

## **Integrált Szennyezés-megelőzés és Csökkentés (IPPC)**

**Referencia dokumentum az elérhető legjobb technikákról –  
tömörítvény a hazai sajátosságok figyelembe vételével**

**Színesfém gyártás**

## TARTALOMJEGYZÉK

1	TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ	5
1.1	A szinesfémipar	6
1.2	Környezeti kérdések a szinesfémiparban	7
1.3	Alkalmazott eljárások	9
1.4	Jelenlegi kibocsátási és anyag-felhasználási szintek	13
1.5	Főbb BAT-következtetések	15
1.5.1	Előkészületi tevékenységek	16
1.5.2	Folyamatirányítás	18
1.5.3	Gázfelfogás és -tisztítás	19
1.5.4	A dioxinok keletkezésének megelőzése és a dioxinok roncsolása	19
1.5.5	Metallurgiai eljárások	20
1.5.6	Levegőbe kibocsátott szennyezők	21
1.5.7	Vízbe kibocsátott, illetve vízbe kerülő szennyezők	26
1.5.8	A folyamatokban képződő maradványok	28
1.5.9	Mérgező (toxikus) vegyületek	30
1.5.10	Energia-visszanyerés	30
1.6	A konszenzus foka és ajánlások a jövőbeli munkára vonatkozóan	31
2	Általános áttekintés	32
2.1	A tárgyalt eljárások	32
2.2	Ipari helyzetkép	32
2.2.1	Szinesfémek és ötvözeteik	32
2.2.2	Az iparág működési köre	33
2.2.3	Az iparág szerkezete	33
2.2.4	Az iparág gazdasági helyzete	33
2.2.5	Környezetvédelmi hatékonyság	33
3	EJÁRÁSOK A RÉZ ÉS ÖTVÖZETEINEK (VALAMINT AZ Sn ÉS Be) ELŐÁLLÍTÁSÁRA PRIMER ÉS SZEKUNDER NYERSANYAGOKBÓL	39
3.1	Alkalmazott eljárások és technológiák	39
3.1.1	Primer réz előállítás	39
3.1.2	Réz előállítás másodnyersanyagokból	46
3.1.3	Ón	49
3.1.4	Drótbodya (durvahuzal) gyártás	49
3.1.5	Féltermékek előállítása rézből és rézötvözetekből	51
3.1.6	Réz és rézötvözet tömbök	55
3.1.7	Pácolás	56
3.2	Jelenlegi kibocsátási és felhasználási szintek	57
3.2.1	Energiafelhasználás a réztermelésben	57
3.2.2	Kibocsátási és fogyasztási adatok	58
3.3	A BAT (legalkalmasabb technológia) meghatározásánál figyelembe vehető eljárások	72
3.3.1	Anyagtárolási, -mozgatási és előkezelési eljárások	73
3.3.2	Primer olvasztási eljárások	75
3.3.3	Kén-dioxid eltávolítás	77
3.3.4	Szekunder kohósítási eljárások	80
3.3.5	Konvertérezés	82

3.3.6	Tüzi raffinálás	84
3.3.7	Elektrolitos raffinálás	84
3.3.8	Salakkezelési eljárások	85
3.3.9	Hidrometallurgiai eljárások	85
3.3.10	Ón és egyéb fémek	85
3.3.11	Réz durvahuzal (drótbuga)	85
3.3.12	Tuskók, csövek és félkésztermékek	86
3.3.13	Füst/gáz-gyűjtés és tisztítás	86
3.3.14	Folyamatirányítás és igazgatás	93
3.3.15	Hulladékvíz	93
3.3.16	Technológiai maradványok	96
3.4	A legalkalmasabb technikák	96
3.4.1	Anyagmozgatás és -tárolás	99
3.4.2	Az eljárás megválasztása	101
3.4.3	Gázgyűjtés és tisztítás	105
3.4.4	Hulladékvíz	111
3.4.5	Technológiai maradványok	112
3.4.6	Az eljárásokkal kapcsolatos költségek	113
3.5	Újabb Technológiák	113
4	Alumíniumgyártás primer és szekunder nyersanyagokból	114
4.1	Alkalmazott technológiák	114
4.1.1	Primer alumínium előállítás	114
4.1.2	Szekunder alumínium	118
4.2	Jelenlegi emisszió és fajlagos felhasználások	119
4.2.1	Primer alumínium	119
4.2.2	Szekunder alumínium	131
4.3	A legjobb elérhető technológiák	139
4.3.1	Anyagok kezelése és tárolása	140
4.3.2	A technológia kiválasztása	141
4.3.3	Gázgyűjtés és kezelés	143
4.3.4	Szennyvíz	147
4.3.5	A technológia maradványai	148
5	Eljárások az ólom, cink és kadmium (+Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te) előállítására	150
5.1	Alkalmazott eljárások és technikák	150
5.1.1	Primér ólom	150
5.1.2	Szekunder ólom	153
5.1.3	A primer és szekunder ólom raffinálása	156
5.1.4	Az ólom beolvasztási és ötvözési eljárásai	159
5.1.5	Primér cink	159
5.1.6	Szekunder cink	166
5.1.7	A cink beolvasztási és ötvözési eljárásai	170
5.1.8	A cink öntési eljárásai	170
5.1.9	Cinkpor előállítása	170
5.1.10	Kadmium	170
5.1.11	Egyéb fémek előállítása (In, Ge, Ga, As, Te, Sb, Bi)	171
5.2	A jelenlegi Emissziós és felhasználási szintek	172
5.2.1	Energia	176
5.2.2	Légköri emissziók	176

5.2.3	Vizes közegű emisszió	182
5.2.4	Eljárási maradványok és hulladékok	186
5.3	A BAT (legalkalmasabb technológia) meghatározásánál figyelembe vehető eljárások	194
5.3.1	Ananyagtárolás, -mozgatás és előkezelés	194
5.3.2	Primér ólomkohászati eljárások	197
5.3.3	Szekunder ólomkohók	198
5.3.4	Salakkezelés	201
5.3.5	Az ólom raffinálása	201
5.3.6	Primer cink	201
5.3.7	Szekunder cink	203
5.3.8	Kadmium és egyéb fémek	205
5.3.9	Füst/gáz-gyűjtés és tisztítás	205
5.3.10	Kénsavgyárok	207
5.3.11	Folyamatirányítás	211
5.3.12	Hulladékvíz	211
5.3.13	Eljárási maradványok	211
5.4	A legalkalmasabb technikák	211
5.4.1	Anyagmozgatás és -tárolás	214
5.4.2	Az eljárás megválasztása	214
5.4.3	Hulladékvíz	224
5.4.4	Eljárási maradványok	224
5.4.5	Az eljárásokkal kapcsolatos költségek	225
5.5	Újabb Technológiák	225
6	Eljárások a nemesfémek előállítására	228
6.1	Alkalmazott eljárások és technikák	228
6.1.1	Ezüst	231
6.1.2	Arany	234
6.1.3	Platinafémek	235
7	<b>NAGYOLVADÁSPONTÚ FÉMEK</b>	237
7.1	Alkalmazott eljárások és technológiák	237
7.1.1	Króm	237
7.1.2	Mangán	240
7.1.3	Volfrám	242
7.1.4	Vanádium	247
7.1.5	Molibdén	250
7.1.6	Titán	251
7.1.7	Tantál	253
7.1.8	Nióbium	255
7.1.9	Rénium	257
7.1.10	Cirkónium és hafnium	258
7.2	Jelenlegi emissziós, illetve anyag/energia-felhasználási szintek	259
7.2.1	Nyersanyag- és energia felhasználás	259
7.2.2	Emissziók	260
8	<b>FERROÖTVÖZETEK</b>	265
8.1	Ferronikkel előállítása laterites nikkelérből	266
8.2	Ferronikkel előállítása másodnyersanyagokból	267
8.3	Ferromolibdén előállítása metallotermiás redukcióval	267
9	<b>ALKÁLIFÉMEK ÉS ALKÁLIFÖLDFÉMEK ELŐÁLLÍTÁSI ELJÁRÁSAI</b>	269

9.1	Alkalmazott eljárások és módszerek	269
9.1.1	Nátrium	269
9.1.2	Lítium	271
9.1.3	Kálium	271
9.1.4	Kalcium és stroncium	272
9.1.5	Magnézium	275
9.2	Jelenlegi kibocsátási és felhasználási szintek	280
9.2.1	Nyersanyag- és energia felhasználás	281
9.2.2	Légszennyezés	281
9.2.3	Jellemző vízszennyezők	285
9.2.4	Melléktermékek, maradványok, hulladékok	286
9.3	Az elérhető legjobb eljárások/technológiák (BAT)	289
9.3.1	Anyagtárolás és -kezelés	290
9.3.2	Az eljárás kiválasztása	290
9.3.3	Gázkezelés és megsemmisítés	293
9.3.4	Szennyvizek	293
9.3.5	Az eljárások maradéka	294

## **11. Processes to Produce Nickel and Cobalt (Nikkel és kobalt előállítása)**

LÁSD AZ EREDETI DOKUMENTUMBAN!

## **12. Processes to Produce Carbon and Graphite Electrodes, etc. (Szén- és grafit-elektrodok előállítása, stb.) – Részben feldolgozva a 4. fejezetben, illetve**

LÁSD AZ EREDETI DOKUMENTUMBAN!

## **13. Conclusions and Recommendations (Konklúziók és javaslatok)**

LÁSD AZ EREDETI DOKUMENTUMBAN!

## **REFERENCES (HIVATKOZÁSOK)**

LÁSD AZ EREDETI DOKUMENTUMBAN!

## **ANNEX I. SPECIFIC COST DATA FOR METAL PRODUCTION AND ABATEMENT (I. MELLÉKLET: SPECIFIKUS BERUHÁZÁSI ÉS KÖRNYEZET-VÉDELMI KÖLTSÉGEK)**

LÁSD AZ EREDETI DOKUMENTUMBAN!

## **ANNEX II. INTERNATIONAL REGULATIONS (OVERVIEW) (II. MELLÉKLET: NEMZETKÖZI SZABÁLYOZÁSOK ÉS ELŐÍRÁSOK /ÁTTEKINTÉS/)**

LÁSD AZ EREDETI DOKUMENTUMBAN!

# 1 TARTALMI ÖSSZEFOGLALÓ

Ez a referencia dokumentum a szinesfémiparban használható legelterjedtebb technikákról illetve eljárásokról (Best Available Techniques = BAT) az Európai Tanács 96/61/EC számú irányelv-nek 16 (2) szakasza értelmében kivitelezett információcsere eredménye. A dokumentumot az előszó figyelembevételével kell tanulmányozni, amely leírja a dokumentum céljait és annak használatát.

A szinesfémek előállításának igen összetett területét olyan megközelítésben tárgyalja, amely a fémek előállítását az elsődleges és másodlagos nyersanyagokkal együtt, egy dokumentumban foglalja, a fémeket 10 csoportba sorolva. Ezen csoportok:

- Réz (ide véve az ónt és a berilliumot is) és ötvözeteik
- Alumínium
- Cink, ólom és kadmium (+ Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te)
- Nemesfémek
- Higany
- Nagyolvadáspontú fémek
- Ferroötvözetek
- Alkálifémek és alkáliföldfémek
- Nikkel és kobalt
- Szén és grafit

A szén és a grafit előállítása külön csoportként szintén ide került, mivel több ilyen jellegű gyártás-technológiai folyamat kapcsolódik a primer alumínium-koháshoz. Az ércék és a dúsított ércék (koncentrátumok) égetése és pörkölése, valamint a timföldgyártás ugyancsak ezekbe a csoportokba lett besorolva. A bányászat és az ércék lelőhelyen történő feldolgozása (ércelőkészítés) nem tartozik ennek a dokumentumnak a hatálya alá.

A dokumentum tizenkét fejezetből áll: az 1. fejezet általános információkat tartalmaz, a 2. fejezet a szinesfémek feldolgozására általában használatos eljárásokat tárgyalja, majd a 3-12. fejezetek a tíz fenti csoportok mindegyikére külön-külön érvényes kohászati eljárásokat veszi sorra. Végezetül a 13. fejezet tartalmazza a konklúziókat és az ajánlásokat. A költségeket és nemzetközi szabályozást a függelékek tartalmazzák. A szinesfémkohászatban általánosan használatos eljárások a 2. fejezetben a következőképpen lettek csoportosítva:

- Útmutató a fejezet használatához – összetett alkalmazások
- A kibocsátási adatok közzétevése és felhasználásuk
- Irányítás, tervezés és betanítás
- A nyersanyagok átvétele, tárolása és kezelése

- A nyersanyagok előkészítése és előkezelése, majd átvitele a gyártási folyamatokba
- Fémelőállító eljárások – kemencetípusok és folyamatirányítási módszerek
- Gázok felfogása/össze gyűjtése és levegőtisztítási módszerek
- A távozó szennyvíz kezelése és a (technológiai) vizek újrahasznosítása
- A folyamatok maradékanyagainak (beleértve a melléktermékeket és a hulladékokat) minimalizálása, újrahasznosítása és kezelése
- Energia és a hulladék hő visszanyerése
- Egymással érintkező közegek kölcsönhatása
- Zaj és rezgések
- Szagok
- Biztonsági kérdések
- Üzemleállítás

A 2-12. fejezetek mindegyike tartalmaz egy szakaszt az alkalmazott eljárásokról, a jelenlegi kibocsátási és anyag-felhasználási szintekről, a BAT meghatározása során megfontolásra érdemes eljárásokról ('technikákról'), valamint a BAT konklúziókról. A 2. fejezetre vonatkozóan a BAT konklúziók csak az anyagkezelésre és tárolásra, a folyamatirányításra, a gázgyűjtésre és gáztisztításra, a dioxinok eltávolítására, a kén-dioxid kinyerésére, a higanyszennyezés csökkentésére és a szennyvizek kezelésére illetve a technológiai vizek újrahasznosítására terjed ki. A helyzet teljes körű átlátásához az összes fejezet BAT következtetéseit figyelembe kell venni.

