ívkemencék

4.9.5.1. A villamos ívkemence szűrt porának és zagyának visszaforgatása

Leírás
A szárazon leválasztott kemencepor bizonyos körülmények között visszaforgatható a kemencébe. A port előszeretettel előkezelik, pl. pelletezéssel vagy brikettezéssel, ez csökkenteni fogja annak a pornak a mennyiségét, melyet csak keresztülfújnak a kemencén. Az ötlet a fémes rész visszanyerése és a por szervetlen részének megolvasztása a salakba. Általában a port minden egyes olvasztási ciklus kezdetén adagolják.

Ahogy a kupolókemencéknél és az ívkemencéknél tárgyaltuk, bizonyos esetekben, amikor jelentékeny mennyiségű Zn-tartamú hulladékot használnak, a visszaforgatás a kemenceporok Zn-ben való olyan szintű dúsulásához vezethet, hogy a por felhasználható a cinkiparban a Zn visszanyerésére, ha az gazdaságilag életképes (30-40% Zn-tartalom esetén).

Elért környezeti előnyök
A technika fő előnye az öntöde által ártalmatlanításra vagy visszanyerésre kiküldött por mennyiségének csökkenése. A képződött por fémterhelése nagyobb. Ez lehetővé teszi a Zn visszanyerését a villamos ívkemence porából. A technika a kupolókemence porának Zn-ben való dúsulását eredményezi, amíg az ólom nagyobb része a vasba kerül. Ha a Zn-t hatékonyan visszanyerik a porból, a technika csökkenti a véglegesen ártalmatlanítandó por nehézfém terheltségét, továbbá mennyiségét is. Másrészről, a keletkező salak mennyisége nő.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
A por visszaforgatása lehetségesen csökkenti a kemence hatásfokát, és növeli az elektromos energia felhasználását (mintegy 20-30 kWh/t-val).

Üzemeltetési adatok
A villamos ívkemencében végzett acélgyártás üzemeltetési adatai azt mutatják, hogy egy üzem mely visszaforgatja villamos ívkemence porának 75%-át, az eredeti 20-22 kg/t mennyiség helyett csak a por 50%-áról kell gondoskodnia, átlagosan 35% Zn-tartalom mellett.

Alkalmazhatóság
A technika általában nagy fémterhelésű porokra vonatkozik. A tényleges alkalmazhatóság sok tényezőtől függ, melyek különbözőek lehetnek a különböző üzemeknél.

Gazdasági kérdések
A technika nem jár kiegészítő beruházással.

A bevezetés hajtóereje
A kemenceporok nagy deponálási díjai.

Példaüzemek
Ezt a technikát számos európai öntöde alkalmazza.

Irodalmi hivatkozások
[32, CAEF, 1997], [211, European IPPC Bureau, 2000]

4.9.5.2. Alumíniumsalakok és maradékok visszaforgatása

Leírás
A visszaforgatás lehetőségei a terméktől és a képződött hulladéktól függenek. A fémforgácsot főleg belső újraolvasztással nyerik vissza, míg más hulladékot (túl sok más fémet tartalmazót) általában eladják másodlagos alumíniumgyártásra.

Elért környezeti előnyök
A maradékok keletkezésének minimalizálása.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Nincsenek.

Alkalmazhatóság
A technika új és meglevő berendezésekre vonatkozik.

A bevezetés hajtóereje
A szilárd hulladékok deponálásának drágasága.

Példaüzemek
A technikát szokásosan alkalmazzák az alumíniumöntödékben.

Irodalmi hivatkozás
[225, TWG, 2003]

4.10. Zajcsökkentés

Leírás
Az öntödei folyamat különböző zaj-pontforrásokat tartalmaz. Ezek a következők:

- a hulladék kezelése,
- a kemence adagolása,
- az égők,
- nyomásos öntő automaták,
- az ürítés (kirázás),
- a szemcseszórás,
- a mag(és forma)lövés,
- a kikészítés,
- minden motoros és hidraulikus rendszer,
- a szállítások (kiborítás, rakodás stb.)
- légtechnikai berendezések (pl. ventilátorok).

A zajszint általános csökkentéséhez zajcsökkentési terv kidolgozása szükségest. Itt minden egyes forrást ellenőrizni és értékelni kell. Kisebb zajszintű alternatív technikák alkalmazhatók és/vagy a pontforrások körülzárhatók. Az alternatív technikákra példák találhatók a 4.2.4.2. (oxiégő a forgódobos kemencénél) és 4.2.2.2. szakaszban (habsalak a villamos ívkemencénél). Néhány példát a források körülzárásáról a kemencéknél (4.5.3.1.) és az ürítésnél (4.5.9.3.) tárgyaltunk.

Az általános intézkedések a következőket lehetnek:

- zajcsökkentő függönyök használata minden külső ajtón, és minden ajtó zárva tartása amennyire az csak lehetséges, különösképpen éjjel,
- levegő hatékony befúvása az öntödei csarnokba. Így kissé megnő a belső nyomás, és benn tartja a zajt,
- a ventillátorok körülzárása, a szellőztető csövek szigetelése és hangtompítók használata,
- az éjszakai szállítási tevékenységek minimalizálása.

Az öntöde épületének teljes körülzárása is megfontolható. Ekkor a hőmérséklet épületen belüli korlátozására légkondicionálás kialakítása szükséges.

Elért környezeti előnyök
A zajszennyezés csökkentése.

Környezeti elemek közti kölcsönhatások
Az öntödei épület (egy részének) körülzárása klímaberendezés felszerelését igényli, mely energiafelhasználással jár.

Üzemeltetési adatok
Egy belga alumíniumöntöde jelenleg fejleszt ki egy zajcsökkentő tervet. A cél az általános zajszint 50 dBA-ról 40 dBA-ra csökkentése. Ez magában foglalja 170 zajforrás tanulmányozását. Különleges intézkedéseket tettek az általános zajszint csökkentésére 22.00 h és 6.00 h között. Pótlevegőt fújnak be az öntödei csarnokba, hogy egy kis nyomáskülönbséget hozzanak létre a zaj belül tartására. A teljes levegő térfogatot 36x frissítik fel óránként.

Egy másik belga öntöde egy projektet futtat a zajkibocsátás csökkentésére, az öntöde épületének teljes körülzárásával. Ez egy klímaberendezés létesítését követeli meg, maximálisan 8˚C belső-külső hőmérsékletkülönbség elérésére. A rendszer jelenleg folyamatos felülvizsgálat alatt van, így a vizsgálatok még tartanak.

Alkalmazhatóság
A technika minden új és meglevő berendezésre vonatkozik. Annak meghatározása, hogy milyen intézkedéseket kell tenni, az öntöde elhelyezkedésétől függ.

A bevezetés hajtóereje
Az ipari létesítmények zajszintjének szabályozása.

Példaüzemek
- MGG, Hoboken (Belgium): zajcsökkentő terv
- Hayes-Lemmertz, Hoboken (Belgium): teljes épületkörülzárás

Irodalmi hivatkozás
[225, TWG, 2003]

4.11. Üzemleállítás

Leírás
Néhány megfontolandó technika a következő:
- a későbbi leállítás megfontolása már a tervezés stádiumában, ezzel a későbbi leállítás folyamán a kockázatok és túlzott költségek minimalizálása
- meglévő berendezéseknél, ahol potenciális problémákat azonosítottak, javítási program beindítása. Ezeknek a javítási terveknek a következőket kell biztosítaniuk.
  - a fölalatti tartályok és csővezetékek lehetséges elkerülése (hacsak nem védi másodlagos szigetelés vagy megfelelő kijelző program),
  - az edények és csővezetékek kiürítése és kitisztítása szétszedésük előtt,
  - a lagúnák és lerakók oly módon való tervezése, hogy tekintetbe vegye az esetleges kitakarításukat vagy felszámolásukat,
  - olyan szigetelések használata, melyek könnyen lebonthatók por és kockázatok fellépése nélkül,

- a használt anyagok visszaforgathatósága (mindamellett észben tartva, hogy azok még megfeleljenek az üzemeltetési vagy más környezeti céloknak).

- telephely bezárási terv kidolgozása és fenntartása, annak bizonyítására, hogy annak jelenlegi állapotában a berendezés leállítható a szennyezés kockázata nélkül, és a helyszín visszaállítható megfelelő állapotába. A tervet naprakészen kell tartani, az anyagváltozások követésével. Mindamellett, még egy korai stádiumban is, a bezárási terv tartalmazhatja a következőket:
  - a csővezetékek és edények eltávolítása vagy kiöblítése, ahol ez helyénvaló, és azok teljes kiürítése minden lehetségesen káros tartalomtól,
  - az összes földalatti csövek és edények tervei,
  - a lagúnák kitisztításához szükséges módszerek és eszközök,
  - a módszer annak biztosításához, hogy a helyszíni lerakó megfeleljen az egyenértékű felszámolási feltételeknek,
  - az azbeszt és más lehetségesen káros anyagok eltávolítása, hacsak nincs megállapodás arra, hogy ésszerű otthagyni az új tulajdonos felelősségére,
  - az épületek és egyéb szerkezetek leszerelésének módszere, a talaj és a talajvíz védelmére az építési és bontási területen,
  - a talaj vizsgálata a tevékenységgel okozott bármely szennyezés fokának és bármely visszaállítás szükségességének megállapítására, hogy a helyszín megfelelő állapotba kerüljön, ahogy az meg van határozva a kiinduló helyszíni jelentésben.

Elért környezeti előnyök
Környezeti viták megelőzése a leállításnál.

Alkalmazhatóság
Az említett technikák alkalmazhatók a létesítmény üzemelése alatt, a tervezés és építés stádiumában a tevékenységek helyszínén, és azonnal a helyszín bezárása után.