## **1.1 A színesfémipar**

AZ EU-ban legalább 42-féle színesfém, továbbá ferroötvözeteket, műszenet (szénelektrod) és grafitot állítanak elő és használnak a kohászat, a vegyipar, az építőipar, a közlekedés és az elektromos áramtermelő és -elosztó iparágak legkülönbözőbb területein. A nagy tisztaságú réz például alapvető fontosságú a villamos áram előállítás és továbbítás területén, míg a nikkel és a nagy olvadáspontú fémek már kis mennyiségben is javítják az acél korrózióállóságát és egyéb tulajdonságait. A színesfémeket számos csúcstechnológiai fejlesztés során is alkalmazzák, különösen a hadi-, a számítógép, az elektronikai és a távközlési iparban.

A színesfémeket különböző elsődleges és másodlagos nyersanyagokból állítják elő. Az elsődleges nyersanyagokat bányászott ércekből nyerik, amelyeket tovább kezelnek, mielőtt kohászati módszerekkel nyersfémekké dolgozzák fel őket. Az ércek feldolgozására általában a bányák közelében kerül sor. A másodlagos nyersanyagok közé tartoznak a saját forrásból származó és gyűjtött fémhulladékok és maradványok, amelyeket szintén alávethetnek bizonyos előkezeléseknek a bevonati réteget képező anyagok eltávolítására.

Európában a fémeket feldolgozásra érdemes koncentrációban tartalmazó érclelőhelyek már jórészt kimerültek és csak kevés saját nyersanyagforrás áll rendelkezésre. A dúsitott érceket ezért nagyrészt külső forrásokból szerzik be a világ különböző pontjairól.

Az újrahasznosítás számos fém esetén fontos eleme a nyersanyagok biztosításának. Többek között a réz, az alumínium, az ólom, a cink, a nemesfémek és a nagyolvadáspontú fémek visszanyerhetők a belőlük készült termékekből, illetve hulladékokból, és minőségi veszteség nélkül visszaforgathatók a gyártási/fémelőállítási folyamatokba az újrahasznosítás során. Összességében a másodlagos nyersanyagok igen nagy arányban kerülnek felhasználásra, csökkentve a nyersanyag- és az energiafogyasztást.

A színesfémipar termékei vagy a finomított fém, vagy pedig az úgynevezett félgyártmányok vagy félkész-termékek, azaz öntött fém- és fémötvözet-bugák (tömbök, tuskók stb.) vagy különböző formájú kovácsolt darabok vagy sajtolással (extrudálással) előállított különféle profilos termékek, továbbá fóliák, lemezek, szalagok, rudak, stb.

A színesfémipar szerkezete a szóban forgó fémtől függően más és más. Nincs egyetlen olyan cég sem, amely a színesfémek mindegyikét előállítaná, noha több olyan pán-európai cég, van amely többféle fémet állít elő, például rézet, ólmot, cinket, kadmiumot, stb.

A fémeket és fémötvözeteket gyártó európai cégek mérete igen változó: néhány közülük több mint 5000 embert foglalkoztat, míg legtöbbjük 50 és 200 fő közötti alkalmazottal működik. A tulajdonosi szerkezet is változatos a pán-európai tulajdontól és nemzeti fémipari csoportoktól kezdve különböző ipari holding társaságokon keresztül független részvénytársasági vagy más formában működő vállalkozásokig.

Egyes fémek nélkülözhetetlenek mint nyomelemek, azonban nagyobb koncentrációk esetén a fém, az ion vagy a vegyülete toxikussá válik, így több fém szerepel a mérgező anyagok listáin. A legnagyobb veszélyforrást az ólom, a kadmium és a higany jelentik.

## **1.2 Környezeti kérdések a színesfémiparban**

A színesfémek elsődleges nyersanyagokból történő előállítása során a legfontosabb környezetvédelmi kérdések a por és a fém/fémvegyületek valamint a kén-dioxid levegőbe való kibocsátása dúsított szulfidos ércek pörkölése és kohósítása, illetve kéntartalmú tüzelőanyagok vagy más anyagok alkalmazása során. A kén összegyűjtése és átalakítása vagy eltávolítása ezért kulcsfontosságú tényező a színesfémek előállításánál. A pirometallurgiai (nagyhőmérsékletű) kohászati eljárások a por- és fémszennyezés potenciális forrásai, melyek eredhetnek a kohósító kemencéktől, reaktorokból, valamint a fémolvadékokat továbbító/szállító műveletektől.

Az energiafogyasztás, valamint a hő és az energia visszanyerése igen fontos tényezők a színesfémek metallurgiájában. Ezek függenek a szulfidos ércek energiatartalmának hatékony felhasználásától, a folyamat egyes szakaszainak energiaigényétől, a használt energia típusától



és alkalmazási módjától, valamint a hővisszanyerés hatékony módszereinek alkalmazásától. A dokumentum 2. fejezete gyakorlati példákat is ad ezekre.

A színesfémek másodlagos nyersanyagokból történő előállításának főbb környezetvédelmi problémái ugyancsak a különböző kemencékből származó és a szállítások során felszabaduló gázok, amelyek port, fémeket és egyes műveleteknél gázhalmazállapotú savképző vegyületeket ('savas gázokat') is tartalmaznak. Ugyancsak fennáll a dioxinok képződésének lehetősége a másodlagos nyersanyagok kis mennyiségű klórtartalma miatt. A dioxin és az illékony szerves vegyületek (VOC-ok) lebontásának és/vagy befogásának megoldására jelenleg is nagy erőfeszítések folynak.

A kohóalumínium előállítása során a főbb környezeti problémát a többszörösen fluorozott szénhidrogének és fluorid vegyületek képződése adja az elektrolízis során, valamint az elektrolizáló kádakból származó és a timföldgyártás során képződő szilárd hulladékok jelentik.

A szilárd hulladékok képződése ugyancsak gondot jelent a cink és más fémek előállítása során a vas-eltávolítási (vagyis az ún. vastalanítási) lépésekben.

Más eljárások veszélyes reagenseket használnak, így például HCl-ot, HNO<sub>3</sub>-at, Cl<sub>2</sub>-t és szerves oldószereket az oldatos feltáráshoz/kioldáshoz és tisztításhoz. A fejlett feldolgozási technikák segítségével lehetséges ezen anyagok biztonságos kezelése, visszanyerése és újrahasznosítása. A reaktorok tömítése, illetve a környezettől való hatásos elszigetelése igen jelentős kérdés e tekintetben.

A legtöbb esetben a melléktermékként keletkező gázokat szövetiszűrőkkel tisztítják, így a por és a fémvegyületek, például az ólom kibocsátása csökken. A nedves gáztisztító berendezéseket és nedves elektrosztatikus leválasztókat alkalmazó gáztisztítás különösen hatékony az olyan gázok esetén, amelyekből ként nyernek ki a kénsavat gyártó üzemekben. Bizonyos esetekben, amikor a por erősen koptató hatású vagy nehezen szűrhető, a nedves gáztisztítók ugyancsak hatásosak. A kemencék megfelelő tömítettsége és a környezettől megfelelően elzárt körülmények közötti szállítási és tárolási módszerek alkalmazása igen lényegesek a szennyezőanyag-kibocsátás megelőzése szempontjából.

Összefoglalva, a különböző csoportokba sorolt fémek előállítási eljárásai során figyelembe veendő a legfontosabb kérdések és szempontok az alábbiak:

- A réz előállítása során melléktermékként keletkezik: SO<sub>2</sub>, por, fémvegyületek, szerves vegyületek, szennyvíz (fémvegyületek), maradványok, mint például kemencebélés anyagok, iszapok, szűrőpor és salak. Dioxinok képződésével a másodlagos rézalapanyagok feldolgozása során ugyancsak számolni kell.

- Az alumínium előállítása során: fluoridok (köztük HF), por, fémvegyületek, SO<sub>2</sub>, COS, PAH, VOC-ok, üvegházhatásért felelős gázok (PFC-k és CO<sub>2</sub>), dioxinok (másodlagos), kloridok és HCl. Maradványok, mint például a bauxit-feldolgozás maradéka, az elektrolizáló kádak elhasznált bélése, a szűrőkön leválasztott porok, salakok és szennyvizek (olaj és ammónia).
- Az ólom, cink és kadmium előállítása során: por, fémvegyületek, VOC-ok (köztük dioxinok), kellemetlen szagú gázok, SO<sub>2</sub>, egyéb savas gázok, szennyvíz (fémvegyületek), maradványok, mint például iszapok, vasban gazdag maradványok, a szűrőkön leválasztott porok és a salakok.
- A nemesfémek előállítása során: VOC-ok, por, fémvegyületek, dioxinok, kellemetlen szagú gázok, NO<sub>x</sub>, egyéb savas gázok, pl. klór és SO<sub>2</sub>. Maradványok, mint például iszap, szűrőpor, salak és szennyvíz (fémvegyületek és szerves vegyületek).
- A higany előállítása során: higanygőz, por, fémvegyületek, kellemetlen szagú gázok, SO<sub>2</sub>, egyéb savas gázok, szennyvíz (fémvegyületek), maradványok, mint például iszap, szűrőpor és salak.
- A nagyolvadáspontú fémek, a keményfém porok és fémkarbidok előállítása során: por, szilárd keményfém és fémvegyületek, szennyvíz (fémvegyületek), maradványok, mint például szűrőpor, iszap és salak. Az eljárások során alkalmazott egyes vegyszerek, mint például a tantál és a nióbbium feldolgozása során használt hidrogén-fluorid (HF) igen mérgezőek. Ezt figyelembe kell venni ezen anyagok szállítása, felhasználása és tárolása során.
- A ferroötvözetek előállítása során: por, fémvegyületek, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, energia-visszanyerés, szennyvíz (fémvegyületek), maradványok, mint például szűrőn leválasztott por, iszap és salak.
- Az alkálifémek és az alkáliföldfémek előállítása során: klór, HCl, dioxin, SF<sub>6</sub>, por, fémvegyületek, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, szennyvíz (fémvegyületek), maradványok, mint például iszap, alumínát vegyületek, szűrőpor és salak.
- A nikkel és a kobalt előállítása során: VOC-ok, CO, por, fémvegyületek, kellemetlen szagú gázok, SO<sub>2</sub>, klór és egyéb savas gázok, szennyvíz (fémvegyületek és szerves vegyületek), maradványok, mint például iszap, szűrőpor és salak.
- A szén és a grafit előállítása során: PAH-ok, szénhidrogének, por, kellemetlen szagú gázok, SO<sub>2</sub>, szennyvíz-keletkezés megelőzése, maradványok, mint például szűrőpor.

### **1.3 Alkalmazott eljárások**

A különböző üzemekben használt nyersanyagok palettája igen széles, ami azt jelenti, hogy nagy számú különböző kohászati eljárásokat alkalmaznak. Több esetben az alkalmazott eljárás kiválasztását a nyersanyagok határozzák meg. Az alábbi táblázatok összefoglalják a szinesfémek előállítására használt kemence típusokat:

**Szárító-, pörkölő-, zsugorító- és kalcináló kemencék**

Kemence	Kohósított/kinyert fémek	Feldolgozott anyagok	Megjegyzés
Gőzcsöves szárító Fluidágyas szárító Gyorsszárító (flash)	Cu és néhány egyéb	Dúsított ércek	
Forgó dobkemence	A legtöbb fém esetén szárításra. ZnO kigőzölögtetésére (fuming). Timföld, a Ni és a ferroötvözetek kalcinálására. Cu és Al fémhulladékok olajtalanításá-ra. Fotófilm égetésre nemefém előállításra.	Ércek, dúsított ércek és különböző fémhulladékok és maradványok.	Szárítási, kalcinálási és kigőzölögtetési (fuming) alkalmazások.  Égetőkemenceként is használják.
Fluidizált ágyas (Fluidágyas)	Réz és cink. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Dúsított ércek. Al(OH) <sub>3</sub>	Pörkölés és kalcinálás.
Felszálló áramú (átszívásos) zsugorító berendezés	Cink és ólom	Dúsított ércek, másodlagos nyersanyagok	Zsugorítás (szinterelés).
Leszálló áramú zsugorító berendezés	Cink és ólom	Dúsított ércek, másodlagos nyersanyagok	Zsugorítás (szinterelés).
Acélhevederes zsugorítószalag	Ferroötvözetek, Mn, Nb	Érc	Más alkalmazások is lehetségesek
Herreshoff (Wedge) kemence	Higany, molibdén (rénium kinyerés)	Ércek és dúsított ércek	Égetés, pörkölés.

**Fémszínítő(fémelőállító)- és fémfinomító (reaktor)kemencék**

Kemence	Kohósított/kinyert fémek	Feldolgozott anyagok	Megjegyzés
Zárt, tűzállóanyaggal bélelt olvasztótégelyek	Magas olvadáspontú fémek, speciális ferroötvö-zetek	Fémoxidok	
Felül nyitott aknake-mence	Magas olvadáspontú fémek, speciális ferroötvö-zetek	Fémoxidok	
Baiyin (Baijin) reaktor	Réz	Dúsított ércek	
Elektromos ívkemence	Ferroötvözetek	Dúsított ércek, ércek	
Contop-/ciklon	Réz	Dúsított ércek	

Kemence	Kohósított/kinyert fémek	Feldolgozott anyagok	Megjegyzés
Merülőelektródás ívkemence	Nemesfémek, réz, ferroötvözetek.	Salakok, másodlagos nyersanyagok, dúsított ércek.	Ferroötvözetek előállításához nyitott, félig zárt és zárt típusokat is használnak.
Forgatható dobkemence	Alumínium, ólom, réz, nemesfémek	Fémhulladék és egyéb másodlagos nyersanyagok, konverterréz/nyersréz	Oxidálásra és a betétanyag reagáló olvasztására
Billenthető forgó dob-kemence	Alumínium	Fémhulladék és egyéb másodlagos nyersanyagok	Csökkenti a fedősó adalék (flux) mennyiségét
Lángkemence	Alumínium, réz, egyéb	Fémhulladék és egyéb másodlagos nyersanyagok, feketeeréz	Cu koncentrátumok olvasztására (is) a világ más területén
Vanyucov (Vanjukov)	Réz	Dúsított ércek	
ISA Smelt/Ausmelt (olvasztó kemence)	Réz, ólom	Köztitermékek, dúsított ércek és másodlagos nyersanyagok	
QSL	Ólom	Dúsított ércek és másodlagos nyersanyagok	
Kivcet	Ólom Réz	Dúsított ércek és másodlagos nyersanyagok	
Noranda	Réz	Dúsított ércek	
El Teniente	Réz	Dúsított ércek	
TBRC TROF	Réz (TBRC), Nemesfémek	A legtöbb másodnyers-anyag, beleértve a fémhordozó iszapokat is	
Mini Smelter (olvasztókemence)	Réz/ólom/ón	Fémhulladékok	
Nagyolvasztó és ISF	Ólom, ólom/cink, réz, nemesfémek, nagy széntartalmú ferromangán (karbüré)	Dúsított ércek, a legtöbb másodlagos nyersanyag	Ferromangán előállítására csak energia visszanyeréssel együtt használják.
Inco Flash kemence	Réz, nikkel	Dúsított ércek	
Outokumpu Flash	Réz, nikkel	Dúsított ércek	

Kemence	Kohósított/kinyert fémek	Feldolgozott anyagok	Megjegyzés
Smelter (röptében olvasztó kemence)			
Mitsubishi-eljárással működő kemence	Réz	Dúsított ércek és fémes anódmaradvány	
Peirce Smith kemence	Réz (konverterréz), ferroötvezetek, fénoxidok előállítás	Kéneskő (fémszulfidos dúsítmány) és anódmaradvány (fémes hulladék)	
Hoboken kemence	Réz (konverterréz)	Kéneskő és fémes anódmaradvány	
Outokumpu Flash Converter (röptében reagáltató kemence)	Réz (konverterréz)	Kéneskő és fémes anódmaradvány	
Noranda konverter	Réz (konverterréz)	Kéneskő	
Mitsubishi konverter	Réz (konverterréz)	Kéneskő	

#### Olvasztókemencék

Kemence	Feldolgozott fémek	Betétanyagok	Megjegyzés
Indukciós	Többsége	Tiszta fémek és hulladékfémek, ill. fémhulladékok	Az indukált keverés segíti az ötvözést. Egyes fémek esetén vákuum is használható
Elektronsugaras	Magas olvadáspontú fémek	Tiszta fémek és fémhulladékok	
Forgó dobkemence	Alumínium, ólom	Különböző tisztasági fokú (osztályozott) fémhulladékok.	Folyósító adalékok és sókeverékek a vegyes (komplex) betétanyagokhoz.
Lángkemence	Alumínium (kohófém és átolvasztott, szekunder fém)	Különböző tisztasági fokú (osztályozott) fém.	Többféle medence-, ill. fürdő-kialakítás lehet. Olvasztásra vagy hőntartásra.
Contimelt	Réz	Rézanód, tiszta fémhulladék és konverter(nyers)réz.	Integrált kemencerendszer.
Aknás kemence	Réz	Rézkatód és tiszta fémhulladék.	Redukciós körülmények
Dobkemence (Thomas)	Réz	Réz fémhulladék	Olvasztás, tűzi finomítás
Hevített	Ólom, cink	Tiszta fémhulladékok	Olvasztás, finomítás,

olvasztótégely (közvetett fűtésű tégelykemence)			ötvözés
Közvetlenül hevített olvasztótégely	Nemesfémek	Tiszta fémek	Olvasztás, ötvözés

Hidrometallurgiai (nedves-, ill. vizes oldószeres) eljárások szintén használatosak. Savakat és lúgokat (NaOH-ot, esetenként Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>-ot is) használnak különböző pörkölékek, ércek és dúsított ércek fémtartalmának kioldására az oldattisztítási műveletek és az elektrolitikus fémkinyerés előtt. A vizes kioldással (un. lúgzással) kinyerni kívánt anyag rendszerint oxidvegyületekben található: vagy fémoxidok formájában az ércben vagy a pörköléssel előállított oxidokban. Egyes dúsított nyersanyagok (koncentrátumok) vagy kéneskövek (szulfidos dúsítmányok) közvetlenül is lúgozhatók akár atmoszférikus akár nagyobb nyomáson is. Egyes szulfidos rézércek feltárása kénsavval vagy más vizes kioldó reagensekkel is történhet - esetenként egyes természetben előforduló baktériumok oxidációt és oldódást gyorsító hatását is kihasználva -, noha a lúgó műveletek időtartama meglehetősen hosszú.

A lúgzásos rendszerekhez levegőt, oxigént, klórt vagy vas-kloridot tartalmazó oldatot juttatva megfelelő feltételeket lehet biztosítani a kioldáshoz. Az előállított oldatokat többféle módon kezelik a fémek tisztítása és kinyerése céljából. Elterjedt gyakorlat, hogy a kimerült oldatokat lehetőség szerint visszaforgatják a kioldási/lúgozási szakaszba annak érdekében, hogy takarékoskodjanak a savakkal és a lúgos oldatokkal.

#### 1.4 Jelenlegi kibocsátási és anyag-felhasználási szintek

A nyersanyagok összetétele ugyancsak lényeges tényező, és hatással van az energiafelhasználásra, a képződő maradványokra és az egyéb felhasznált anyagok mennyiségére. Példa erre a szennyező, mint például a vas eltávolítása a salakba, ahol a szennyező mennyisége határozza meg a képződött salak és a felhasznált energia mennyiségét.

A környezetet terhelő szennyezőanyag kibocsátások függenek az alkalmazott szennyezőanyag-gyűjtő vagy tisztító rendszerektől. A következő táblázat az információcsere során nyert, jelenleg működő tisztítóeljárásokat szemlélteti:

##### A jelenlegi szennyezőanyag-kibocsátások jelentések szerinti szintje<sup>(1)</sup>

Tisztítási módszer, tisztítási eljárás	A jelentések szerinti szennyező-kibocsátások			Fajlagos kibocsátások (1 tonna előállított fémre)
	Szennyező-anyag	minimuma	maximuma	
Szövetszűrő, elektrofilter forró gázokhoz és ciklon	Por (az összetételtől függő fémek)	< 1 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>	100 - 6000 g/t

<sup>1</sup> A táblázatokban a m<sup>3</sup> jelöléssel 1 m<sup>3</sup> térfogatú, 0°C hőmérsékletű és 101325 Pa gáznyomású közeget értünk.

Tisztítási módszer, tisztítási eljárás	A jelentések szerinti szennyező-kibocsátások			Fajlagos kibocsátások (1 tonna előállított fémre)
	Szennyező-anyag	minimuma	maximuma	
Szénszűrő	Összes C	< 20 mg/m <sup>3</sup>		
Utánégető (beleértve a dioxin hőbontását)	Összes C	< 2 mg/m <sup>3</sup>	100 mg/m <sup>3</sup>	10 - 80 g/t
	Dioxin (TEQ)	< 0,1 ng/m <sup>3</sup>	5 ng/m <sup>3</sup>	5 - 10 µg/t
	PAH (EPA)	< 1 µg/m <sup>3</sup>	2500 µg/m <sup>3</sup>	
	HCN	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	
Nedves gázmosó vagy félszáraz gáztisztító	SO <sub>2</sub>	< 50 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>	500 - 3000 g/t
	Szénhidrogének	<10 mgC/m <sup>3</sup>	200 mgC/m <sup>3</sup>	
	Klór	< 2 mg/m <sup>3</sup>		
Alumínium-oxid (töltetes) gáztisztító	Por	< 1 mg/m <sup>3</sup>	20 mg/m <sup>3</sup>	
	Szénhidrogének	< 1 mgC/m <sup>3</sup>	50 mgC/m <sup>3</sup>	
	PAH (EPA)	< 20 µg/m <sup>3</sup>	2000 µg/m <sup>3</sup>	
Klór-visszanyerés	Klór	< 5 mg/m <sup>3</sup>		
Optimalizált égetés. Kis NO <sub>x</sub> kibocsátású égető	NO <sub>x</sub>	10 mg/m <sup>3</sup>	500 mg/m <sup>3</sup>	
Oxidáló gáztisztító	NO <sub>x</sub>		< 100 mg/m <sup>3</sup>	
Kénsav-gyártó üzem a SO <sub>2</sub> átalakításával	kétszeres átáramoltatás	99,3 %	99,7%	1 - 16 kg/t
	egyszeres átáramoltatás	95	99,1%	
Hűtő, elektrofilter (EP), mész/szén abszorpció és szövetszűrő	PAH (EPA)	0,1 mg/m <sup>3</sup>	6 mg/m <sup>3</sup>	
	Szénhidrogének	20 mgC/m <sup>3</sup>	200 mgC/m <sup>3</sup>	

A termékgázokat felfogják és szövetszűrőkön átvezetve tisztítják meg, ezáltal csökkentve a por és a fémvegyületek, mint például az ólomvegyületek emisszióját. A korszerű szövetszűrők jelentős fejlődést mutatnak teljesítményük, megbízhatóságuk és élettartamuk alapján. A dioxinok és VOC-ok eltávolítására utánégetőket és szénabszorpciót alkalmaznak.

A be nem fogott, össze nem gyűjtött gázokat és az elillanó/kiszívargó szennyezőket azonban nem kezelik. Jelentős a porkibocsátás a nyersanyagok tárolása, mozgatása és előkezelése során is. Ez egyaránt igaz az elsődleges és a másodlagos előállítási eljárásokra. A kiszökő szennyeződések jelentősége pedig jóval nagyobb is lehet, mint a felfogott és tisztításon átesett szennyezőanyagok esetében. Gondos üzemtervezésre és működtetésre van szükség a termékgázok felfogása és kezelése érdekében azokban az esetekben, ahol a kezeletlenül kiszökő anyagmennyiségek jelentősek.

Amint az alábbi táblázatból látható, az illékony és össze nem gyűjtött emittált szennyezők problémája igen fontos kérdés:

### A gáztisztítással kezelt és a kiszökő porterhelési adatok összehasonlítása egy primer rézkohóban

	Por emisszió, kg/a	
	Másodlagos gázelszívás bevezetése előtt (1992)	Másodlagos gázelszívás bevezetése után (1996)
Rézanód-termelés, t/a	220000	325000
Kiszökő szennyezők		
Rézkohóból összesen	66490	32200
Kohó tetővonalában	56160	17020
Elsődleges kohókémény emissziók		
Kohó/sav üzem	7990	7600
Kéményhez csatlakozó másodlagos elszívók	2547	2116

Számos eljárás alkalmaz zárt hűtő- és technológiaivíz-kezelő rendszereket, de ennek ellenére fennáll a nehézfémek vizekbe jutásának veszélye. A vízfelhasználást és a szennyvízképződést csökkentő, valamint a technológiai vizek kezelésére vonatkozó módszereket a 2. fejezet tekinti át.

A maradványok képződése ugyancsak jelentős tényező ebben az iparágban, azonban a visszamaradó anyagok gyakran tartalmaznak még kinyerhető mennyiségű másféle fémeket és elterjedt gyakorlat, hogy ezeket a maradványokat az üzemben belül vagy máshol felhasználják a fémek kinyerésére.

A képződött salak sokszor kémiaiilag inert, kioldódó komponenseket sem tartalmaz, s ezeket általában útépítési és hasonló célokra használják fel. Másfajta salakokat, mint például a különböző sókat tartalmazókat pedig további feldolgozásnak vethetik alá az egyéb hasznos összetevők kinyerésére céljából, amelyeket más iparágokban használnak fel. Az adott iparágban azonban biztosítani kell, hogy ezeket a visszanyerési/újrahasznosítási eljárásokat csak magas szintű környezetvédelmi szabványok betartása mellett alkalmazzák.