Irodalmi hivatkozás
[236, UK Environment Agency, 2001]

5. AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) AZ ÖNTÖDÉKNÉL

Az ebben a fejezetben tárgyalt elérhető legjobb technikákat, és a velük kapcsolatos kibocsátási és/vagy felhasználási szinteket vagy a szintek tartományát egy, a következő lépéseket magában foglaló, ismételt eljárással határozta meg a Műszaki Munkacsoport:

- az öntödei ágazat kulcsfontosságú környezeti hatásainak azonosítása,
- ezeket a kulcsfontosságú hatásokat kezelő legfontosabb technikák vizsgálata,
- a legjobb környezeti teljesítményszintek azonosítása az Európai Unióban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján,
- azoknak a feltételeknek vizsgálata, melyek között ezeket a teljesítményszinteket elérték; költségek, környezeti elemek közti kölcsönhatások, fő hajtóerők ezeknek a technikáknak a bevezetésére,
- az elérhető legjobb technikák (BAT) és a velük kapcsolatos kibocsátási és/vagy felhasználási szintek kiválasztása az ágazatnak számára az IPPC Irányelv 2 (11) cikkelye és IV. függeléke szerint, és annak általános szellemében.

Ennek az értékelésnek alapján azok a BAT használatával kapcsolatos technikákat, és amennyire lehetséges, kibocsátási és felhasználási szinteket mutatja be ez a fejezet és a II. melléklet, melyeket megfelelőknek tekintünk az egész ágazat számára, és amelyek sok esetben visszatükrözik néhány ágazaton belüli létesítmény jelenlegi teljesítményét. Ahol a az „elérhető legjobb technikákkal kapcsolatos kibocsátási vagy felhasználási szintek” szerepelnek, azt úgy kell érteni, hogy ezek a szintek azt a környezeti teljesítményt képviselik, melyet elvárhatunk alkalmazásuk eredményeként ebben az ágazatban, figyelembe véve a költségeknek és előnyöknek a BAT meghatározásától elidegeníthetetlen mérlegét. Ezek azonban nem kibocsátási vagy felhasználási határértékek, és nem értendők ilyenekként. Bizonyos esetekben műszakilag lehetséges lehet jobb kibocsátási vagy felhasználási szintek elérése is, de a kapcsolódó költségek vagy környezeti elemek közti kölcsönhatások figyelembe vétele következtében nem tekinthetők megfelelőknek BAT-ként az ágazat, mint egész számára. Mindazonáltal az ilyen szintek indokoltnak tekinthetők nagyon különleges estekben, ahol különleges hajtóerők állnak fenn.

A BAT használatával kapcsolatos kibocsátási és felhasználási szinteket bármely meghatározott vonatkozó feltétellel együtt kell figyelembe venni.

A fent leírt, „az elérhető legjobb technikákkal (BAT-tal) kapcsolatos szintek” fogalmat meg kell különböztetni ennek a dokumentumnak más helyein használt „elérhető szint” fogalmától. Ahol egy szint „elérhetőként” van leírva egy különleges technika, vagy technikák kombinációjának használatával, azt úgy kell érteni, hogy ezeknek a technikáknak használatával a szint elérése várható jelentős időtartamon keresztül, jól karbantartott és üzemeltetett berendezéssel vagy eljárással.

Ahol rendelkezésre állt, az előző fejezetben bemutatott technikák leírásával együtt költségekre vonatkozó adatok is megadásra kerültek. Ezek durva utalást adnak a járulékos költségek nagyságáról. Egy technika alkalmazásának tényleges költségei azonban erősen függenek az egyedi helyzettől, pl. az adók, illetékek és az érintett berendezés műszaki jellemzőit illetően. Ebben a dokumentumban lehetetlen az ilyen helyszín-specifikus tényezők teljes kiértékelése. A költségekre vonatkozó adatok hiányában, a technikák gazdaságossági életképességére vonatkozó következtetéseket meglevő berendezések megfigyeléséből vontuk le.

A cél az, hogy az általános BAT ebben a fejezetben vonatkoztatási pont legyen egy meglévő létesítmény jelenlegi teljesítménye, vagy egy új létesítményre vonatkozó javaslat megítéléséhez. Ilyen módon segít a megfelelő „BAT-ra alapozott" feltételek meghatározásában a létesítmény számára, vagy a 9 (8) cikkely szerinti általános kötelező szabályok létrehozásában. Előre látható, hogy az új berendezéseket úgy lehet megtervezni, hogy azok az általános BAT itt bemutatott szintjén, vagy azoknál még jobban teljesítsenek. Úgy véljük, hogy a meglevő berendezések is az általános BAT szintjei vagy azoknál még jobb irányában tudnak elmozdulni, a technikák műszaki és gazdaságossági alkalmazhatóságának alávetve, minden egyes esetben.

A BAT Referenciadokumentum nem jogszabályilag kötelező előírás, tájékoztatásul szolgál az ipar, a tagországok és a nyilvánosság segítésére az elérhető kibocsátási és felhasználási szintekről, az adott technikák használata esetén. A megfelelő határértékeket minden egyes adott esetben az IPPC Irányelv célkitűzései és a helyi megfontolások figyelembe vételével kell meghatározni.

Az öntőipar elkülönült és különféle tevékenységű ipar. Egy meghatározott öntödéhez alkalmazható BAT-elemeket a tevékenység típusa szerint szükséges kiválasztani. Egy öntöde alapvetően olvasztóüzemből és öntőüzemből áll, mindkettő ellátó láncolatával együtt. Az elvesző formát alkalmazó öntödékben ez az ellátó lánc magában foglalja a formázással és magkészítéssel kapcsolatos tevékenységeket. Ebben a fejezetben a következő alapon teszünk különbséget: vasalapú és egyéb fémek olvasztása és öntése elvesző vagy állandó formákban. Minden egyes öntöde meghatározható egy olvasztó és formázó részleg kombinációjaként. A BAT minden egyes részleg számára általános BAT-ként is bemutatásra kerül, mely közös minden öntöde számára.

Az elérhető legjobb technikák (BAT) kiválasztása az öntödékben

5.1. Általános BAT az öntőipar számára
5.2. Vas- és acélolvasztás
5.3. Színesfémolvasztás
5.4. Öntés elvesző formában
5.5. Öntés állandó formában

5.1. Általános BAT az öntőipar számára

Bizonyos BAT elemek általánosak, és minden öntödére vonatkoznak függetlenül az általuk alkalmazott eljárásoktól és az általuk gyártott termékektől. Ezek az anyagáramlásra, az öntvények kikészítésére, a zajra, a szennyvizekre, a környezetmenedzsmentre (ld. 6. fejezet) és az üzemleállításra vonatkoznak.

Anyagáram-gazdálkodás

Az öntödei folyamat magában foglalja különböző anyagtípusok használatát, fogyasztását, kombinációját és keverését. A BAT megkívánja a nyersanyagfogyasztás minimalizálását, a maradékanyagok visszanyerését és visszaforgatását a folyamatba. Ezért a BAT a belső folyamatok igazgatásának és vezérlésének optimalizálását jelenti.

BAT ezért a következő intézkedések megléte:

- a szilárd és folyékony anyagok és gázok tárolási és kezelési módszerei, ahogy ezt a tárolási (raktározási) fejezetben tárgyaltuk,
- a különböző beérkező anyagok és anyagfajták elkülönített tárolása (4.1.2. szakasz), a megromlás (értékcsökkenés) kockázatának megelőzését (4.1.3. szakasz),
- a tárolás oly módon való kivitelezése, hogy a hulladék a tárolóterületén az olvasztókemencébe való adagolásra megfelelő minőségű legyen, és a talaj szennyezését megelőzze, ahogy az a 4.1.2. szakaszban le van írva. Át nem eresztő felületet kell biztosítani a hulladéktároláshoz vízelvezető és -kezelő rendszerrel. Tető csökkentheti vagy kiküszöbölheti egy ilyen rendszer szükségességét.
- a fémhulladék belső visszaforgatása a 4.1.4., 4.1.5. és 4.1.6. szakaszban tárgyalt feltételek szerint,
- a különböző maradékanyagok és hulladéktípusok elkülönített tárolása, lehetővé téve az újrafelhasználást, visszaforgatást vagy ártalmatlanítást,
- ömlesztett-anyag vagy visszaforgatható tartályok használata (4.1.7. szakasz),
- szimulációs modellek, igazgatási és üzemeltetési eljárások használata a fémkihozatal javítására (4.4.1. szakasz) és az anyagáramlások optimalizálására ,
- jó gyakorlati intézkedések bevezetése a folyékony fém szállításához és az üstkezeléshez (4.7.4. szakasz).

Az öntvények tisztítása és kikészítése

Az abráziós (tárcsás) vágáshoz, szemcseszóráshoz és öntvénytisztításhoz gondoskodni kell a kikészítési távozó gázok összegyűjtéséről (elszívásáról) és kezeléséről nedves vagy száraz rendszerek használatával. A BAT alkalmazásával elérhető kibocsátás szintje a porra vonatkozóan 5-20 mg/Nm^3. A távozó gázok gyűjtésének és az elszívott levegő tisztításának technikáit a 4.5.10.1. és 4.5.10.2. szakasz tárgyalja.

A hőkezelésnél BAT a következő intézkedések mindegyike:

- tiszta tüzelőanyagok (vagyis földgáz vagy kis kéntartalmú tüzelőolaj) használata a hőkezelő kemencékhez (4.5.11.1. szakasz),
- automatikus kemenceüzem és égő/fűtőberendezés vezérlés használata (4.5.11.1. szakasz),
- a füstgáz felfogása és kiürítése a hőkezelő kemencéből.

Zajcsökkentés

BAT a következő:

- zajcsökkentési stratégia kifejlesztése és bevezetése, általános és forrásra meghatározott intézkedésekkel,
- burkolatok használata az olyan nagy zajt okozó egységek műveleteihez, mint az ürítőrácsok (ld. a 4.5.9.3. szakaszt),
- kiegészítő intézkedések használata, ahogy az a 4.10. szakaszban szerepel, a helyi körülmények szerint.

Szennyvízkezelés

A BAT következő intézkedések mindegyike:

- a szennyvízfajták elkülönítése összetételük és szennyezőanyag-tartalmuk szerint,

- a felszíni elfolyó vizek összegyűjtése és olajfogók használata a gyűjtőrendszerben a felszíni vizekbe kibocsátása előtt, ahogy azt a 4.6.4. szakasz tárgyalja,
- a körforgalomban levő külső eljárási víz maximálása és a kezelt szennyvíz használatának növelése (4.6.1. szakasz),
- szennyvízkezelés alkalmazása a mosóvízhez és egyéb szennyvízáramokhoz, a 4.6.2. és 4.6.3. szakaszban említett egy vagy több technika alkalmazásával.