## 1.5 Főbb BAT-következtetések

A szinesfémek előállításának elérhető legjobb eljárásairól (BAT-ról) készült referencia dokumentum (rövidítve: BREF) elkészítéséhez elvégzett információcsere lehetővé tette a BAT meghatározásához szükséges következtetések levonását a gyártásra és a kapcsolódó folyamatokra vonatkozóan. Éppen ezért át kell tekinteni az egyes fejezetek BAT-ot leíró szakaszait ahhoz, hogy a BAT-ot és az ahhoz kapcsolódó eljárásokat és szennyezőanyag kibocsátásokat teljes egészében megérthessük. A legfontosabb eredmények az alábbiakban kerülnek összefoglalásra:



### 1.5.1 Előkészületi tevékenységek

A folyamatirányítás és felügyelet, valamint az eljárás és szennyezés-csökkentő rendszerek vezérlése igen fontos tényezők. A megfelelő betanítási gyakorlatok és kezelők képzése és motiválása szintén fontosak, különösen a környezetszennyezés megelőzésének szempontjából. A nyersanyagkezelés (szállítás, tárolás, adagolás) megfelelő módszereinek alkalmazása esetén elkerülhető a kiszökő/elszivárgó anyagok emissziója. További fontos eljárás-technikai módszerek még:

- Új eljárás vagy újfajta nyersanyag esetén a környezeti hatások felmérése a projekt lehető legkorábbi szakaszában, valamint ezek rendszeres felülvizsgálata a későbbiekben.
- A folyamat olyan megtervezése, hogy az a várt nyersanyagok teljes skáláját fogadni tudja. Súlyos problémák adódhatnak például abból, ha a gáztérfogatok túl nagyok, vagy ha az adott (nyers)anyag feldolgozásának energiaigénye nagyobb a vártnál. A tervezési szakasz a költséghatékonyság szempontjából a legfontosabb időszak a környezeti összteljesítményt javító intézkedések bevezetésére.
- Eseménynapló vezetése a tervezési és döntéshozatali folyamat auditálásáról, amely feltünteti a különböző felmerült eljárásokat és szennyezés-csökkentő lehetőségeket.
- Üzemindítási eljárások tervezése új vagy módosított üzem esetén.

Az alábbi táblázat összefoglalja a nyersanyag-tárolási és –kezelési módszereket az anyag típusa és jellemzői alapján:

#### Nyersanyagfélések és a különböző szállítási, adagolási és tárolási (kezelési) módszerek összefoglalása

Nyersanyag	Fém csoport	Szállítási és adagolási módszerek	Tárolási módszerek	Megjegyzések
Dúsított ércek (koncentrátumok)	Valamennyi fémre – ha por képződik	Zárt futószalagok vagy pneumatikus szállítás, adagolás	Zárt épület	A vízszennyezés megelőzése
	Valamennyi – ha por nem képződik	Fedett futószalagok	Fedett tároló	
Finom szemcsés anyag (pl. fémpor)	'Tűzálló' nagy olvadáspontú fémek	Zárt futószalagok vagy pneumatikus szállítás. Fedett futószalagok	Zárt hordók, tartályok és bunkerek	A vízszennyezés és a levegőbe kiszökő emissziók megelőzése.
Másodlagos nyersanyagok:	Valamennyi fémre – Nagy darabos	Mechanikus rakodó, adagoló	Nyitott	A vízszennyezés vagy a vízzel való reakciók

Nyersanyag	Fém csoport	Szállítási és adagolási módszerek	Tárolási módszerek	Megjegyzések
	Valamennyi fémre – Kisebbséges darabos	Töltött adagolóedények (szkip)	Fedett tartályok/medencék Tárolóterek	megelőzése. Olaj eltávolítás a fémforgácsról.
	Valamennyi fémre – Finomszemcsés	Zárt térben vagy agglomerált formában	Zárt, ha poros	
Folyósító (flux, salakképző) anyagok:	Valamennyi fémre – ha por képződik	Zárt futószalagok vagy pneumatikus szállítás, adagolás	Zárt épület	A vízszennyezés megelőzése
	Valamennyi fémre – ha por nem képződik	Fedett futószalagok	Fedett tároló	
Szilárd tüzelőanyag és kocsz:	Valamennyi fémre	Fedett futószalagok ha por nem képződik	Fedett tároló, ha por nem képződik	
Folyékony tüzelőanyagok és LPG	Valamennyi fémre	Magasan (fej felett) vezetett csővezetékek	Felül- ill. bevizsgált tároló. Elsáncolt területek.	A szállítóvezetékek visszaszellőztetése
Termékgázok:	Valamennyi fémre	Magasan futó csővezetékek. Csökkentett nyomású csővezetékek (klór, CO)	Ellenőrzött/be-ill. felülvizsgált tárolási módok	Nyomásesés folyamatos ellenőrzése. Riasztás mérgező gázok esetén.
Oldószerek	Cu, Ni, Zn-csoport, nemesfémek, szén	Magasan futó csővezetékek. Manuálisan.	Hordók, tartályok	A szállítóvezetékek visszaszellőztetése
Termékek – katódok, huzal(alap)anyagok, bugák, ingotok, préselvények, stb.	Valamennyi fémre	A körülményektől függ.	Betonalapú nyitott vagy fedett tároló.	Megfelelő vízelvezetési rendszer.
(Újra)feldolgozásra kerülő maradványanyagok a gyártásból. (Pl. fémkinyerési célra.)	Valamennyi fémre	A körülményektől függ.	Nyitott, fedett vagy zárt, a porképződéstől és a vízzel való reakciótól függően.	Megfelelő vízelvezetési rendszer.

Nyersanyag	Fém csoport	Szállítási és adagolási módszerek	Tárolási módszerek	Megjegyzések
Eltávolítandó (pl. lerakásra kerülő) hulladékanyagok (pl. elhasználódott kemencebélés anyagok)	Valamennyi fémre	A körülményektől függ.	Nyitott, fedett vagy zárt, a porképződéstől és a vízzel való reakciótól függően.	Megfelelő vízelvezetési rendszer.

A kemence konstrukciója, a megfelelő előkezelési módszerek és a folyamatirányítás a BAT szempontjából lényeges jellemzőkként kerültek meghatározásra.

A nyersanyag elegyítése (a megfelelő betét-összeállítás) és a folyamat optimalizálása segít megelőzni a nem megfelelő anyag használatát és maximalizálja a folyamat hatékonyságát. A betétanyagokból való mintavétel és annak elemzése és egyes anyagok elkülönítése fontos tényezők ezeknek az eljárásoknak az alkalmazása során.

A megfelelő konstrukció, karbantartás és ellenőrzés fontos tényezők az összes előállítási/gyártási műveletek és tisztítási lépések/eljárások során. A környezetbe kibocsátott emissziókból történő mintavételezés és azok ellenőrzése (monitoring) a nemzeti vagy nemzetközi szabványos módszerek alapján kell, hogy történjen. A gyártási/előállítási folyamat lépései vagy a tisztítás kivitelezése során beállított fontos paramétereket nyomon kell követni. Amennyiben gyakorlatilag kivitelezhető, a kulcsfontosságú paraméterek folyamatos ellenőrzését el kell elvégezni.

## 1.5.2 Folyamatirányítás

A folyamat-optimalizáláshoz szükséges paraméterek, mint például a hőmérséklet, nyomás, gázösszetevők és egyéb kritikus folyamatjellemzők mérését és szinten tartását megcélzó folyamatirányítási módszereket BAT-nak tekintik.

A nyersanyagokból történő mintavételezés és azok elemzése az üzemi körülmények szabályozására. Cél: a különböző betáplált anyagok megfelelő elegyítése az optimális konverzió elérésére, illetve a szennyező kibocsátások és a selejtek csökkentésére.

A kiindulási anyagok mennyiségét mérő rendszerek, valamint a mikroprocesszorok alkalmazása a betáplálható anyagok adagolási sebességének a beállítására, illetve a kritikus folyamatok és az égési körülmények szabályozására, a gázbevezetés lehetőségével kiegészítve lehetővé teszi a folyamatok működtetésének optimalizálását. Több paraméter is mérhető ennek biztosítása érdekében, valamint riasztók állíthatók be a kritikus paraméterek észlelésére, többek között az alábbiakra:

- A hőmérsékletnek, a kemence nyomásának (vagy a vákuumnak) és a gáztérfogatnak vagy a gázáramnak on-line ellenőrzése (monitoringja).
- A gáz halmazállapotú összetevők (O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, por, NO<sub>x</sub>, stb.) ellenőrzése.
- A vibráció on-line ellenőrzése a boltozódások/anyagberagadások és az esetleges berendezés-üzemzavarok észlelésére.
- Az áramerősség és a feszültség on-line ellenőrzése az elektrolitikus folyamatoknál.
- A szennyezőanyag-emisszió on-line ellenőrzése a kritikus folyamatjellemzők beállítására/vezérlésére.

- Az olvasztókemencék hőmérsékletének ellenőrzése és vezérlése a fém- és fémoxid gőzök (és füstök) túlhevülés miatti képződésének megelőzésére.

A kezelőket, mérnököket és egyéb munkatársakat folyamatosan képezni és tájékoztatni kell a műveleti utasításokról, a modern szabályozási/vezérlési módszerekről, valamint a vészjelzők értelmezéséről és a riasztások esetén követendő magatartást illetően.

A felügyelet szintjének optimalizálása annak érdekében, hogy a fentieket megfelelően kihasználják és fenntartsák a kezelői felelősséget.

### 1.5.3 Gázfelfogás és -tisztítás

A beállított füstgáz-felfogó rendszerekben alkalmazni kell a megfelelő kemence- és reaktortömítési módszereket, és ezeknek a berendezéseknek olyan konstrukcióval kell rendelkezniük, hogy az atmoszferikusnál kisebb nyomást fenn tudják tartani bennük a szivárgások és az illékony szennyezők kiszökésének elkerülése érdekében. Szigeteléssel/tömítéssel és elszívó ernyővel/rendszerrel ellátott kemencéket kell alkalmazni. Példák az ilyen megoldásokra: az anyag/betét elektródán belül vezetett adagolása, fűvókákon vagy a lándzsán keresztül történő adagolás, valamint robusztus forgószelepek (gömbzárak) alkalmazása az adagoló rendszereknél. Az alkalmazott rendszer olyan rugalmas (intelligens) legyen, hogy bármilyen forrásból eredő és időtartamú füstgázt képes legyen elszívni és kezelni.

Általában véve a por és az ahhoz kapcsolódó fém eltávolítására a szövetszűrők alkalmazása (hő visszanyerése és a gáz hűtése után) nyújtja a legjobb megoldást, amennyiben modern, kopásálló és a szemcséknek megfelelő szűrőt használnak és folyamatos ellenőrzést biztosítanak az esetleges üzemhibák észlelésére. A modern szűrőanyagok (pl. membránszűrők) jelentős javulást eredményeznek a teljesítmény, megbízhatóság és élettartam terén is, és ezáltal középtávon költségmegtakarítást is jelentenek. Már meglévő üzemekben is alkalmazhatók és a karbantartás során felszerelhetők. Ezek már a szűrőzsák sérülését észlelő rendszereket és on-line tisztítási módszereket is alkalmaznak.

Ragacsos vagy finom eloszlású porok esetén nedves elektrosztatikus leválasztók vagy gázmosók is hatékonyak lehetnek, amennyiben az adott alkalmazási célnak megfelelően tervezik őket.

A fémszínítő-olvasztó vagy az égetési műveleteket tekintve a gázok kezelésének/tisztításának ki kell terjednie a kén-dioxid eltávolítására és/vagy a gáz utánégetésére amennyiben ez szükséges a helyi, regionális vagy hosszú távú levegőminőségi problémák megoldásához, vagy ha dioxinok lehetnek jelen.

A nyersanyagoknál adódhatnak olyan eltérések, amelyek befolyásolják az összetevők körét és arányát, vagy az egyes összetevők fizikai állapotát, például a keletkezett porszemcsék méretét és fizikai jellemzőit. Ezeket helyileg kell felmérni.

### 1.5.4 A dioxinok keletkezésének megelőzése és a dioxinok roncsolása

A dioxinok jelenlétét vagy azoknak egyes műveletek során lehetséges keletkezését sok pirometallurgiai eljárásban figyelembe kell venni a szinesfémgyártás terén. Az egyes fémekre vonatkozó fejezetek konkrét példákat is említenek. Ilyen esetekre az alábbiakban leírt megoldások/eljárások tekintendők a 'BAT'-nak a dioxinok képződésének megelőzésére és a már jelen levő dioxinok megsemmisítésére vonatkozóan. Ezeknek az eljárásoknak a kombinációi is alkalmazhatók. Egyes szinesfémeket illetően közlések találhatóak arra, hogy a

dioxinok „de-novo” szintézisét katalizálják, és egyes esetekben már a tisztított gázra van szükség ahhoz, hogy a további szennyezés-csökkentés kivitelezhető legyen.

- A fémhulladék-bevitel minőségi kontrollja az alkalmazott eljárástól függően. A megfelelő kiindulási anyag alkalmazása az adott kemencéhez vagy eljáráshoz. Osztályozás és válogatás szükséges, hogy megakadályozzuk olyan anyagok bejutását a reaktorba, melyek szerves anyaggal, vagy más olyan vegyületekkel szennyezettek, melyek elősegítik dioxin képződését.
- Megfelelő konstrukciójú és működtetésű utánégetők alkalmazása, valamint a forró gázok gyorselhűtése 250°C alá.
- Optimális égési körülmények biztosítása. Oxigén befúvatása a kemence felső részébe, ami biztosítja a kemencegázok tökéletes elégését, amennyiben ez szükséges.
- Aktív szén abszorpció rögzített vagy mozgóágyas reaktorban vagy a gázáramba történő befúvatás által és eltávolítás szűrőporként.
- Igen nagy hatékonyságú porleválasztás/szűrés, például kerámiaszűrőkkel, nagy kapacitású szövetszűrők vagy gáztisztítás több lépcsőben a kénsavgyártó üzembe kerülés előtt.
- Katalitikus oxidációs szakasz vagy katalitikus bevonatú szövetszűrők használata.
- Az összegyűjtött porok kezelése nagy hőmérsékleten dolgozó kemencékben a dioxinok elbontása és a fémek kinyerése céljából.