A diffúz kibocsátások csökkentése

A BAT alkalmazásával minimalizálni kell a folyamatláncban nem tartalmazott, különböző forrásokból származó diffúz kibocsátásokat a következő intézkedések kombinációinak használatával. A kibocsátások főként a szállításból, a tárolási műveletekből és elcsöpögésekből, elszóródásokból származó veszteségeket tartalmazzák, és a 4.5.1.1. szakaszban tárgyaltuk azokat.

- az árukészlet szabadban vagy fedetlenül való tárolásának elkerülése, vagy ahol a szabadban való tárolás elkerülhetetlen, beszórások, kötőanyagok, árukészlet igazgatási technikák, szélfogók stb. használata.
- A felvonók és edények befedése, a formázó és öntőterület vákuumos tisztítása a 4.5.1.1. szakaszban megadott feltételek szerint,
- tiszta kerekek és utak,
- a külső ajtók (kapuk) zárva tartása,
- szabályos gazdálkodás kivitelezése,
- a vizekbe kerülhető diffúz emissziók lehetséges forrásainak irányítása és ellenőrzése.

Ezek a technikák a 4.5.1.1. szakaszban vannak tovább részletezve.

További diffúz kibocsátások keletkezhetnek a füstgázok pontforrásokból, pl. a kemencékből nyitás és csapolás közben nem teljes elszívása következtében. A BAT eléréséhez minimalizálni kell ezeket a diffúz kibocsátásokat felfogásuk és tisztításuk optimalizálásával, figyelembe véve a 4.2.2. és 4.2.3. szakaszban megadott kibocsátásokat. Ehhez az optimalizáláshoz a következő egy vagy több intézkedés használatos, előnyben részesítve a füst forrásához legközelebbi felfogását:

- burkolási és csövezési konstrukció a forró fémből, kemenceadagolásból, salakeltávolításból és csapolásból felszálló füst felfogására,
- kemence-körülburkolás alkalmazása a füstveszteségek légkörbe jutásának megelőzésére,
- tetővonali elszívás alkalmazása, habár ez nagyon energiaigényes és csak végső megoldásként alkalmazandó.

5.2. A vasalapú fémek olvasztása

Kemenceválasztás

Az acélt villamos ívkemencében vagy indukciós kemencében olvasztják A kemencetípusok közötti választás műszaki feltételeken alapul (pl. kapacitás, acélfajta). Finomításra való alkalmassága következtében a villamos ívkemence gyengébb minőségű acélhulladék olvasztását teszi lehetővé. Ez előny a fémhulladékok visszaforgatása szempontjából, de megfelelő füstgáz elszívó és tisztító rendszert tesz szükségessé, ahogy azt az alábbiakban be fogjuk mutatni.

Az öntöttvas olvasztásához kupoló-, villamos ív-, indukciós és forgódobos kemence alkalmazható. A választás műszaki és gazdasági feltételeken alapul.

Bármelyik kemencetípus üzemeltetéséhez a BAT elemei az alábbiakban vannak megadva.

Az öntöttvas kupolókemencében való olvasztása

A kupolókemencék üzemeltetéséhez BAT a következők mindegyike:

- megosztott fúvószél (2 sor fúvóka) használata hidegszeles kupolókhoz (4.2.1.5. szakasz),
- a fúvószél oxigén dúsítása, folyamatos vagy szakaszos üzemben, 22-25%-os oxigén szinttel (vagyis 1-4%-os dúsítással) (4.2.1.6. szakasz),
- a fúvatás leállítási időszakainak minimalizálása a forrószeles kupolókemencéknél, folyamatos fúvatással, vagy hosszú kampányú üzemeltetéssel (4.2.1.8. szakasz). A formázó- és öntősorok igényeinek függvényében a duplex üzem megfontolandó,
- jó olvasztási gyakorlati intézkedések alkalmazása, ahogy azok a 4.2.1.1. szakaszban szerepelnek,
- ismert tulajdonságú és ellenőrzött minőségű koksz használata (4.2.1.2. szakasz),
- tiszta távozó füstgázok létrehozása, egymást követő elszívás, összegyűjtés, hűtés és porleválasztás által, a 4.5.2.1. szakaszban leírt technikák kombinációjának használatával. BAT a porleválasztáshoz zsákos szűrő vagy nedves mosó alkalmazása. A BAT-tal kapcsolatos kibocsátási szintek a II. mellékletben találhatók (II.1. és II.2. táblázat).
- a hidegszeles kupolókemence kéményében utóelégetés alkalmazása, ha a füstgázok autotermikusan elégethetők, és azután a hő visszanyerése külső felhasználásra (4.5.2.3. szakasz). Forrószeles kupolókemencék esetén, különálló elégető kamra használata (4.5.2.2. szakasz), és a hő visszanyerése a fúvószél előmelegítésére és egyéb belső felhasználásra (4.7.3. szakasz)
- a hulladékhő hasznosítási lehetőségeinek kiértékelése a hőn tartó kemencéknél duplex üzemben, és a hővisszanyerés bevezetése, ahol ez alkalmazható,
- a dioxin- és furán-kibocsátások megakadályozása és 0,1 ng TEQ/Nm^3-nél kisebb szintre minimalizálása, a 4.5.1.4. szakaszban megadott intézkedések kombinációjának használatával. Néhány estben ez a nedves mosás előnyben részesítését eredményezheti. Az ipar kifejezte kétségeit az olyan másodlagos intézkedések bevezetését illetően, melyek más ágazatokban nyertek csak bizonyítást, és különösképpen kérdéses alkalmazhatóságuk kisebb öntödékben,
- nedves mosó rendszerek alkalmazása bázikus salakkal történő olvasztás esetén (bázicitás 2-ig) (4.2.1.3. szakasz).

A kupolókemencében történő olvasztás maradékanyagai a por, salak és kokszdara. BAT a maradékanyag gazdálkodáshoz a következő:

- a salakképződés minimalizálása a 4.9.3. szakaszban felsorolt, folyamaton belüli intézkedések egyikének vagy többjének használatával,
- a salak előkezelése külső újrafelhasználásának lehetővé tételére (4.9.2. szakasz),
- a kokszdara összegyűjtése és visszaforgatása (4.9.4.1. szakasz).

Acél és öntöttvas olvasztása villamos ívkemencében

A villamos ívkemencék üzemeltetéséhez a BAT a következők mindegyike:
- megbízható és hatékony folyamatirányítás alkalmazása az olvasztási és kezelési idő lerövidítésére (4.2.2.1.),
- a habsalakos gyakorlat használata (4.2.2.1. szakasz),
- a kemence füstgázainak felfogása a 4.5.3.1. szakaszban tárgyalt technikák használatával,
- a kemence füstgázainak hűtése és portalanítása zsákos szűrő használatával (4.5.3.2. szakasz).

A villamos ívkemencében történő olvasztás maradékanyagai a por és salak.
A BAT a maradékanyag gazdálkodáshoz a következő:
- a szűrletpor visszaforgatása a villamos ívkemencébe (4.9.5.1.).

A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szintek a II. mellékletben találhatók (II.1. és II.3. táblázat).

Az öntöttvas és acél olvasztása indukciós kemencében

Az indukciós kemencék üzemeltetéséhez BAT a következők mindegyike:
- tiszta hulladék olvasztása, a rozsdás, és piszkos betétanyagok és a rátapadt homok elkerülése,
- jó gyakorlati intézkedések használata az adagoláshoz és üzemeltetéshez, ahogy azt a 4.2.3.1. szakaszban tárgyaltuk,
- középfrekvenciás áram használata, és új kemence létesítésekor minden hálózati frekvenciás kemence középfrekvenciásra való átállítása (4.2.3.2. szakasz),
- a hulladékhő visszanyerési lehetőségének kiértékelése, és hővisszanyerési rendszer bevezetése, ahol az alkalmazható (4.7.2. szakasz),
- burkolat, peremelszívás vagy fedélelszívás használata minden indukciós kemencénél a kemencegázok felfogására (4.5.4.1. szakasz), és a füstgáz összegyűjtés maximálása az egész munkaciklusban,
- száraz füstgáztisztítás használata (4.5.4.2. szakasz), figyelembe véve a BAT-tal kapcsolatos, a II.1 táblázatban megadott kibocsátási szinteket,
- a kibocsátás 0,2 kg/t folyékony fém szint alatt tartása.

Az öntöttvas forgódobos kemencében való olvasztása

A forgódobos kemence üzemeltetéséhez a BAT a következők mindegyike:
- intézkedések bevezetése a kemencekihozatal optimalizálására, ahogy azt a 4.2.4.1. szakaszban tárgyaltuk,
- oxiégő használata (4.2.4.2. szakasz),
- a füstgáz a kemence kibocsátó végének közelében való elszívása, utó-elégetése, hűtése hőcserélő használatával, és azután porleválasztás alkalmazása (4.5.5.1. szakasz), figyelembe véve a BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteket,
- a dioxin és furán-kibocsátások megelőzése és minimalizálása 0,1 ng TEQ/Nm^3-nél kisebb értékre, a 4.5.1.4. szakaszban megadott intézkedések kombinációjának használatával. Néhány esetben ez a nedves mosás előnyben részesítését eredményezheti. Az ipar kifejezte kétségeit az olyan másodlagos intézkedések

bevezetését illetően, melyek más ágazatokban nyertek csak bizonyítást, és különösképpen kérdéses alkalmazhatóságuk kisebb öntödékben.

Vasalapú ötvözetek fémkezelése

Ha AOD (argon-oxigén dekarbonizáló) konvertert használnak az acél finomításához, a BAT a következő:

- a füstgáz elszívása és összegyűjtése tető-elszívó-ernyő használatával.

Gömbgrafitos öntöttvas gyártásához grafitgömbösítő kezelést hajtanak végre. A grafitgömbösítéshez a BAT a következők mindegyike:

- füstgáz képződés nélküli grafitgömbösítő technika választása, vagy a képződő MgO-füst felfogása elszívó-készülékkel ellátott fedél használatával vagy rögzített vagy mozgatható burkolat használatával és
- az elszívott füstgáz portalanítása egy zsákos szűrő alkalmazásával, hogy a kapott por visszaforgatható legyen.

A BAT-tal kapcsolatos kibocsátási szintek a II. mellékletben találhatók (II.1. táblázat).