A fenti módszerekhez kapcsolódó emissziós koncentrációk a <0,1...0,5 ng/Nm<sup>3</sup> TEQ tartományban mozognak a betáplált anyagoktól, a fémszínítő kohósító, illetve olvasztási eljárástól, valamint a dioxin eltávolítására alkalmazott módszerektől vagy azok kombinációjától függően.

### **1.5.5 Metallurgiai eljárások**

A különböző üzemek számára elérhető nyersanyagok választéka igen széles, ami azt jelenti, hogy többféle metallurgiai eljárást szükséges a legtöbb fém-csoporthoz kapcsolódó 'elérhető legjobb eljárásokat' (BAT-okat) leíró fejezetekben tárgyalni. Sok esetben a fémkinyerésre alkalmazható eljárás kiválasztását a rendelkezésre álló nyersanyag határozza meg, így a választott kemence típusa csak kisebb hatással van a BAT-ra, amennyiben a kemencét a feldolgozott nyersanyagokra tervezték és energia-újrahasznosítást is alkalmaznak, ahol csak lehetséges.

Vannak azonban kivételek is. A primer kohóalumínium-gyártásnál például a többpontos és a blokk-anódos kádak közepén történő timföld-adagolás lett az 'elérhető legjobb eljárásként' (azaz BAT-ként) megjelölve; bizonyos ferroötvözetek előállítására pedig a zárt (nem nyitott munkaterű) kemence használata az ajánlott (BAT) módszer a magas kalóriaértékű kemencegázok felfogásának érdekében. A primer réz-előállítás esetében pedig a lángkemence alkalmazása nem tekinthető BAT-nak. További lényeges befolyásoló tényezők még a nyersanyagok elegyítése, a folyamatszabályozás, az üzemvezetés-felügyelete, valamint a füstgázok felfogása. Egy új vagy módosított eljárás esetén a kiválasztási hierarchia a következő:

- A másodlagos nyersanyagok mechanikai vagy termikus előkezelése a betétanyagok szerves szennyező-komponenseinek minimalizálására.
- Zárt munkaterű kemencék vagy olyan kiegészítő berendezések működtetése, amelyekkel elkerülhető az illékony szennyezők kijutása, megoldható a hő-visszanyerés és összegyűjthetők a keletkező gázok is további felhasználásra (például a CO tüzelőanyagként, a SO<sub>2</sub> pedig a kénsavgyártáshoz) vagy a környezeti szennyezés csökkentése érdekében.
- Félig zárt kemencék alkalmazása olyan esetekben, ha zárt kemencék nem állnak rendelkezésre.
- Az anyagátadás minimalizálása az egyes eljárások között.
- Abban az esetben, ha a folyamatok közötti anyagátadás elkerülhetetlen, inkább ajánlott csatornák alkalmazása üstök helyett a megolvadt anyagok továbbítására.
- Bizonyos esetekben az olvadékok mozgásának korlátozására irányuló megoldásokkal olyan másodnyersanyag-feldolgozási lehetőségektől is elestünk, mely anyagok így közvetlenül a hulladékáramokba jutnak. Ezekben az esetekben a másodlagos vagy harmadlagos füstgáz begyűjtés alkalmazható az anyagok visszanyerésére.
- Elszívó-ernyős és elszívó csővezetékes konstrukciók alkalmazása a forró fémek, a szulfidos keverékek (kéneskő) vagy a salak mozgatása, illetve a csapolás során felszálló füstgáz felfogására.
- Szükséges lehet a kemence vagy a reaktor burkolattal való ellátása a füstgázoknak a légkörbe való távozásának megakadályozására.
- Ahol az elsődleges elszívás és burkolás alkalmazása valószínűleg elégtelen, ott a kemencét teljesen zárttá is lehet tenni és a szellőztető levegőt elszívó ventilátorok továbbítsák az összegyűjtött gázokat a megfelelő gáztisztító és kibocsátó rendszerekhez.
- A kéntartalmú (szulfidos) dúsított ércnek energiataralmának maximális kiaknázása.

### **1.5.6 Levegőbe kibocsátott szennyezők**

A levegőbe kibocsátott emissziók a tárolás, mozgatás, előkezelés, a pirometallurgiai és a hidrometallurgiai eljárások során fordulhatnak elő. Az anyagátadás és -mozgatás különösen fontos. A rendelkezésre álló adatok megerősítették, hogy az eltávozó emissziók jelentősége több eljárásban igen nagy és hogy a szennyezőanyag-kibocsátás mértéke jóval nagyobb is lehet, mint az összegyűjtött és megtisztított anyagok mennyisége. Ezekben az esetekben lehetséges a környezeti terhelés csökkentése a gázfelfogási módszerek hierarchiájának követésével az anyagtárolástól és mozgatástól, a reaktorokon és kemencéken át, az anyagátadási pontokig. A lehetséges kikerülő szennyezőket az eljárás tervezésének és fejlesztésének minden szakaszára figyelembe kell venni. A gázfelfogási hierarchia az összes feldolgozási szakaszra vonatkozóan a következő:

- Az eljárás optimalizálása és az emissziók minimalizálása;
- Zárt reaktorok és kemencék;
- Célzott (helyekről történő) füstgáz befogás;

A füstgáznak a tetőszintnél történő felfogása igen energiaigényes és csak mint utolsó lehetőség alkalmazható.

Az alábbi táblázat összefoglalja a levegőbe kibocsátott szennyezők potenciális forrásait, valamint áttekintést ad a megelőzési és problémakezelési módszerekről is. A levegőbe kibocsátott szennyezőkről a felfogott szennyezők alapján készítenek jelentést. A kapcsolódó emisszió értékek napi átlagként kerültek feltüntetésre a működési időszak alatti folyamatos megfigyelés alapján. Azon esetekben, amikor a folyamatos megfigyelés nem kivitelezhető, a közölt érték a mintavételi időszak átlaga lesz. A használatos és megállapodott (standard) mérési körülmények: 273 K, 101,3 kPa, a ténylegesen mért oxigéntartalom és száraz gázra megadva, a gázok hígítása nélkül.

A kén befogása igen fontos követelmény olyan esetekben, amikor szulfidos érceket vagy koncentrátumokat pörkölnék vagy olvasztanak, ill. kohósítanak. A feldolgozás során keletkező kén-dioxidot felfogják és kinyerik elemi kénként, kalcium-szulfátokban lekötvé (ha nincs kereszt-közeg hatás) vagy kén-dioxid formájában, vagy pedig kénsavvá alakítják át. Az eljárás megválasztása függ attól, hogy van-e helyileg piac a kén-dioxidra. Az 'elérhető legjobb eljárásnak' (BAT-nak) tekintendő a kénsavgyártás egy kétszeresen-érintkeztető rendszerű kontakt kénsavgyártó üzemben legalább négyyszeri átáramoltatással, vagy egy egyszer érintkeztető rendszerű, a maradékgázból kalcium-szulfátot előállító kontakt kénsavgyárban, korszerű katalizátor alkalmazása mellett. Az üzem konfigurációja függ a pörkölési vagy a kohósító olvasztási szakaszban keletkező kén-dioxid koncentrációjától

**Összefoglaló a szennyezés-kibocsátás forrásairól, és a kezelési és tisztítási lehetőségekről**

Feldolgozási szakasz	Összetevők a véggázban	Kezelési módszer
Anyagmozgatás és tárolás.	Por és fémek.	Megfelelő tárolás, mozgatás és átadás. Porfelfogás/leválasztás és szövetszűrő, ha szükséges.
Örlés, szárítás	Por és fémek.	Eljárás szerinti működtetés. Porfelfogás és szövetszűrő, ha szükséges
Zsugorítás/pörkölés Kohósító olvasztás	VOC-ok, dioxinok.	Utánégető, adszorbens vagy aktív szén hozzáadása.
Konverterezés	Por és fémvegyületek.	Gázfelfogás, gáztisztítás szövetszűrővel, hővisszanyerés.
Tűzi fémfinomítás (tűzi raffinálás, tisztítás)	Szén-monoxid	Utánégető, ha szükséges
	Kén-dioxid	Kénsavgyártó üzem (szulfidos ércek esetén) vagy gázmosó
Salakkezelés	Por és fémek.	Gázfelfogás, hűtés és szövetszűrő.
	Kén-dioxid.	Gázmosó berendezés
	Szén-monoxid.	Utánégető
Vizes közegű feltárás (kioldás, lúgzás) és kémiai tisztítás	Klór.	Gázösszegyűjtés és újrahasznosítás, nedves vegyi gáztisztító/gázmosó.
Karbonilos tisztítás	Szén-monoxid. Hidrogén	Zárt eljárás, visszanyerés és újrafelhasználás. Utánégető és porleválasztás szövetszűrővel a véggázokból.

Feldolgozási szakasz	Összetevők a véggázban	Kezelési módszer
Oldószeres extrahálás	VOC (a használt oldószertől függ és helyileg kell meghatározni a lehetséges veszély felmérése érdekében)	Elkülönítés, lehatárolás, gázfelfogás, oldószer visszanyerés. Szenes adszorpció, ha szükséges.
Termikus tisztítás	Por és fémek.	Gázfelfogás és szövetszűrő.
	Kén-dioxid.	Gázmosó berendezés, ha szükséges
Sóömlédes (olvadék-)elektrolízis	Fluorid, klór, PFC-k	Eljárás szerinti működtetés. Gázfelfogás, gázmosó berendezés (timföld) és szövetszűrő.
Elektródok kliégetése (elektródgyártás), grafitosítás, grafitizálás	Por, fémek, SO <sub>2</sub> , fluorid, PAH-ok, kátrányok	Gázfelfogás, kondenzátor és elektrofilter(EP), utánégető vagy timföldes gáztisztító és szövetszűrő. Gázmosó, ha szükséges a SO <sub>2</sub> -re
Fémpor-előállítás	Por és fémek	Gázfelfogás és szövetszűrő.
Porok gyártása	Por, ammónia	Gázfelfogás és visszanyerés Savas közegű gázmosó.
Magas hőmérsékletű redukció	Hidrogén	Zárt eljárás, újrafelhasználás.
Elektrolitikus kinyerés	Klór. Sav köd.	Gázfelfogás és újrafelhasználás. Nedves gázmosó. Kődleválasztó.
Olvasztás és öntés	Por és fémek.	Gázbegyűjtés és szövetszűrő.
	VOC-ok, dioxinok (szerves betét)	Utánégető (Szén belövés)
<b>Megjegyzés:</b> A por szövetszűrővel történő leválasztásához szükséges lehet a forró szemcsék eltávolítása a tüzesetek megelőzésére. Gáztisztító rendszerekben a kénsavgyártó üzem előtt, illetve nedves gázok esetén forró elektrosztatikus szeparátorokat alkalmaznak.		

A következő táblázat összefoglalja a BAT-nak tekintett tisztítórendszerekhez kapcsolódó emissziós szinteket a szinesfémgyártási eljárások során. Az egyes fémekre vonatkozó fejezetek BAT-következtetéseket tartalmazó részei további részleteket is tartalmaznak.

#### A BAT használatához kapcsolódó levegőbe kibocsátott szennyezőanyag-emissziók

Tisztítási technika	Engedélyezett mennyiség	Megjegyzés
Szövetszűrő	Por 1 - 5 mg/m <sup>3</sup>	Függ a por jellemzőitől.
	Fémek – függ a por összetételétől	
Szén vagy bioszűrő	Összes szerves C < 20 mg/m <sup>3</sup>	Fenol < 0,1 mg/m <sup>3</sup>



Tisztítási technika	Engedélyezett mennyiség	Megjegyzés
Utánégető (beleértve a dioxin hőbontását)	Összes szerves C < 5 - 15 mg/m <sup>3</sup> Dioxin < 0,1 – 0,5 ng/m <sup>3</sup> TEQ PAH (OSPAR 11) < 200 µgC/m <sup>3</sup> HCN < 2 mg/m <sup>3</sup>	Gáztérfogatra méretezve. Más módszerek is léteznek a dioxinok további csökkentésére, pl. szén/mész beinjektálás, katalitikus reaktorok/szűrők.
Optimalizált égési körülmények	Összes szerves C < 5 - 50 mg/m <sup>3</sup>	
Nedves elektrofilter(EP). Kerámia szűrő	Por < 5 mg/m <sup>3</sup>	Függ a jellemzőktől, pl. por, nedvesség vagy nagy hőmérséklet
Nedves vagy félszáraz alkalikus gázmosó	SO <sub>2</sub> < 50 - 200 mg/m <sup>3</sup> Kátrány < 10 mg/m <sup>3</sup> Klór < 2 mg/m <sup>3</sup>	
Timföld (töltetes) gáztisztító	Por 1 - 5 mg/m <sup>3</sup> Szénhidrogén < 2 mg/m <sup>3</sup> PAH (OSPAR 11) < 200 µgC/m <sup>3</sup>	
Klór visszanyerés	Klór < 5 mg/m <sup>3</sup> .	A klórt újrafelhasználják. Véletlenszerű szennyező szivárgás lehetséges.
Oxidáló gáztisztító	NO <sub>x</sub> < 100 mg/m <sup>3</sup>	Salétromsav használatánál – a visszanyerést követi a szennyező nyomok eltávolítása.
Alacsony NO <sub>x</sub> tar- talmat biztosító égő.	< 100 mg/m <sup>3</sup>	Az energiafelhasználás csökkentésére alkalmazott oxigéndúsításhoz magasabb értékek tartoznak. Ezekben az esetekben a gáztérfogat és az emittált anyagok tömege csökken.
Oxigénnel táplált égő.	< 100 - 300 mg/m <sup>3</sup>	
Kénsavgyártó üzem	> 99,7% konverzió (kétérintkezéses)  > 99,1% konverzió (egyérintkezéses)	Beleértve a Boliden/Norzink eljárást használó higanyos gázmosót vagy a tioszulfátos gázmosót, a savban Hg < 1 ppm képződik.
Hűtőberendezés, EP, mész/szén abszorpció és szövetszűrő	PAH (OSPAR 11) < 200 µgC/m <sup>3</sup> Szénhidrogének (illó) < 20 mgC/m <sup>3</sup> Szénhidrogének (kondenzált) < 2 mgC/m <sup>3</sup>	