5.3. Az egyéb fémek olvasztása

A színesfémek tekintetében ez a dokumentum csak a tömbök és saját visszatérő hulladékok olvasztásával foglalkozik, mert ez a fémöntödékben az általánosan elfogadott gyakorlat.

Alumíniumolvasztáshoz többféle kemencetípus használatos. A kemencetípus kiválasztása műszaki kritériumokra (mint pl. olvasztás-vezetés, kapacitás, az öntősor típusa) alapozott. Ezek a 3.3. szakaszban és a 3.21. táblázatban szerepelnek. Egy öntöde többféle kemencetípust használhat. Az üzemeltetési gyakorlat és a logikus érvelés azt mutatja, hogy a központosított olvasztás nagyobb kapacitású kemencékben kedvezőbb energiahatékonyságú, mint a kis tégelyekben történő olvasztás nagy termelésű üzemekben. Adatok azonban nem állnak rendelkezésre a BAT-ként való kiválasztásukhoz.

A réz, ólom, cink és ötvözeteik olvasztásához indukciós vagy tégelykemencék használatosak. A rézötvözetekhez kádkemencéket is használnak. A kiválasztásuk műszaki kritériumokon alapul.

A magnéziumolvasztáshoz csak tégelykemencéket használnak. Fedőgázt használnak az oxidáció megakadályozására.

Alumínium, réz, ólom és cink olvasztása indukciós kemencében

Az indukciós kemencék üzemeltetéséhez BAT a következők mindegyike:

- jó gyakorlati intézkedések használata az adagolásnál és üzemeltetésnél, ahogy azt a 4.2.3.1. szakasz tárgyalta,
- középfrekvenciás áram használata, és új kemencék beruházásakor a hálózati frekvenciás kemencék átállítása középfrekvenciásra (4.2.3.2. szakasz),
- a hőveszteségek visszanyerhetőségének kiértékelése, és hővisszanyerési rendszer bevezetése, ahol az kivitelezhető (4.7.2. szakasz),

- a kibocsátások minimalizálása a kapcsolódó kibocsátási szinteknek megfelelően és, ha szükséges a kemence füstgázainak összegyűjtése (4.5.4.1. szakasz) maximálva a füstgáz összegyűjtést a teljes munkaciklus alatt, és száraz porleválasztás alkalmazása.

Alumínium olvasztása forgódobos kemencében

A forgódobos kemencék üzemeltetéséhez BAT a következő:
- intézkedések bevezetése a kemencekihozatal optimalizálására, ahogy azt a 4.2.4.1. szakasz tárgyalta,
- a füstgáz összegyűjtése a kemence kimenetének közelében és eltávolítása a kéményen keresztül, figyelembe véve a II. mellékletben megadott BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteket.

Alumínium és réz olvasztása kádkemencében

A kádkemence üzemeltetéséhez a BAT a következők mindegyike:
- a kemence füstgázainak összegyűjtése és a kéményen keresztüli eltávolítása, figyelembe véve a II. mellékletben megadott BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteket.
- a diffúz és látható kibocsátások felfogása a diffúz kibocsátásokra vonatkozó BAT elemek szerint, ahogy azt a 4.2.1. szakasz tárgyalta, és burkolatok alkalmazása, ahogy azt a 4.5.6.1. szakasz tárgyalta.

Alumínium olvasztása aknás kemencében

Az aknás kemence üzemeltetéséhez BAT a következő:
- hatékony füstgáz összegyűjtés lehetővé tétele a kemence buktatása közben, és az elszívott füstgáz eltávolítása a kéményen keresztül, figyelembe véve a II. mellékletben megadott BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteket.

Alumínium hőn tartása sugárzó boltozatú kemencében.

A sugárzó boltozatú kemence üzemeltetéséhez a BAT a következő:
- a diffúz kibocsátásokra vonatkozó BAT elemek követése, ahogy azt a 4.2.1. szakasz tárgyalta, és burkolatok alkalmazása a 4.5.6.1. szakaszban tárgyalt feltételek szerint.

Alumínium, réz, ólom és cink olvasztása és hőn tartása tégelykemencében

A tégelykemence üzemeltetéséhez a BAT a következő:
- a diffúz kibocsátásokra vonatkozó BAT elemek követése, ahogy azt a 4.2.1. szakasz tárgyalta, és burkolatok alkalmazása a 4.5.6.1. szakaszban tárgyaltak szerint.

Az alumínium gáztalanítása és tisztítása

A BAT az alumínium gáztalanításához és tisztításához a következő:
- mozgatható vagy rögzített lapátkerék használata Ar/Cl_2 vagy N_2/Cl_2 gázzal (4.2.8.1. szakasz).

Magnéziumolvasztás

A magnézium olvasztásához a BAT a következő:

- SO_2 használata fedőgázként, vagy SF_6 helyettesítése SO_2-al védőgázként. Ez évi 500 t vagy annál nagyobb termelésű berendezésekre vonatkozik (4.2.7.1. szakasz)
- kisebb üzemeknél SO_2 használata védőgázként vagy intézkedések tétele az SF_6 felhasználás és emisszióinak minimalizálására, ahogy azt a 4.2.7.1. szakaszban tárgyaltuk. Abban az esetben, amikor SF_6-t használnak, a BAT-hoz kapcsolódó felhasználási szint <0,9 kg/t öntvény homokban való formázás estén, és <1,5 kg/t öntvény nyomásos öntés esetén.

Megjegyzés: Amikor a munkacsoport erre a következtetésre jutott, az SF_6-tól eltérő, más változat még éppen használatba vétel alatt volt (ld. a 4.2.7.1. szakaszt). A SO_2 gondot okozhat egészségügyi és biztonsági alapon, és korrozív hatással lehet a berendezésre.

5.4. Öntés elvesző formában

Az elvesző formában való öntés magában foglalja a formázást, magkészítést, öntést, hűtést és ürítést, a nyers- vagy kémiai kötésű homokformák és kémiai kötésű magok készítését. A formákat és magokat összerakják, a megolvasztott fémet az összerakott formákba öntik. Az öntvényt ürítés előtt hagyják megszilárdulni és kihűlni. A formázáshoz és öntéshez rendelkezésre álló technikák és azok környezeti hatásai szorosan összefüggenek. A BAT elemeit három kategóriában mutatjuk be: nyershomok-formázás, vegyileg kötött homokformázás és öntés/hűlés/ürítés.

Nyersformázás

A nyershomok előkészítése a homok agyag kötőanyaggal (bentonittal) és adalékokkal való keverésével kezdődik. Ez történhet atmoszférikus (ez a legszokásosabb eset) vagy vákuumos keverőben (ld. a 4.3.2.1. szakaszt). Mindkét módszer BAT-nak tekinthető. A vákuumos keverésnek kiegészítő feltétele, hogy a homokkapacitásnak nagyobbnak kell lennie 60 t/h-nál. A továbbiakban a nyershomok előkészítéshez BAT a következők:

- a homok-előkészítő üzem összes egységműveleteinek (vibrációs szitálás, homok portalanítás, hűtés, keverés) és az elszívott gáz portalanításának (4.5.8.1. szakasz) befoglalása, figyelembe véve a II.6. táblázatban megadott BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteket. Ha a helyi piac lehetővé teszi, a felfogott por átadása külső felhasználásra (4.8.13.). Az ürítésnél, adagolásnál és kezelésnél összegyűjtött por visszaforgatása a nyershomok körforgalomba, az összegyűjtött tömeg 50%-áig terjedő mértékben.
- Elsődleges regenerálás alkalmazása, ahogy azt a 4.8.2. szakaszban tárgyaltuk. Az újhomok hozzáadás függ a magok mennyiségétől és azok összeférhetőségétől. A nyershomok monorendszereknél, a 98%-os regenerálási arány (a regenerált homok tömege/az összes homok tömege) kapcsolatos a BAT használatával. A nagymennyiségű összeférhetetlen magot tartalmazó rendszereknél a BAT-tal kapcsolatos regenerálási arány 90-94%.

Vegyi kötésű homokformák és magok készítése

Különböző kötőanyag típusok vannak használatban, azok saját fajlagos tulajdonságaival és alkalmazhatóságaival. Minden kötőanyag használata BAT, ha azokat a tárgyalt jó gyakorlati intézkedéseknek megfelelően alkalmazzák, melyek főként a folyamatvezérlést, a kibocsátás-csökkentő gázelszívást és -felfogást jelentik (4.3.3.3., 4.3.3.4. szakasz). A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási értékek a II.6. táblázatban találhatók.

A vegyi kötésű homok előkészítéséhez BAT a következők mindegyike:

- a kötőanyag- és gyantafelhasználás valamint a homokveszteségek minimalizálása, folyamatvezérlési intézkedésekkel, vagyis (kézi vagy automatikus) keverővezérléssel, ahogy azt a 4.3.3.1. szakaszban tárgyaltuk. A gyakori termelési paraméter-változásokkal járó és nagy termelésű sorozatgyártásnál BAT a termelési paraméterek elektronikus tárolásának alkalmazása (ld. a 4.3.3.2. szakaszt),
- arról a területről származó elszívott gázok felfogása, ahol a magokat készítik, kezelik és tárolják felhasználásuk előtt,
- víz alapú forma- és magbevonatok használata és az alkohol alapúak víz alapúakkal való helyettesítése közepes és nagysorozatokat gyártó öntödékben. Alkohol alapú bevonatok használata BAT a következő esetekben:
    - nagy és bonyolult formáknál és magoknál,
    - vízüveges homokoknál,
    - magnéziumöntvények gyártásánál,
    - mangánacél-öntvények gyártásánál MgO bevonattal.

Mind a víz-, mind az alkoholalapú bevonási technika BAT a kis öntödékben és a nagy, rendelésre gyártó öntödékben (ld. a 4.3.3.6. szakaszt), valamint más, újabb szárítási technikák esetén. Amikor alkohol alapú bevonatokat használnak, BAT a bevonó állomás elszívással való ellátása mozgatható vagy rögzített burkolatok használatával megjegyezve, hogy olyan rendelésre gyártó öntödékben, ahol talajformázást alkalmaznak ez nem kivitelezhető.