Tisztítási technika	Engedélyezett mennyiség	Megjegyzés
<p><b>Megjegyzés.</b> Csak a befogott emissziók. A kapcsolódó emissziók napi átlagként kerültek feltüntetésre a működési időszak alatti folyamatos megfigyelés alapján és standard mérési feltételek mellett, azaz: 273 K, 101,3 kPa, mért oxigéntartalom és száraz gáz a gázok levegővel való hígítása nélkül. Azon esetekben, amikor a folyamatos megfigyelés nem volt kivitelezhető, az érték a mintavételi időszak átlaga. Az alkalmazott szennyezés-csökkentési rendszerben a gáz és a por jellemzőit figyelembe kell venni a rendszer tervezése során és a megfelelő működtetési hőmérsékletet kell alkalmazni. Egyes összetevőkre nézve, a szakaszos üzemű eljárásoknál a nyers gáz koncentrációjának változásai befolyásolhatják a szennyezés-csökkentési rendszer teljesítményét.</p>		

Több, kevésbé szokványos reagenst is használnak a fémoldatok kémiai kezelésére vagy a különböző metallurgiai eljárások során. Az alábbi táblázat feltüntetni az ezeknek a reagenseknek a használatakor keletkező vegyületek egy részét, e vegyületekből képződő gázok eredetét és a kapcsolódó kezelési/ártalmatlanítási módszereket.

#### Egyes gáznemű összetevők vegyi kezelési módszereinek áttekintése

Eljárás/alkalmazott reagens	Összetevők a véggázban	Kezelési módszer
Arzén vagy antimon-oxid alkalmazása (Zn/Pb finomítása)	Arzén/antimon-hidrogén	Permanganátos gáztisztítás, gázmosás
Szurok, stb.	Kátrányok és PAH	Utánégető, kondenzátor és EP vagy száraz abszorber.
Oldószerek, VOC-ok	VOC, szag	Elszigetelés, bezárás, kondenzálás. Aktív szén, bioszűrő
Kénsav (+ kén a fűtőanyagban vagy a nyersanyagban)	Kén-dioxid	Nedves vagy félszáraz gáztisztító rendszer. Kénsavgyártó üzem.
Királyvíz	NOCl, NO <sub>x</sub>	Lúgos gázmosó rendszer
Klór, HCl	Cl <sub>2</sub>	Lúgos gázmosás rendszer
Salétromsav	NO <sub>x</sub>	Oxidálás és abszorbeálás, újrahasznosítás, gázmosó rendszer
NaCN vagy KCN	HCN	Hidrogén-peroxiddal vagy hipoklorittal való oxidálás
Ammónia	NH <sub>3</sub>	Visszanyerés, gázmosó rendszer
Ammónium-klorid	Aeroszol	Szublimálással történő visszanyerés, gázmosó rendszer
Hidrazin	N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> (rákkeltő hatású)	Gázmosó vagy aktív szén
Nátrium-borohidrid	Hidrogén (robbanásveszélyes)	Lehetőség szerint kerülendő a PGM (platinafémeket

		kinyerő) eljárásokban (különösen Os, Ru esetén)
Hangyasav	Formaldehid	Lúgos gázmosó rendszer
Nátrium-klorát/HCl	Cl <sub>2</sub> oxidok (robbanásveszélyes)	Az eljárás végpontjának ellenőrzése

### 1.5.7 Vízbe kibocsátott, illetve vízbe kerülő szennyezők

A vízbe kibocsátott szennyezők többféle forrásból származhatnak és számos minimalizálási és kezelési lehetőség áll rendelkezésre a forrástól és a jelenlevő komponensektől függően. Általában véve a szennyvizek tartalmazhatnak oldódó és nem oldódó fémvegyületeket, olajos szennyezőket és szerves anyagokat. Az alábbi táblázat összefoglalja a potenciális szennyvíz-típusokat, a fémgyártási eljárásokat, amelyekhez kapcsolódnak, valamint a minimalizálási és a vízkezelési/szennyvíztisztítási módszereket.

## Áttekintés a BAT-ról szennyvizekre vonatkozóan

A szennyvíz forrása	Kapcsolódó eljárás	Minimalizálási eljárások	Kezelési eljárások
Technológiai víz	Timföldgyártás. Ólom-akkumulátorok törése. Pácolás, maratás.	Visszaforogni az eljárásba amennyire csak lehetséges.	Semlegesítés és lecsapás. Elektrolízis.
Hűtővíz, közvetett hűtésre	Kemencehűtés a legtöbb fém esetén. Elektrolit hűtése a Zn előállításnál.	Zárt vagy léghűtéses rendszerek alkalmazása. A rendszer folyamatos ellenőrzése a szivárgások észlelése céljából.	Ülepítés.
Víz, közvetlenül hűtésre	Al, Cu, Zn öntés. Szénelektrodok.	Ülepítés. Zárt hűtési rendszer.	Ülepítés. Lecsapás, ha szükséges.
Salak granulálása	Cu, Ni, Pb, Zn, nemesfémek, ferro-ötvözetek.		Ülepítés. Lecsapás, ha szükséges.
Elektrolízis	Cu, Ni, Zn	Zárt rendszer. Az elfolyó elektrolit-oldat elektrolitikus kezelése (elektrolízise).	Semlegesítés és lecsapás.
Hidrometallurgia (kifúvatás)	Zn, Cd	Zárt (jól tömített) rendszer.	Ülepítés. Lecsapás, ha szükséges.
Szennyezéscsökkentési rendszer (kifúvatás)	Nedves gázmosók. Nedves EP és gázmosók a savgyártó üzemekben.	A gyengén savas folyadékáramok lehetőség szerinti újra felhasználása.	Ülepítés. Lecsapás, ha szükséges.
Felszíni vizek	Valamennyi	Megfelelő nyersanyag-tárolás és az illékony szennyezők visszatartása.	Ülepítés. Lecsapás, ha szükséges. Szűrés.

A szennyvízkezelési rendszerek maximalizálhatják a fémek kinyerését ülepítéssel és esetlegesen szűréssel. A lecsapásra használt vegyszer lehet hidroxid, szulfid, vagy a kettő keveréke a jelenlevő fémek minőségétől függően. Sok esetben kivitelezhető a kezelt vizek újrafelhasználása is.

**A BAT alkalmazásához kapcsolódó vízbe történő szennyezőanyag-kibocsátások**

	Fő összetevők [mg/l]					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Technológiai víz	<0,1	<0,05	<0,01	<0,1	<0,05	<0,15

**Megjegyzés:** A vízbe kibocsátott emissziós értékek minősített véletlenszerű mintavétel vagy 24-órás vegyes minta alapján kerültek meghatározásra.

A szennyvízkezelés mikéntje függ a forrástól és a szennyvízben található fémektől.

**1.5.8 A folyamatokban képződő maradványok**

A folyamatokban, az eljárás különböző szakaszaiban maradványok képződnek és összetételük jelentősen függ a nyersanyagok összetevőitől. Az ércek és a dúsított ércek (koncentrátumok) az elsődlegesen előállítandó fém mellett több-kevesebb mennyiségben más fémeket is tartalmaznak. Az eljárásokat úgy tervezik meg, hogy azokkal kinyerjék az elsődlegesen megcélzott fém mellett az egyéb értékes fémeket is.

Ezen egyéb fémek általában az eljárás után fennmaradó maradványokban koncentrálnak, majd ezek a maradványok maguk is nyersanyagul szolgálhatnak más fémkinyerési eljárások számára. Az alábbi táblázat egy áttekintést ad az egyes eljárásokban keletkező maradványokról és feldolgozási lehetőségeikről.

**Áttekintés a maradványokról és a lehetséges kezelési módjaikról**

A maradékanyag forrása	Kapcsolódó fémek	Maradékanyag	Feldolgozási lehetőség
Nyersanyagok kezelése, stb.	Valamennyi fém	Por, poros hulladék	Betáplálás a fő folyamatba
Kohósító/fémszínítő olvasztó-kemence	Valamennyi fém	Salak	Építőanyagként salakkezelés után. A salak egy része felhasználható tűzálló anyagként, pl. a króm előállításából származó salaknál
	Ferroötvözetek	Gazdag salak	Nyersanyag egyéb ferroötvözetek előállítására
Konverter kemence	Cu	Salak	Visszajáratás a kohóba/kemencébe
Finomító (raffináló) kemence	Cu	Salak	Visszajáratás a kohóba/kemencébe
	Pb	Fölszékek	Egyéb értékes fémek kinyerése
	Nemesfémek	Fölszékek és salak	Belső újrahasznosítás
Salak kezelés	Cu és Ni	Tisztított salak	Építőanyag. Kénescső előállítás.
Olvasztó-kemence	Valamennyi fém	Fölszékek Salak és sósalak.	Kezelés után visszaforgatás az eljárásba. Fémkinyerés, sók és egyéb anyagok kinyerése

Elektrolitikus fémisztítás	Cu	Elfolyt/elvett elektrolitoldatok. Anód maradékok Anódiszap	Ni kinyerése Visszaforгатás a konverterbe Nemesfémek kinyerése
Elektrolitikus kinyerés	Zn, Ni, Co, nemesfémek	Elektrolit véglúg	Újrafelhasználás a feltárási/kioldási műveletnél
Elektrolízis sóolvadékból (olvadék-elektrolízis)	Al	Elektrolizáló kád (elhasználódott) béléspanyaga. Fölös elektrolit. Anódesonkok	Karburizáló anyagnak vagy hulladéklerakás. Eladás elektrolitként. Visszanyerés.
	Na és Li	Cella (kád)anyag	Vashulladék tisztítás után
Lepárlás	Hg	Maradványok (Hollines)	Újrafelhasználás mint betétanyag
Lúgzás, kioldás	Zn, Cd	Maradványok	Visszaforгатás a folyamatba
	Zn	Ferrit maradványok	Biztonságos hulladékelhelyezés, az oldatok újrafelhasználása.
	Cu	Maradványok	Biztonságos hulladékelhelyezés.
Kénsavgyártó üzem		Ni/Co	Cu/Fe maradványok
Kénsavgyártó üzem		Katalizátor	Regenerálás
		Savas iszapok	Biztonságos hulladékelhelyezés,
		Gyenge savak	Lúgzás (kioldás), hulladékelhelyezés
Kemence-falazás, béléspanyagok	Valamennyi fém	Tűzálló anyag	Salakképzőként való felhasználás, hulladékelhelyezés
Aprítás, őrlés	Szén	Szén és grafitporok	Nyersanyagként való hasznosítás más eljárásokban
Pácolás	Cu, Ti	Használt sav	Visszanyerés
Száraz szennyezés-csökkentési (tisztító) rendszerek	Legtöbb esetben – szövetzűrők vagy EP-k használatával	Szűrőpor	Visszaforгатás az eljárásba. Más fémek kinyerése.
Nedves tisztító-rendszerek	Legtöbb esetben – gázmosók vagy nedves EP-k használatával	Szűrőiszap	Visszaforгатás az eljárásba vagy más fémek kinyerése (pl. Hg). Hulladékelhelyezés.

Szennyvízkezelési iszap	Legtöbb esetben	Hidroxidos vagy szulfidos iszapok.	Biztonságos hulladékelhelyezés, újra-felhasználás. Újrafelhasználás.
Feltárás	Timföld	Vörösiszap	Biztonságos hulladékelhelyezés. Az oldatok újra-felhasználása.

A szűréssel összegyűjtött porok visszaforgathatók ugyanazon üzemben vagy feldolgozhatók más fémek kinyerésére más szinesfém-ipari üzemekben, esetleg egy harmadik társaság által más alkalmazásokra is.

A maradványok és a salakok feldolgozhatók további értékes fémek kinyerése céljából és alkalmasak válhatnak/lehetnek másfajta további, például építőanyagként való felhasználásra. Egyes összetevők értékesíthető termékeké alakíthatók.

A víz/szennyvíz-kezelés utáni maradványok szintén tartalmazhatnak értékes fémeket és bizonyos esetekben ugyancsak újrahasznosíthatók.

A szabályozást irányító személynek és az operátornak egyaránt gondoskodnia kell arról, hogy a maradványok egy harmadik fél általi kinyerése magas környezetvédelmi szabványok szerint történik és nem okoz negatív kereszt-hatásokat.