Aminnal szilárdított, karbamid kötésű (cold-box) magkészítéshez BAT továbbá a következők mindegyike:

- a cold-box magkészítésnél elszívott gáz kezelése a 4.5.8.4. szakaszban említett módszerek egyikével. Az amin-kibocsátás 5 mg/Nm^3 alatt tartható.
- az amin visszanyerése a cold-box elszívott gázok mosófolyadékából feltéve, hogy a teljes térfogat lehetővé teszi a gazdaságos működést (4.6.5. szakasz).
- aromás vagy növényi alapú (vagyis nem aromás) oldószerek használata. Mindkét módszer BAT (4.3.3.7. szakasz).

BAT a deponálásra kerülő homokmennyiség minimalizálása, a vegyi kötésű homok (kevert vagy monohomok) regenerálási és/vagy újrafelhasználási stratégiájának adaptálásával (ld. a 4.8.13. szakaszt). A regenerálás esetére a következő feltételek vonatkoznak:

- a hidegen kötő monohomokokat (pl. furángyantás homokot) egyszerű, mechanikus technikák használatával regenerálják, ahogy ezt a 4.8.3. szakasz bemutatta. Ez minden hidegen kötő monohomokra vonatkozik, kivéve a szilikáthomokot. 75-80% regenerálási arány érhető el.
- a kezeletlen cold-box és hidegen kötő maghomokot megszilárdítják és összetörik egy különleges egységben, lehetővé téve a maghomok minimum 5-10%-át kitevő mennyiségben való belső visszaforgatását (4.8.11. szakasz)
- a szilikát monohomokot hevítést és pneumatikus kezelést használva regenerálják. A 45-85% (évi átlag) regenerálási arány elérhető (4.8.10. szakasz). A lassan reagáló észterek használata minimalizálandó.

- a cold-box, SO_2, hot-box és Croning monohomokok, valamint kevert szerves kötőanyagú homokok regenerálása a következő technikák egyikének használatával történik: hideg mechanikus regenerálás (pl. őrlés, ütköztetés dobban, pneumatikus koptatás) vagy termikus regenerálás (4.8.4., 4.8.5., 4.8.6., 4.8.7. szakasz). A teljes regenerálási arány a használt magok mennyiségétől függ. A magkészítéshez 40-100%, a formázáshoz 90-100% regenerált homok használható.
- kevert nyers- és szerves kötőanyagú homokot mechanikus-termikus-mechanikus regenerálás (4.8.8. szakasz), őrlés (4.8.4. szakasz) vagy pneumatikus koptatás (4.8.6. szakasz) használatával regenerálják. A magkészítéshez 40-100%, a formázáshoz 90-100% regenerált homok használható.
- a regenerált homok minőségét és összetételét megfigyelik.
- a regenerált homokot csak kompatibilis homokrendszerben használják. A nem kompatibilis homoktípusokat elkülönítve tartják (ld. a 4.8.1. szakaszt).

Öntés, hűlés és ürítés

Az öntés, hűlés és ürítés emissziókat képez porból, illó szerves vegyületekből és egyéb szerves termékekből. BAT a következő:

- az öntő- és hűtősorok beburkolása és elszívás alkalmazása a sorozatok öntősorainál (4.5.9.2. szakasz), és
- az ürítőberendezés beburkolása, az elszívott gáz kezelése nedves vagy száraz porleválasztó berendezés használatával, ahogy azt a 4.5.9.3. szakaszban tárgyaltuk. A BAT-tal kapcsolatos porkibocsátási szint a II. melléklet II.6. táblázatában szerepel.

5.6. Öntés állandó formában (kokillában)

Az állandó formába történő öntés a folyékony fém fémformába beinjektálását jelenti. A formát a fém megszilárdulása után szétnyitják és az öntvényt kiveszik kikészítésre. Vegyi kötésű homokmagokat használnak korlátozott mértékben a kokillaöntésnél és a kisnyomású öntésnél.
A nyomásos öntéshez használt kokillákat bevonattal ellátni és hűteni kell, jó megszilárdulási és formából való kivételi tulajdonságok elérésére. Erre a célra leválasztó-szereket és hűtővizet permeteznek a kokillába. A tartós forma előkészítéséhez BAT a következők mindegyike:

- a nyomásos öntőszerszámokhoz használt leválasztó-szer és vízfogyasztás minimalizálása, a 4.3.5.1. szakaszban tárgyalt eljárási intézkedések egyikének vagy többjének használatával. Ez megakadályozza a ködképződést. Ha a megelőző intézkedések nem teszik lehetővé a II.7. táblázatban megadott, a szerves anyagokra vonatkozó, BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szintek elérését, burkolatok és elektrosztatikus porleválasztó használata, ahogy azt a 4.5.8.7. szakaszban tárgyaltuk,
- az elfolyó víz összegyűjtése a szennyvíz körforgalomba, további kezelésre,
- a hidraulikus rendszerekből származó víz és elcsöpögő folyadék összegyűjtése a szennyvíz körforgalomba további kezelésre, olajfogók (4.6.4. szakasz) és desztillálás vákuumos elpárologtatás vagy biológiai lebontás használatával, ahogy azt a 4.6.6. szakaszban tárgyaltuk.

A vegyi kötésű homok előkészítéséhez a BAT megegyezik a 4.2.4. szakaszban említett elemekkel. Mivel kisebb mennyiségű hulladékhomok képződik, az ürítésre és használt homok kezelésre vonatkozó BAT különböző. BAT a használt homok kezelésére az állandó formákat használó öntödékben a következő:

- a mageltávolító egység burkolása, és az elszívott gáz kezelése nedves vagy száraz porleválasztás alkalmazásával, ahogy azt a 4.5.9.3. szakaszban tárgyaltuk, figyelembe véve a II.7. táblázatban található BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteket, és
- ha létezik helyi piac, a mageltávolításból származó homok átadását visszaforgatásra (4.8.13. szakasz).

6. KÖRNYEZETVÉDELMI VEZETÉSI RENDSZEREK

A legjobb környezeti teljesítményt a létesítmények rendszerint a legjobb technológiának a leghatékonyabb módon történő üzemeltetésével érhetik el. Ezt felismerve szól a BAT definíciójában a „technika" fogalmának meghatározása a következőképpen: *„a technika fogalmába beleértendő az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést (technológiát, létesítményt) tervezik, építik, karbantartják, üzemeltetik és működését megszüntetik, a környezet helyreállítását végzik"*.

Az IPPC létesítmények esetében a környezetvédelmi vezetési rendszer (KVR) egy olyan eszköz, amit az üzemeltetők szisztematikusan és demonstrálható módon alkalmazhatnak a tervezés, szerkesztés, karbantartás, üzemeltetés és a tevékenység felhagyása során. Egy KVR magában foglalja a szervezeti felépítést, a felelősségeket, a gyakorlati megoldásokat, eljárásokat és műveleteket, valamint erőforrásokat a környezeti politika kifejlesztése, bevezetése, karbantartása, áttekintése és monitorozása folyamán. A környezetvédelmi vezetési rendszerek akkor működnek a leghatásosabban és legcélszerűbben, ha az üzemeltetés és az átfogó irányítás elválaszthatatlan részét képezik.

Miközben mind a szabványosított rendszerek (EN ISO 14001:2004[3] és EMAS[4]), mind a nem-szabványosított ("vevőre alkalmazott") rendszerek elvben a *szervezet*-et tekintik egységnek, addig az IPPC esetében megengedett a szűkebb értelmezést használni, melybe nem tartozik bele a szervezet összes tevékenysége, amiatt, hogy a szabályozott egység a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet értelmében a *létesítmény*.

Egy KVR lehet szabványosított vagy nem-szabványosított rendszer. A bevezetés és valamely, nemzetközileg is elfogadott szabványosított rendszerhez, mint például az EN ISO 14001:2004 számú szabványhoz való ragaszkodás hitelesebbé képes tenni az KVR-t, különösen, ha azt egy megfelelő külső tanúsítás is alátámasztja.
Az EMAS tovább növeli a megbízhatóságot. Ezt elősegíti a környezeti jogszabályok betartását elősegítő mechanizmus, valamint a környezeti nyilatkozat révén a nyilvánosság bevonása.
A nem-szabványosított rendszerek elvben ugyanilyen hatékonyak lehetnek, feltéve, hogy megfelelőképpen tervezték meg őket és alkalmas módon történt a bevezetésük.

Egy KVR bevezetése és az iránta való elkötelezettség az üzemeltető figyelmét a létesítmény környezeti teljesítményére irányítja. Különösen a normális és a normálistól eltérő helyzetekre kialakított egyértelmű üzemeltetési eljárások karbantartása és végrehajtása, továbbá a hozzárendelt felelősségek biztosítják, hogy a létesítmény engedélyében szereplő feltételeket betartsák és más környezeti célok és feladatok teljesítése minden időben megtörténjen.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek általában biztosítják a létesítmény környezeti teljesítményének folyamatos javítását, tökéletesítését. Minél kedvezőtlenebb a kiindulási helyzet, annál nagyobb rövid távú javulást lehet elvárni. Ha a létesítmény jó környezeti teljesítménnyel rendelkezik, akkor a rendszer segít az üzemeltetőnek a magas teljesítményszint megőrzésében, fenntartásában.

A környezetmenedzsment-technikákat úgy tervezik meg, hogy a környezeti hatást általában veszik figyelembe, ami összhangban áll az IPPC integrált megközelítésével.

[3] Környezetközpontú irányítási rendszerek
[4] Közösségi környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszer

Az alábbiakban leírt komponensek minden IPPC létesítményre alkalmazhatók. A KVR tárgya (pl. a részletessége) és természete (pl. szabványosított vagy nem-szabványosított) általában véve a létesítmény jellegével, méretével és komplexitásával, valamint a környezetre gyakorolt hatásával függ össze.

A KVR bevezetésének és működtetésének költségei magasak, de nem ésszerűtlen mértékben azok, mivel:

- A KVR magasabb fokú koordinációt és integrációt valósít meg más menedzsment-rendszerekkel, ami a költségek csökkentésének egyik lehetséges útjaként értékelhető.
- Az összes környezeti cél elérésére és a feladatok megoldására felhasznált ráfordítások kb. fele egy éven belül megtérül a költségmegtakarítások és/vagy növekvő bevétel következtében.
- A legnagyobb költségmegtakarítást az energiára, a hulladék-kezelésekre és a nyersanyagokra fordított csökkenő kiadások révén lehetett elérni.
- A legtöbb cég úgy gondolja, hogy a piacon elfoglalt helyüket erősíti a KVR. A cégek egyharmada arról számolt be, hogy a KVR következtében növekedtek bevételei.

A környezetvédelmi vezetési rendszerek számos előnyt nyújthatnak, például:

- átláthatóbbá teszi a cég környezetvédelmi helyzetét,
- megalapozottabb a döntéshozatal,
- a dolgozók jobban motiválhatók,
- további lehetőségek nyílnak az üzemeltetési költségek csökkentésére és a termék minőségének javítására,
- javul a környezeti teljesítmény,
- javul a cégről kialakult kép, az imázs,
- csökkennek a felelősségi, biztosítási és a meg nem feleléssel kapcsolatos költségek,
- nagyobb a vonzóerő a munkavállalók, az ügyfelek és a befektetők részéről,
- növekszik az ellenőrző szervek bizalma, ami csökkenő számú ellenőrző felülvizsgálatokhoz, áttekintésekhez vezethet,
- javul a kapcsolat a nyilvánossággal és a környezetvédelmi szervezetekkel.

Elérhető legjobb technikák

Számos környezetvédelmi vezetési technika számít BAT-nak. A környezetvédelmi vezetési rendszerek terén az elérhető legjobb technika (BAT) egy olyan környezetvédelmi vezetési rendszer bevezetése és az annak megfelelő működés, ami az egyedi körülményekre alkalmazva a következő jellegzetességeket foglalja magában:

(a) Környezeti politika meghatározása a létesítményre a felső vezetés döntése alapján, ami magában foglalja a felső vezetés elkötelezettségét arra, hogy

- kielégít minden fontosabb vonatkozó környezeti jogszabályt és más rendelkezést,
- eleget tesz minden más olyan követelménynek, amelyet a cég elfogad és aláír,
- keretet nyújt a környezeti célok és feladatok megállapításához és áttekintéséhez,
- dokumentált és azt minden munkavállalónak tudomására hozták,
- a nyilvánosság és minden érintett fél rendelkezésére áll, mivel az a felső vezetés elkötelezettsége a sikeres alkalmazás előfeltétele a környezetvédelmi vezetési rendszerek más tulajdonságaival együtt.

(b) A szükséges eljárások megtervezése és kialakítása annak érdekében, hogy

- a létesítmény környezeti vonatkozásait azonosítani lehessen,
- meg lehessen állapítani azokat a tevékenységeket, amelyek jelentős hatást gyakorolnak, vagy gyakorolhatnak a környezetre, és ezt az információt naprakész állapotban tartani,
- egy környezetmenedzsment-program kialakítása és rendszeres felfrissítése, korszerűsítése, beleértve a felelősségek átruházását is a kitűzött célok és feladatok elérése érdekében minden lényeges funkciónál és minden fontos szinten, valamint
- meghatározni azokat az eszközöket és azt az időkeretet, amelynek révén a megvalósításnak meg kell történni.

(c) Az eljárások bevezetése, különös figyelemmel az alábbiakra:
- szerkezet és felelősség,
- betanítás, elvárás és kompetencia,
- kommunikáció,
- a munkavállalók bevonása,
- dokumentálás (naprakész információk kialakítása és karbantartása, papír-alapú vagy elektronikus formában, a menedzsment-rendszer legfontosabb elemeinek és kölcsönhatásaiknak leírása, és útmutatás nyújtása a vonatkozó dokumentációk eléréséhez),
- hatékony folyamat-szabályozás (a folyamatok megfelelő szabályozása minden üzemelési mód mellett, azaz az előkészítésben, az indítás során, a rutinszerű üzemeltetés alatt, a leálláskor és a normálistól eltérő körülmények között),
- karbantartási programok,
- felkészülés a vészhelyzetekre és a megfelelő válaszok kialakítása,
- a környezeti jogi szabályozás kielégítésének biztosítása.

(d) A teljesítmény ellenőrzése és megfelelő korrekciós-kiigazító cselekmények megtétele, különös tekintettel a következőkre:
- monitorozás és mérés (a monitorozásra és a mérésre vonatkozó dokumentált eljárások kialakítása és rendszeresen végzett karbantartásuk, a műveletek és tevékenységek azon kulcsfontosságú jellegzetességei vonatkozásában, melyek lényeges hatást gyakorolhatnak a környezetre, beleértve a teljesítmény nyomon követéséről szóló információk feljegyzését, a lényeges üzemelési tevékenységek kontrollját és a berendezés környezeti céljainak és feladatainak való megfelelőségét),
- korrekciós és megelőző cselekmények, tevékenységek,
- a feljegyzések karbantartása,
- ahol lehet, ott független belső auditálás annak érdekében, hogy meghatározzák, a környezetvédelmi vezetési rendszer megfelel-e vagy nem felel meg a tervezett tevékenységeknek és értékeknek, és megfelelő volt-e a bevezetés és a karbantartás.
- A felső vezetés részéről az áttekintés, figyelemmel kísérés.

Az alábbi három támogató intézkedés megléte nem kötelező az elérhető legjobb technikának való megfeleléshez:
- Akkreditált tanúsító testület vagy egy külső tanúsító szerv által megvizsgált, ellenőrzött és érvényesített menedzsment-rendszer és auditálási eljárás.
- Egy szabályos környezeti nyilatkozat elkészítése és közzététele (és lehetőleg külső érvényesítése), amely a létesítmény valamennyi lényeges környezeti vonatkozását leírja, és ami lehetővé teszi az évről-évre való összehasonlítást a környezeti szempontú

célkitűzések és a feladatok terén, valamint a gazdasági-ipari szektor benchmark[5]-jellegű más mutatószámaival való összehasonlítás, ha lehetséges.
- Egy nemzetközileg elfogadott rendszer bevezetése és az ennek megfelelő működés, ilyen például az EMAS és az EN ISO 14001:2004. Egy ilyen rendszer bevezetése nagyobb megbízhatóságot biztosít a KVR-nek, különösen az EMAS. Elvileg azonban a nem-szabványosított rendszerek is ugyanolyan hatékonyak lehetnek, megfelelő tervezés és bevezetés esetén.

Egy iparág számára speciálisan lényeges a KVR következő potenciális jellegzetességeinek a figyelembe vétele:
- Figyelmet kell fordítani a tevékenység megszüntetéséből származó környezeti hatásokra is már az új üzem tervezésekor (a tevékenység megszüntetése a talaj és a felszín alatti víz szennyezése szempontjából jelent környezeti kockázatot, és nagy mennyiségű szilárd hulladék keletkezésével jár).

A megelőző technikák a műveletektől függenek, de általában az alábbiakra kell figyelmet fordítani:
- El kell kerülni a földfelszín alatti szerkezetek alkalmazását.
- A kialakítás során figyelemmel kell lenni a könnyű szétszerelhetőségre.
- Olyan felületi kialakítást, bevonatot kell választani, amit könnyen lehet a szennyezéstől mentesíteni.
- Olyan berendezés-konfigurációt kell alkalmazni, ami minimálisra csökkenti a vegyszerek visszamaradását, és ami elősegíti a leeresztést vagy a mosást.
- Rugalmasan kezelhető, önmagában álló egységeket kell tervezni, amelyek lehetővé teszik a fázisonként történő lezárást.
- Célszerű biológiailag lebontható és visszaforgatható anyagokat használni, ha erre mód van.
- Elő kell segíteni a tisztább technológiák alkalmazását.
- Ahol célszerű, az iparágra vonatkozó benchmark-jellegű összehasonlításokat kell végezni rendszeres időközönként, aminek ki kell terjednie az energia-hatékonyságra és az energia-megtakarítási tevékenységekre is, valamint a bemenő anyagok megválasztására, a levegőbe való emissziókra, a vízbe történő kibocsátásokra, a vízfogyasztásra és a hulladékok keletkezésére.
- Az üzem/technológia telepítése során figyelemmel kell lenni arra, hogy a tevékenység zajkibocsátása lakóterületet ne zavarjon

[5] Benchmark: viszonyítási pont (általában index)

7. KIBOCSÁTÁSI HATÁRÉRTÉKEK

Jelen fejezet összefoglalja az öntőiparban keletkező szennyezés kibocsátására vonatkozó Magyarországon hatályban lévő jogszabályokat.

Szennyező forrás (tevékenység)	Kibocsátott szennyezés	Befogadó környezeti elem	A kibocsátást szabályozó jogszabály (határérték)
ÖNTŐIPAR			
füstgáz	nitrogén-oxidok (NO_x) és egyéb nitrogén komponensek kén-dioxod (SO_2) szilárd anyagok (por) szén-monoxid (CO) poliklór-dibenzo-dioxinok és dibenzo-furánok (PCDD és PCDF) el nem égett szénhidrogének nehézfémek	levegő	21/2001. (II.14.) Korm.rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról 14/2001. (V.9.) KöM-EüM-FVM egy. rendelet a légszennyezettségi határértékekről, a helyhez kötött légszennyező pontforrások kibocsátási határértékeiről 17/2001. (VIII.3.) KöM rendelet a légszennyezettség és a helyhez kötött légszennyező források kibocsátásának vizsgálatával, ellenőrzésével, értékelésével kapcsolatos szabályokról
alap- és tüzelőanyag-tárolás	jogszabályi előírások szerinti anyagokra	talaj, felszín alatti víz	219/2004. (VII. 21.) Korm.rendelet a felszín alatti vizek védelméről 10/2000. (VI.2.) KöM-EÜM-FVM-KHVM egy. rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről
szennyvíz-kibocsátás	jogszabályi előírások szerinti anyagokra • felszíni víz befogadóba történő kibocsátására előírt határértékek	víz, közcsatorna	220/2004. (VII. 21.) Korm.rendelet a felszíni vizek minősége védelmének szabályairól

	• szennyvíz elvezető csatornarendszerbe történő kibocsátásra előírt értékek		28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól (. melléklet III. rész 31. fejezet specifikus technológiai előírásai és kibocsátási határértékei) 27/2005. (XII. 6.) KvVM rendelet a használt és szennyvizek kibocsátásának ellenőrzésére vonatkozó részletes szabályokról
	zaj, rezgés	levegő, lakóterületek	284/2007. (X.29.) Korm.rendelet a környezeti zaj és rezgés elleni védelem egyes szabályairól

Kibocsátások BAT szempontú értékelése

1. Általános követelmény a BAT alkalmazására:

1.1. A hatályos levegőre és vízre vonatkozó általános és technológiai kibocsátási határértékek betartása minimum követelmény.