### **1.5.9 Mérgező (toxikus) vegyületek**

Az egyes kibocsátott vegyületek specifikus toxicitása (és az általuk okozott környezeti hatások) csoportról-csoportra változnak. Egyes fémeknek léteznek toxikus vegyületei, amelyek az eljárásokból kikerülhetnek, így ezek mennyiségét csökkenteni kell.

### **1.5.10 Energia-visszanyerés**

A tisztítás előtti vagy utáni energia-visszanyerés az esetek többségében alkalmazható, de fontosak a helyi viszonyok, például az olyan esetek, amikor nincs kimenet a visszanyert energia számára. Az energia-visszanyerésre vonatkozó BAT-megfontolások a következők:

- Gőz és elektromos áram előállítására hulladék hővel működő forralókban, kazánokban.
- A reakciók hőjének felhasználása dúsított érceknek (koncentrátumoknak) és fémhulladékoknak konverterben való pörkölésénél, kohósításánál, illetve olvasztásánál.
- Forró termékgázok, ill. füstgázok használata a betétanyagok szárítására.
- A kemence-töltet előmelegítése a kemencegázok vagy más forrásból származó forró gázok energiatartalmának felhasználásával.
- Rekuperatív (hővisszanyerős) égők alkalmazása vagy az égést tápláló levegő előmelegítése.
- A képződött CO-gáz tüzelőanyagként való felhasználása.
- A lúgzó (kioldó) oldatok melegítése a forró termékgázokkal vagy forró oldatokkal.

- Egyes nyersanyagok műanyagtartalmának tüzelőanyagként való felhasználása, amennyiben a jó minőségű műanyag nem nyerhető vissza és nem kerül sor VOC-ok és dioxinok kibocsátására.
- Kis tömegű, azaz könnyű tűzálló anyagok alkalmazása ahol csak lehetséges.

## **1.6 A konszenzus foka és ajánlások a jövőbeli munkára vonatkozóan**

Ez a BREF-dokumentum a TWG és az Információcsere Fórum (Information Exchange Forum) 7. találkozója résztvevőinek magas szintű támogatását élvezi. A kritikai megjegyzések elsősorban az információs hiányokra és formai (prezentációs) aspektusokra korlátozódnak (igény lenne rá, hogy több BAT-tal kapcsolatos emissziós és anyag-felhasználási szintet/adatot közöljön a Végrehajtási Összefoglaló).

Javasolt ennek a dokumentumnak 4 éven belüli felülvizsgálata. Azok a területek, ahol további erőfeszítések lennének szükségesek ahhoz, hogy az információk helytállóak legyenek, elsősorban az illékony szennyezőkre és a specifikus emissziós és anyag-felhasználási adatokra, valamint az eljárások maradékanyagaira, a szennyvizekre, illetve a kis- és középvállalatokhoz kapcsolódó kérdésekre vonatkoznak. A 13. fejezet további ajánlásokat is tartalmaz.



## 2 Általános áttekintés

### 2.1 A tárgyalat eljárások

A színesfémek primer és szekunder nyersanyagokból történő előállítása általában hasonló, sok esetben azonos módon történik. Az alábbiak mindkét esetre vonatkoznak. Az IPPC alkalmazására kötelezett országokban 42 színesfém és ferro-ötvözet előállítása folyik. Ezen belül 10 csoport képezhető a hasonló előállítási módszerek alapján:

- Réz és ötvözetek
- Alumínium
- Cink, ólom és kadmium (+Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te)
- Nemesfémek,
- Higany,
- Nagy olvadáspontú fémek,
- Ferro-ötvözetek,
- Alkáli- és alkáliföldfémek,
- Nikkel és kobalt,
- Szén és grafit.

Az anyag nem foglalkozik a bányászattal és az ércelőkészítéssel, valamint a radioaktív fémekkel és a félvezető anyagokkal. A fémelőállítással kapcsolatos vegyipari jellegű műveletek közül az alábbiak szerepelnek:

- Kénalapú termékek (elemi kén, kén-dioxid és kénsav) előállítása, amennyiben színesfémkohászathoz kapcsolódik,
- Cink-oxid előállítás, más fémek kinyerésekor keletkező kemencegázokból,
- Nikkel kinyerése más fémek kinyerésekor kapott oldatokból,
- CaSi és Si előállítása ferroszilíciumgyártó kemencével,
- Alumínium-oxid előállítása bauxitból az alumíniumkohászat részeként.

A hengerlés, húzás és sajtolás műveletei abban az esetben kerülnek említésre, amennyiben közvetlenül összefüggenek a fémkinyeréssel. Az öntödei eljárásokat viszont más anyag fogja tárgyalni.

### 2.2 Ipari helyzetkép

Az európai színesfémiparnak nagyobb a gazdasági és stratégiai jelentősége, mint ahogyan azt a foglalkoztatási, tőke és forgalmi adatok jelzik.

A színesfémek és ötvözetek a modern élet és a technikai fejlődés alapját jelentik, és a modern technológiai fejlődés sok esetben - főleg a számítástechnikai, elektronikai, távközlési és közlekedési iparágakban - függenek tőlük.

#### 2.2.1 Színesfémek és ötvözetek

Minden színesfémnek sajátos tulajdonságai vannak, de sok esetben az ötvözeteket alkalmazzák inkább az adott felhasználások követelményeinek tervezhető kielégítésére.

A fémek sajátsága a visszajárathatóság, és tulajdonságaik nem csorbulnak többszöri visszajáratás után sem. A primer és a szekunder nyersanyagból előállított tiszta fém azonos tulajdonságú.

### **2.2.2 Az iparág működési köre**

Az iparág sokféle primer és szekunder nyersanyagból állítja elő a termékeit. A primer nyersanyagokat, érceket a feldolgozás előtt a bányákhoz kapcsolódó üzemekben készítik elő, dúsítják. Európában a jó minőségű ércek nagyrészt kimerültek, a koncentrátumok nagyobb részét importálni kell.

Az iparág tisztított fémeket bocsát ki, ami tömbök, vagy alakított féltermékek (tuskók, hengerelt, extrudált idomok, lemezek, fóliák, szalagok, rudak stb.) formájában kerül a felhasználókhoz. A színesfém formaöntészet és a hulladékfém-gyűjtés, kezelés, nem része a jelen anyagnak.

### **2.2.3 Az iparág szerkezete**

Az ipari jellemzők a fémek szerint változatosak, és csak néhány olyan nagyüzem létezik, ahol több színesfémet is állítanak elő. Az európai termelő cégek közül néhány 5000-nél több embert alkalmaz, sok üzem azonban jellemzően 50 - 200 fős létszámmal dolgozik. A tulajdoni viszony a pan-európai és nemzeti csoportoktól a az ipari holdingokon és az állami vállalatokon keresztül a magán társaságokig terjed.

### **2.2.4 Az iparág gazdasági helyzete**

Az alábbi fő statisztikai adatok jellemzik az európai színesfémkohászatot:

- Kibocsátás: 18-20 millió tonna
- Árbevétel: 40-45 milliárd Euro
- Alkalmazottak: 200 000 felett

Sok finomított színesfém nemzetközi kereskedelmi termék. Az alumínium, réz, ólom, nikkel, ón és a cink készletekkel a London Metal Exchange és a New York-i Comex központokban folyik a kereskedelem. A többi - kisebb jelentőségű fémnek nincs központi börzéje. A legtöbb alkalmazásban a színesfémek versenyeznek a kerámia, polimer és egyéb vas-alapú, illetve színes fémekkel.

A nyereségesség minden fém és fémcsoport esetében abszolút és rövidtávú értelemben is változó az aktuális fémár és számos egyéb gazdasági tényező szerint. Ezért szigorú korlátai vannak a környezetvédelmi nem-termelő költségeknek. Ezek általában a teljes technológia fejlesztéséhez kötődik. A beruházásoknak globálisan kell versenyképesnek lenni, mivel az európai ipar versenyben áll más fejlett és fejlődő országok hasonló termelőüzemeivel.

### **2.2.5 Környezetvédelmi hatékonyság**

Az iparág környezetvédelmi és energiafelhasználási jellemzői folyamatosan és sokszor igen jelentősen javultak az utóbbi huszonöt évben, amióta elfogadták az "Ipari Üzemek Környezetszennyezésének Szabályozása" 84/360/EEC direktíváit. A Legjobb Alkalmazható Technológiák (BAT) bevezetésének szükségességét elfogadja az ipar a legtöbb tagországban.

Az egyes fémek előállításával kapcsolatos termelési adatokat (nyersanyagok, termelés és felhasználás, termelőhelyek, általános környezeti hatások) az eredeti IPPC-BAT referencia dokumentum 1.3 – 1.12 fejezetei ismertetik 55 oldal terjedelemben az 1.1 fejezetben megjelölt fémekre.

Az általánosan alkalmazott folyamatok és berendezések részletes ismertetése az eredeti IPPC BAT referencia dokumentum 2. fejezetében állnak rendelkezésre, az alábbi felosztásban:

2 Általánosan használt eljárások és berendezések

2.1 A fejezet felosztása

- 2.1.1 Több fémet előállító berendezések
- 2.2 Emissziós mérések és emissziós adatok
  - 2.2.1 Az emisszió mérése
    - 2.2.1.1 Mintavételi helyek
    - 2.2.1.2 Összetevők és paraméterek
    - 2.2.1.3 Referencia körülmények
    - 2.2.1.4 Folyamatos mérés
  - 2.2.2 Emissziós adatok jelentése
    - 2.2.2.1 Összefüggés a koncentrációk és a fajlagos emissziók között
    - 2.2.2.2 Az emissziós adatok felhasználása
- 2.3 Irányítási rendszer
  - 2.3.1 Irányítási politika és célok
  - 2.3.2 Tervezés és karbantartás
  - 2.3.3 Képzés, oktatás
- 2.4 Nyersanyagok és maradványok fogadása, tárolása és kezelése
  - 2.4.1 Az alkalmazott eljárások és technikák
    - 2.4.1.1 Ércék és koncentrátumok
    - 2.4.1.2 Másodnyersanyagok
    - 2.4.1.3 Tüzelőanyagok
    - 2.4.1.4 Vegyi anyagok és gázok
    - 2.4.1.5 Maradványok
  - 2.4.2 Jelenlegi kibocsátási és fogyasztási jellemzők
  - 2.4.3 Legjobb alkalmazható technikák vizsgálata
- 2.5 A nyersanyagok előkészítése mozgatása
  - 2.5.1 Az alkalmazott eljárások és technikák
    - 2.5.1.1 Jégmentesítés
    - 2.5.1.2 Szárítás
    - 2.5.1.3 Törés és méretcsökkentés
    - 2.5.1.4 Akkumlátor törés
    - 2.5.1.5 Keverés
    - 2.5.1.6 Brikettálás, pelletezés és más agglomerálási módszerek
    - 2.5.1.7 Zsugorítás és izzítás
    - 2.5.1.8 Illósítás
    - 2.5.1.9 Felületi réteg eltávolítás, olaj eltávolítás
    - 2.5.1.10 Égetés és pirolízis
    - 2.5.1.11 Kioldási eljárások
    - 2.5.1.12 Elválasztási technikák
    - 2.5.1.13 Anyagszállító és adagoló rendszerek
  - 2.5.2 Jelenlegi kibocsátási és fogyasztási szintek
  - 2.5.3 Legjobb alkalmazható technikák vizsgálata
- 2.6 Fémtermelési és folyamatirányítási módszerek

- 2.6.1 Pörkölő, kalcináló és egyéb kemencék
  - 2.6.1.1 Forgó csőkemencék
  - 2.6.1.2 Fluidizáló pörkölő kemence
  - 2.6.1.3 Herreshoff kemence
  - 2.6.1.4 Zsugorító pörkölő berendezések
- 2.6.2 Olvasztó kemencék
  - 2.6.2.1 Lángkemence
  - 2.6.2.2 Aknáskemence (és Imperial Smelting kemence)
  - 2.6.2.3 Elektromos ívkemence
  - 2.6.2.4 Elektromos (ellenálás fűtésű) kemence
  - 2.6.2.5 Tűzálló bélésű gödrök és tégelyek
  - 2.6.2.6 ISA Smelt/Ausmelt kemence
  - 2.6.2.7 A felső fűvású forgó kemence (TBRC)
  - 2.6.2.8 A Noranda, El Teniente, Baiyin és Vanyucov eljárások
  - 2.6.2.9 A Mitsubishi eljárás
  - 2.6.2.10 A QSL kemence
  - 2.6.2.11 Ciklon olvasztó kemence
  - 2.6.2.12 Az Outokumpu röptében olvasztó kemence
  - 2.6.2.13 Az INCO kemence
  - 2.6.2.14 A Kivcet (KSS) kemence
- 2.6.3 Konverterek
  - 2.6.3.1 A Peirce-Smith konverter
  - 2.6.3.2 A Hoboken konverter
  - 2.6.3.3 Egyéb konverterek
- 2.6.4 Beolvasztó és raffináló kemencék
  - 2.6.4.1 Indukciós kemencék
  - 2.6.4.2 Közvetett fűtésű üstök
  - 2.6.4.3 A fémolvasztó aknás kemence
  - 2.6.4.4 A Contimelt eljárás
  - 2.6.4.5 Elektronsugaras kemencék
  - 2.6.4.6 A forgódobos kemence
  - 2.6.4.7 A lángkemence
- 2.6.5 Kemencék összefoglalása
- 2.6.6 Elektrokémiai eljárások
  - 2.6.6.1 Elektrolitos kinyerés
  - 2.6.6.2 Elektrolitos raffinálás
  - 2.6.6.3 Sóolvadék elektrolízis
- 2.6.7 Hidrometallurgiai eljárások
  - 2.6.7.1 Hányókon történő kioldás
  - 2.6.7.2 Légköri kioldás (nyitott kádakban)
  - 2.6.7.3 Nyomás alatti kioldás (autoklávban)