1.2. Általában egy létesítmény BAT alkalmazásával jobb kibocsátási szinteket képes elérni, mint a hazai jogszabályokban előírt kötelező kibocsátási határértékek. Az új létesítményeknek olyan kibocsátási szinteket kell elérniük, melyek összevethetők az e dokumentumban bemutatott elérhető legjobb technikákkal. Meglévő létesítmények esetében a cél, hogy a lehető legjobban megközelítsék az új létesítmények kibocsátási szintjét, figyelembe véve az első fejezet **1.2** pontjában leírtakat a „**BAT alkalmazása meglévő létesítmények esetében**” címszó alatt.

2. Az egységes környezethasználati engedélyezés kapcsán a BAT alkalmazásakor figyelembe veendő követelmény:

2.1. Új létesítmények esetében az 1. pontban leírtak szerint kell eljárni.

2.2 Meglévő létesítmények esetében (bírság kiszabás tekintetében) türelmi időt fogalmaz meg a jogszabály a hatályos levegőre és vízre vonatkozó kibocsátási határértékek betartására vonatkozóan. Ezen határértékeket a létesítményeknek az engedélyükben szereplő határidő letelte előtt kell elérniük.

I. MELLÉKLETA TELJES KÖRŰ KÖRNYEZETVÉDELMI FELÜLVIZSGÁLAT ÉS AZ EGYSÉGES KÖRNYEZETHASZNÁLATI ENGEDÉLYKÉRELEM TARTALMI KÖVETELMÉNYRENDSZERÉNEK ÖSSZEVETÉSE

Új létesítmény esetében az engedélyezési eljárás az előzetes vizsgálati szakasszal indul. A benyújtandó előzetes vizsgálati dokumentáció tartalmi követelményeit a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet 4. számú melléklete határozza meg.

Az előzetes vizsgálat alapján állapítja meg a felügyelőség, hogy az adott ügyben milyen engedélyezési eljárás lefolytatása szükséges. Amennyiben a tevékenység környezeti hatásvizsgálatra és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra egyaránt kötelezett, a környezethasználónak nyilatkoznia kell arról, hogy kéri-e a Korm.rendelet 24. § szerinti összevont eljárás alkalmazását. Amennyiben az elérhető legjobb technikáról rendelkezésre álló információk ezt lehetővé teszik, a felügyelőség dönt a KHV és EKHE eljárás összevonhatóságáról.
Az előzetes vizsgálati eljárásban határozza meg a felügyelőség az engedélyezési eljáráshoz benyújtandó kérelem részletes tartalmi követelményeit.

Amennyiben a tevékenység csak egységes környezethasználati engedélyezési eljárásra kötelezett, az engedélykérelmi dokumentációt a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet 8. számú mellékletének előírásai szerint kell összeállítani.

A felügyelőség meglévő tevékenység esetén a környezethasználót az egységes környezethasználati engedély első ízben történő megszerzése érdekében teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat elvégzésére kötelezi.
A felülvizsgálat elvégzése során a Kvt-ben meghatározottakon túl a 314/2005. (XII.25.) Korm.rendelet előírásait is alkalmazni kell.

A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálat és az egységes környezethasználati engedélykérelem tartalmi követelményrendszerének összevetése

Közös számo-zás	A teljes körű környezetvédelmi felülvizsgálati dokumentáció kötelező tartalma	Az egységes környezethasználati engedélyhez szükséges tartalmi követelmények
1.	1. ***Általános adatok***[6]	
1.1.	1.1. A környezetvédelmi felülvizsgálatot (a továbbiakban: vizsgálat) végző neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a jogosultságát igazoló engedély/okirat száma.	
1.2.	1.2. Az érdekelt neve (megnevezése), lakhelye (székhelye), a tevékenység végzésére vonatkozó engedély száma.	a) az engedélykérő azonosító adatai ***(KÜJ számmal)***,
1.3.	1.3. A telephely(ek) címe, helyrajzi száma, a település statisztikai azonosító száma, átnézeti és részletes helyszínrajz	c) a létesítmény által igénybe vett terület helyszínrajza ***a szennyező források bejelölésével, egységes országos vetületi rendszer (EOV) koordináták feltüntetésével***,

6 A szükséges többletinformációkat vastag, dőlt kiemeléssel jelölve

1.4.		b) ***a létesítmény, tevékenység telepítési helyének jellemzői (KTJ számmal és létesítmény azonosító számmal)***
1.5.	1.4. A telephely(ek)re vonatkozó engedélyek és előírások felsorolása és bemutatása.	
1.6.	1.5. A telephely(ek)en a vizsgálat időpontjában folytatott tevékenységek felsorolása, a TEÁOR-számok megjelölésével és az alkalmazott technológiá(k) rövid leírásával.	
1.7.	1.6. A telephely(ek)en az érdekelt által korábban (a tevékenység kezdetétől, de legfeljebb 5 év) folytatott tevékenységek bemutatása különös tekintettel a környezetre veszélyt jelentő tevékenységekre, a bekövetkezett, környezetet érintő rendkívüli eseményekkel együtt.	
2.	2. ***A felülvizsgált tevékenységre vonatkozó adatok***	
2.1.	2.1. A létesítmények és a tevékenység részletes ismertetése, a tevékenység megkezdésének időpontja, a felhasznált anyagok listája, az előállított termékek listája a mennyiség és az összetétel feltüntetésével.	d) a létesítmény, illetve az ott folytatott tevékenység és annak jellemző termelési kapacitása, beleértve a telephelyen lévő műszakilag kapcsolódó létesítményeket, f) a létesítményben, illetve technológiában felhasznált, valamint az ott előállított anyagok, illetve ***energia jellemzői és mennyiségi adatai***,
2.2.	2.2. A tevékenység(ekk)el kapcsolatos dokumentációk, nyilvántartások, bejelentések, hatósági ellenőrzések, engedélyek, határozatok, kötelezések ismertetése, bírságok esetében 5 évre visszamenőleg.	
2.3.	2.3. Föld alatti és felszíni vezetékek, tartályok, anyagátfejtések helyének, üzemeltetésének ismertetése.	
2.4.		e) ***az alkalmazott elérhető legjobb technika ismertetése***
3.	3. ***A tevékenység folytatása során bekövetkezett, illetőleg jelentkező környezetterhelés és igénybevétel bemutatása***	

3.1	3.1. Levegő A jellemző levegőhasználatok ismertetése (szellőztetés, elszívás, energiaszolgáltatási és technológiai levegőigények nagyságának, időtartamának változása). A környezeti légtérből beszívott és tisztított levegő előállítását szolgáló berendezések és technológiák leírása. A légszennyezést okozó technológia részletes ismertetése, a szennyezésre hatást gyakorló paraméterek és jellemzők bemutatása. A használt levegő (füstgáz, véggáz) tisztítására szolgáló berendezések és hatásfokuk ismertetése, valamint a tisztítóberendezésben leválasztott anyagok kezelésének és elhelyezésének leírása. A helyhez kötött pontszerű és diffúz légszennyező források jellemzőinek bemutatása, a kibocsátott füstgázok jellemzőinek és a levegőszennyező komponenseknek az ismertetése (bűz is), a megengedett és a tényleges emissziók bemutatása és összehasonlítása. A felülvizsgált tevékenységekkel kapcsolatban rendszeresen vagy időszakosan üzemeltetett mozgó légszennyező források jellemző kibocsátási adatainak leírása, a tevékenységhez kapcsolódó szállítás, illetve járműforgalom hatásai. A levegőtisztaság-védelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedések ismertetése. (Amennyiben intézkedési terve van, annak ismertetése, és a végrehajtás bemutatása.) Be kell mutatni az emisszió terjedését (hatásterületét) és a levegőminőségre gyakorolt hatását.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembe-vételével, kiemelve az ***esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,***

3.2.	3.2. Víz A jellemző vízhasználatok, vízi munkák és vízi létesítmények, illetve az arra jogosító engedélyek és az engedélyektől való eltérések ismertetése. A friss víz beszerzésére, felhasználására, a használt vizek elhelyezésére vonatkozó statisztikai adatszolgáltatások bemutatása. A technológiai vízigények kielégítésének, a tevékenység biztonságos végzéséhez tartozó vízigénybevételeknek (vízszintsüllyesztés, víztelenítés) és a vízforgalmi diagramnak a bemutatása. Az ivóvízbeszerzés, ivóvízellátás, a kommunális és technológiai célú felhasználás bemutatása. A vízkészlet-igénybevételi adatok ismertetése 5 évre visszamenőleg. A szennyvízkeletkezések helyének, a szennyvizek mennyiségi és minőségi adatainak bemutatása a technológiai leírások alapján. A szennyvíz összegyűjtésére, tisztítására és a tisztított (vagy tisztítatlan) szennyvíz kibocsátására, elhelyezésére vonatkozó adatok, az ipari és egyéb szennyvízcsatornák, a szennyvíztisztító telep jellemzői, továbbá az iszapkezelés, iszapminőség és -elhelyezés adatainak ismertetése. A csapadékvízrendszer bemutatása (akár egyesített, akár elválasztó rendszerű a csatornahálózat). A vízkészletekre gyakorolt hatásokat vizsgáló (hatósági határozattal előírt) monitoring rendszer adatainak és működési tapasztalatainak bemutatása, beleértve mind a vízkivételek, mind a szennyvízbevezetések hatásának vizsgálatát, hatásterületének meghatározását, értékelését. A felszíni és felszín alatti vízszennyezések bemutatása, az elhárításukra tett intézkedések és azok eredményeinek ismertetése. A vízvédelemmel kapcsolatos belső utasítások, intézkedési tervek, a végrehajtásuk tárgyi és személyi feltételeinek ismertetése.	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az ***esetleges országhatáron átterjedő hatások***at,
3.3.	3.3. Hulladék A hulladékképződéssel járó technológiák és tevékenységek bemutatása, technológiai folyamatábrák készítése. A technológia és tevékenység során felhasznált anyagok megnevezése, éves felhasznált mennyiségük. Anyagmérlegek készítése a	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan,

	hulladék keletkezésével járó technológiákról. A tevékenységből keletkező összes hulladék 16/2001. (VII.18.) KöM rendelet szerinti megnevezése, mennyisége, EWC kódszáma (veszélyes hulladékok esetében azok veszélyességi jellemzőit is meg kell adni) technológiánkénti és tevékenységenkénti bontásban. A hulladékok gyűjtési módjának ismertetése. A hulladékok telephelyen belül történő kezelésének, tárolásának, az ezeket megvalósító létesítmények és technológiák részletes ismertetése, beleértve azok műszaki és környezetvédelmi jellemzőit. A telephelyről kiszállított (export is) hulladékok fajtánkénti ismertetése és mennyisége. A hulladékot szállító, átvevő szervezet azonosító adatai, a hulladékszállítás folyamatának (eszköze, módja, útvonala) ismertetése. A hulladékgazdálkodási terv, a keletkező hulladékok mennyiségének és környezeti veszélyességének csökkentésére tett intézkedések ismertetése. Más szervezettől átvett (import is) hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése. A begyűjtéssel átvett hulladékok minőségi összetételének, mennyiségének és származási helyének (átadó azonosító adatai), valamint kezelésének ismertetése.	
3.4.	3.4. Talaj A terület-igénybevétel és a területhasználat megváltozásának adatai. A talaj jellemzése a multifunkcionális tulajdonságai alapján, különös tekintettel a változásokra (vegyi anyagok, hulladékok stb.). A tevékenységből származó talajszennyezések és megszüntetési lehetőségeinek bemutatása. Prioritási intézkedési tervek készítése. Remediációs megoldások bemutatása	g) a létesítmény szennyező forrásai, h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,

3.5.	3.5. Zaj és rezgés A tevékenység hatásterületének meghatározása zaj- és rezgésvédelmi szempontból, feltüntetve és megnevezve a védendő objektumokat, védendőnek kijelölt területeket. A zaj/rezgésforrások leírása, a tényleges terhelési helyzet meghatározása, összehasonlítása a határértékekkel.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével,
3.6.	Az élővilágra vonatkozó környezetterhelés és igénybevétel bemutatása A területhasználattal érintett életközösségek (növény- és állattársulások) felmérése és annak a természetes, eredeti állapothoz, vagy környezetében lévő, a tevékenységgel nem érintett területekhez való viszonyítása. A tevékenység következtében történő igénybevétel módjának, mértékének megállapítása. A biológiailag aktív felületek meghatározása. A tevékenység káros hatásaira legérzékenyebben reagáló indikátor szervezetek megjelölése. Az eddigi károsodás mértékének meghatározása.	h) a létesítményből származó kibocsátások minőségi és mennyiségi jellemzői, valamint várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan, i) a létesítményben folytatott tevékenység hatásterületének meghatározása a szakterületi jogszabályok figyelembevételével, kiemelve az esetleges országhatáron átterjedő hatásokat,
3.7.		h) ***a létesítményből származó kibocsátások várható környezeti hatásai a környezeti elemek összességére vonatkozóan***
4.	4. ***Rendkívüli események*** A rendkívüli esemény, illetve üzemzavar miatt a környezetbe került vagy kerülő szennyező anyagok, valamint hulladékok minőségének és mennyiségének meghatározása környezeti elemenként. A megelőzés és a környezetszennyezés elhárítása érdekében teendő intézkedések, haváriatervek, kárelhárítási tervek bemutatása.	l) minden olyan intézkedést, amely ..., a biztonságot, … szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
5.	5. ***Összefoglaló értékelés, javaslatok*** A környezetre gyakorolt hatás értékelése, bemutatva a környezeti kockázatot is. Környezetvédelmi engedéllyel rendelkező tevékenység esetén az engedélykérelemhez elkészített tanulmányok hatás-előrejelzéseinek összevetése a bekövetkezett hatásokkal. A felülvizsgálat és a korábbi vizsgálatok eredményei, illetve határozatok alapján meg kell határozni azokat a lehetséges intézkedéseket, amelyekkel az érdekelt a veszélyeztetés mértékét csökkentheti, illetve a környezetszennyezés megszüntetése érdekében, vagy a környezet	j) a létesítményből származó kibocsátás megelőzésére, vagy amennyiben a megelőzés nem lehetséges, a kibocsátás csökkentésére szolgáló technológiai eljárások és egyéb műszaki megoldások, valamint ***ezeknek a mindenkori elérhető legjobb technikának való megfelelése***, k) ***szükség esetén a hulladék keletkezésének megelőzésére, a keletkezett hulladék hasznosítására***, valamint a nem hasznosítható hulladék környezetszennyezést, illetve -

	terhelhetőségének figyelembevételével annak elfogadható mértékűre való csökkentését érheti el. Ha az engedély nélküli tevékenységet új telepítési helyen valósították meg, akkor ismertetni kell a telepítés helyén az ökológiai viszonyokban és a tájban valószínűsíthető vagy bizonyítható változásokat, és az esetleges káros hatások ellensúlyozására bevezetett intézkedéseket. Javaslatot kell adni a szükséges beavatkozásokra, átalakításokra, ezek sürgősségére, időbeli ütemezésére.	károsítást kizáró módon történő ártalmatlanítására szolgáló megoldások, l) minden olyan intézkedést, amely az ***energiahatékonyság***ot, a biztonságot, a szennyezések megelőzését, illetve csökkentését szolgálják, különös tekintettel a 17. §-ban meghatározott követelmények teljesülésére,
6.	Kiemelten kell foglalkozni a környezetszennyezésre, -veszélyeztetésre utaló jelenségekkel, és szükség esetén javaslatot kell tenni az érintett terület feltárására, az észlelő, megfigyelő rendszer kialakítására.	m) a létesítményből származó kibocsátások mérésére (monitoring), folyamatos ellenőrzésére szolgáló módszerek, intézkedések.
		o) ***biztosítékadási és céltartalék képzéssel kapcsolatos, külön jogszabályban meghatározott adatokat.***
		Azon létesítmények esetében, amelyekre nem vonatkozik az 1999. évi LXXIV. törvény, mellékelniük kell az üzembiztonságra vonatkozó és havária esetén megteendő intézkedések bemutatását.
		A 20. § (3) bekezdés esetében a külön jogszabályokban meghatározott engedélyek iránti kérelem tartalmi követelményeit.

II. MELLÉKLET A BAT-HOZ KAPCSOLÓDÓ KIBOCSÁTÁSI SZINTEK

Vas olvasztása

A következő kibocsátási szintek társulnak az 5. fejezetben közölt BAT intézkedésekhez. Minden kibocsátási szint a mérési időszak átlagaként van megállapítva. Folyamatos monitoring esetén a napi átlagérték használandó. A légszennyezés normál állapotra van megállapítva, vagyis 273 K, 101,3 kPa és száraz gáz.

Paraméter	**Kibocsátási szint**
Por (1)	5-20 mg/Nm^3
PCDD/PCDF (poliklórozott dibenzo-dioxinok és furánok)	≤ 0,1 ng TEQ/Nm^3
(1) A porkibocsátás szintje függ a por olyan összetevőitől, minta nehézfémek, dioxinok és azok tömegárama TEQ = mérgezőségi egyenérték tényező	

II.1. táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje vasalapú fémek olvasztásánál és kezelésénél

Típus	**Paraméter**	**Kibocsátási szint (mg/Nm^3)**
Forrószeles	CO	20-1 000
	SO_2	20-100
	NOx	10-200
Hidegszeles	SO_2	100-400
	NO_x	20-70
	NM-VOC	101-20
Koksz nélküli	NO_x	160-400
NM-VOC = nem metán illékony szerves vegyületek		

II.2. táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje öntöttvas kupolókemencében való olvasztásánál

Paraméter	**Kibocsátási szint (mg/Nm^3)**
NO_x	10-50
CO	200

II.3. táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje vasalapú ötvözetek villamos ívkemencékkel való olvasztásakor

Paraméter	**Kibocsátási szint (mg/Nm^3)**
SO_2	70-130
NO_x	50-250
CO	20-30

II.4 táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje vasalapú ötvözetek forgódobos kemencében való olvasztásánál

Az egyéb fémek olvasztása

A következő kibocsátási szintek társulnak az 5. fejezetben közölt BAT intézkedésekhez. Minden kibocsátási szint a mérési időszak átlagaként van megállapítva. Folyamatos monitoring esetén a napi átlagérték használandó. A légszennyezés normál állapotra van megállapítva, vagyis 273 K, 101,3 kPa és száraz gáz.

A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szint porra vonatkozóan a színesfémolvasztásnál és fémkezelésnél 1-20 mg/Nm^3. Az alumínium olvasztásához további értékek a II.5. táblázatban találhatók.

A BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási tényező a por kibocsátásra alumíniumolvasztásnál 0,1-1 kg/t megolvasztott alumínium.

Ezen a BAT-hoz kapcsolódó kibocsátási szinteknek való megfelelés érdekében szükséges lehet füstgáz tisztító berendezés létesítése; ebben az esetben a BAT száraz porleválasztó használata.

Kemencetípus	**Paraméter**	**Kibocsátási szint (mg/Nm^3)**
Általános	Klór	3
Aknás	SO_2	30-50
	NOx	120
	CO	150
	VOC	100-150
Kád	SO_2	15
	NO_x	50
	CO	5
	TOC	5

II.5. táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje alumíniumolvasztásnál

Kibocsátási forrás	**Paraméter**	**Kibocsátási szint (mg/Nm^3)**
Általános	Por	5-20
Magkészítő műhely	Amin	5
Regeneráló egység	SO_2	120
	NO_x	150

II.6. táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje elvesző formák formázásánál és öntésénél

Paraméter	**Kibocsátási szint (mg/Nm^3)**
Por	5-20
Olajköd összes C-ben mérve	5-10

II.7. táblázat A BAT használatához kapcsolódó, légkörbe történő kibocsátás szintje tartós formában történő öntvénygyártásnál (beleértve a nyomásos öntést is)

III. MELLÉKLET FELHASZNÁLT IRODALOM

Reference Document on Best Available Techniques in the Smitheries and Foundries Industries, July 2004, European Commission, Directorate General, JRC Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Sustainability in Industry, Energy and Transport, European IPPC Bureau