- 2.6.7.4 Oldószeres extrakció
- 2.6.8 Folyamatirányító módszerek
- 2.7 Füstgázgyűjtő technikák
  - 2.7.1 Alkalmazott módszerek
    - 2.7.1.1 Energiahasznosítás
    - 2.7.1.2 Tervezési kritériumok
  - 2.7.2 Legjobb alkalmazható technikák vizsgálata
    - 2.7.2.1 Néhány példa a vizsgált technikákra
    - 2.7.2.2 Illanó emisszió
- 2.8 Gáztisztító és visszanyerő technikák
  - 2.8.1 Alkalmazott eljárások és technikák
    - 2.8.1.1 Szállópor és szemcse eltávolítás
      - 2.8.1.1.1 Elektrosztatikus porleválasztók
      - 2.8.1.1.2 Nedves elektrosztatikus porleválasztó
      - 2.8.1.1.3 Ciklonok
      - 2.8.1.1.4 Szövet-, vagy zsákszűrők
      - 2.8.1.1.5 Kerámia és fémháló szűrők
      - 2.8.1.1.6 Nedves gázmosók
      - 2.8.1.1.7 Utánégetők
    - 2.8.1.2 Gázmosó rendszerek
      - 2.8.1.2.1 Nedves gázmosás
      - 2.8.1.2.2 Száraz és félszáraz gázmosók
    - 2.8.1.3 A gázból történő kinyerés rendszerei
    - 2.8.1.4 Kénmegkötés
    - 2.8.1.5 Összes karbon
    - 2.8.1.6 Dioxinok
    - 2.8.1.7 Egyéb szennyezők eltávolítása
      - 2.8.1.7.1 Szinesfémek
      - 2.8.1.7.2 Higany
    - 2.8.1.8 Oxigéndúsítás használata a tüzelőrendszerekben
    - 2.8.1.9 Folyamatvezérlési technikák a gázgyűjtő és tisztító rendszerekhez
  - 2.8.2 Jelenlegi kibocsátási és fogyasztási jellemzők
  - 2.8.3 Legjobb alkalmazható technikák vizsgálata
    - 2.8.3.1 Általános elvek
    - 2.8.3.2 Porleválasztás
      - 2.8.3.2.1 Elektrosztatikus porleválasztók
      - 2.8.3.2.2 Szövet, vagy zsákszűrők
      - 2.8.3.2.3 Kerámiaszűrők
      - 2.8.3.2.4 Nedves gázmosók
      - 2.8.3.2.5 Utánégetők
    - 2.8.3.3 Gázmosó rendszerek

- 2.8.3.3.1 Nedves gázmosók
- 2.8.3.3.2 Száraz, és félszáraz gázmosók
- 2.8.3.4 Gáz feldolgozó rendszerek
- 2.8.3.5 Kén megkötés
- 2.8.3.6 Dioxinok
- 2.8.3.7 Egyéb szennyezők eltávolítása
- 2.8.3.8 Oxigén használata az égető rendszerekben
- 2.8.3.9 Gáztisztítóüzem folyamatszabályozási technikája
- 2.9 Ipari szennyvizek kezelése és vízhasznosítás
  - 2.9.1 A hulladékvíz kibocsátás fő forrásai
    - 2.9.1.1 Gáztisztításból származó szennyvizek
    - 2.9.1.2 A salakgranulálásból, fémgranália gyártásból, és a sűrűség szerinti elválasztásból származó szennyvizek
    - 2.9.1.3 Hűtővíz
    - 2.9.1.4 Felszíni elfolyóvizek
    - 2.9.1.5 Hidrometallurgia folyamatokból származó szennyvizek
    - 2.9.1.6 Egyéb ipari szennyvizek
    - 2.9.1.7 Vegyes források
  - 2.9.2 Alkalmazott kezelési technikák
    - 2.9.2.1 Technológia-orientált eszközök
    - 2.9.2.2 Végső hulladékvíz-kezelés
      - 2.9.2.2.1 Kémiai precipitáció
      - 2.9.2.2.2 Ülepítés
      - 2.9.2.2.3 Szűrés
      - 2.9.2.2.4 Elektrolízis
      - 2.9.2.2.5 Fordított ozmózis
      - 2.9.2.2.6 Ioncsere
      - 2.9.2.2.7 Aktívszenes kezelés
    - 2.9.2.3 A hulladékvíz-kezelés folyamatszabályozási technikái
  - 2.9.3 Jelenlegi kibocsátási és fogyasztási szintek
  - 2.9.4 Legjobb alkalmazható technikák vizsgálata
- 2.10 Hulladék-képződés csökkentése és hulladékkezelés
  - 2.10.1 A színesfémkohászatból származó maradványok és hulladékok
    - 2.10.2.1 Az olvasztási folyamat maradványai
    - 2.10.2.2 A gáztisztításból származó maradványok
    - 2.10.2.3 A hulladékvíz-kezelésből származó maradványok
    - 2.10.2.4 A színesfémek hidrometallurgiájának maradvány-anyagai
    - 2.10.2.5 A színesfémek előállításának egyéb maradványai
  - 2.10.3 A Legjobb alkalmazható technikák meghatározása
    - 2.10.3.1 A metallurgiai folyamatokból származó maradványok minimalizálása
    - 2.10.3.2 A füstgáztisztításból származó maradványok minimalizálása
    - 2.10.3.3 A hulladékvíz-tisztításból származó maradványok minimalizálása

- 2.10.3.4 A szinesfémkohászatból származó egyéb maradványok minimalizálása
- 2.10.3.5 A szinesfémolvasztásból származó maradványok visszajáratása és újrahasznosítása
- 2.11 Energiahasznosítás
  - 2.11.1 Alkalmazott módszerek
- 2.12 Közvetett kibocsátás, keresztthatások
- 2.13 Zaj és rezgés
- 2.14 Szag
- 2.15 Biztonsági megfontolások
  - 2.15.1 Megelőzési elv
  - 2.15.2 Komplex ipari eljárások vizsgálata
  - 2.15.3 A módszerek megfelelősége
- 2.16 Üzemek működtetése és leállítása
- 2.17 Legjobb alkalmazható technikák
  - 2.17.1 Anyagok kezelése és tárolása
  - 2.17.2 Folyamatirányítás
  - 2.17.3 Gőzök és gázok gyűjtése
  - 2.17.4 Kén-dioxid megkötés
  - 2.17.5 A dioxionok képződésének megakadályozása és roncsolásuk
  - 2.17.6 Higany eltávolítás
  - 2.17.7 Hulladékvíz-kezelés és vízhasznosítás
  - 2.17.8 Egyéb eljárások
- 2.18 Kifejlesztés alatt álló módszerek
  - 2.18.1 Kén eltávolítás

A felhasznált nyersanyagok és a termékek, melléktermékek és a környezeti kibocsátások, valamint a folyamatok és a berendezések jellemzői magyar nyelvű szakkönyvekben is rendelkezésre állnak. Általános vonatkozásokban a Horváth-Mihalik-Sziklavári: Elméleti Kohászat, Tankönyvkiadó, Budapest, 1986; a réz, ólom, a cink és a nikkell speciális eljárásaira, termékeire és környezeti hatásaira pedig részletesen a Pásztor-Szepessyné-Kékesi: Szinesfémek Metallurgiája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1990, illetve az alumínium, magnézium és a titán esetében a Pásztor-Szepessyné-Siklósi-Osvald: Könnyűfémek Metallurgiája, Tankönyvkiadó, Budapest, 1991. szakkönyvek foglalják össze az ismereteket. A magyarországi vonatkozásban - jelenleg, illetve távlatilag - jelentős fémtechnológiák speciális részleteit a termelés, illetve a környezeti hatások, valamint az energiafogyasztás szempontjai szerint az alábbi fejezetek ismertetik.

### 3 EJÁRÁSOK A RÉZ ÉS ÖTVÖZETEINEK (VALAMINT AZ Sn ÉS Be) ELŐÁLLÍTÁSÁRA PRIMER ÉS SZEKUNDER NYERSANYAGOKBÓL

#### 3.1 *Alkalmazott eljárások és technológiák*

##### 3.1.1 Primer réz előállítás

A primer rezet ércből illetve dúsítmányból állítják elő pirometallurgiai, vagy hidrometallurgiai úton [tm22, EC 1991; tm27, HMIP Cu 1993; tm 26, PARCOM 1996]. A nyersanyagok a réz mellett számos egyéb fémeket is tartalmaznak, és a feldolgozás lépései során ezek minél teljesebb eltávolítása és esetleg kinyerése a cél.

##### 3.1.1.1 Pirometallurgiai út

Az általánosan szulfidos jellegű dúsítmányok feldolgozása során a kohósítás lépései: pörkölés, olvasztás, konverterezés, tűzi raffinálás, elektrolitos raffinálás [tm 92, Copper Expert Group 1998].

##### 3.1.1.1.1 *A dúsítmánytól a kénesköre olvasztásig*

A részleges oxidáló pörkölés egyszerű szulfidokká, szulfátokká és oxidokká alakítja a dúsítmány komplex réz-vas szulfid vegyületeit. A közben keletkező kéndioxid tartalmú gázokat az üzem területén működő részlegben kénsavra, illetve folyékony SO<sub>2</sub>-re dolgozzák fel. Ezt követő lépés az olvasztás, amely a kialakuló réz-szulfid - vas-szulfid összetételű kéneskö fázist különíti el az ércből származó egyéb alkotóktól, amelyek szilikátos - elsősorban vas-szilikát - formában elsalakulnak. Ezt a reakciót a réznek a kénhez való nagyobb affinitása teszi lehetővé.

A modern technológiában a részleges oxidáló pörkölés önálló végrehajtása helyett, a pörkölést és az olvasztást általában egy kemencében valósítják meg. A nagy hőmérsékleten végzett oxidáció során végbemegy az olvasztás is, amely réz-szulfidban dús kéneskövet és vas-szilikátban dús salakot eredményez. Az elsalakítás segítésére kvarcos pótlékot és amennyiben szükséges meszes pótlékot is adagolnak.

Alapvetően két modern olvasztási módszer használatos. A röptében olvasztás, ahol oxigénben dúsított pörkölési levegő betáplálással lehet elérni a hőtechnikailag autogén állapotot. A másik lehetőség az olvadékban végrehajtott oxidáció, ami a nyersanyag és a levegő injektálásán alapul. Ebben az esetben kisebb mértékű oxigén-dúsításra lehet szükség. Az oxigén dúsítással kisebb nitrogéntartalom, és nagyobb kén-dioxid-koncentrációjú kemencegáz jár együtt, ami hatékonyabb gáztisztítást (kénsav, illetve folyékony kén-dioxid előállítás) tesz lehetővé.

Az olvadékba injektálásos módszert számos szabadalmaztatott kemencében (láng-, elektromos, ISA-Smelt, Noranda, Mitsubishi, Teniente, Baiyin, Vanyukov [tm22, RC 1991; tm 26, PARCOM 1996; tm 137, Cu Expert Group 1998]) végre lehet hajtani. Mindegyik eljárás a fürdőben végbemenő oxidáció és olvadás folyamatain alapul, miközben a kéneskö és a salak elválasztása, valamint a csapolás eltérő megoldásokkal valósul meg. Néhány kemence működése nem igényli a dúsítmány előzetes szárítását, de a túlhevített vízgőz kedvezőtlenül megnöveli a gáz térfogatát.



Kohósító Eljárás	Fejlettségi állapot		Gazdasági szempontok		Megjegyzések
	Ipari szint	Környezetvédelem	Gazdaságosság	Termelési szint	
Lángkemence	Kialakult	korlátozott	Elfogadható	Az egység korlátozott olvasztóeljesítményű	-
Részleges pörkölés és elektromos olvasztás	Kialakult	Jó	Jó	Korlátozott termelékenység	Lehetséges pörkölő méret korlátozó tényező lehet.
Outokumpu röptében olvasztás és Peirce-Smith konverterezés	Kialakult	Jó	Jó	Nagy olvasztási teljesítmény is lehetséges egy egységben	Világszerte "standard" eljárás, további fejlesztési lehetőséggel
Inco röptében olvasztás	Kialakult	Jó	Jó	Az egység korlátozott olvasztóeljesítményű	Méretnövelési igény. További lehetőségek.
Contop eljárás	1 üzem	Jó lehet	Elfogadható lehet	A lehetséges ülepítőtér mérete és az égők száma korlátozott	Csak ciklonógóval.
Teniente konverter, Noranda eljárás	Kialakult	Jó	Jó	Az olvasztási teljesítményt korlátozza a lehetséges reaktor- méret és O <sub>2</sub> dúsítás	Viszonylag sok a hamis levegő, így törekedni kell a jó gázgyűjtésre, kezelésre
ISA-Smelt eljárás	3 üzem	Jó	Jó	A termelékenységi határ nem volt vizsgálva	További fejlesztési lehetőség
Vanyukov eljárás	Oroszország, Kazahsztán	Jó lehet	Jó lehet	Nincs szilárd vizsgálati eredmény	Információhiány. Általánosan kedvező lehetőség.
Baiyin eljárás	Legalább 2 egység működik	Jó lehet	Nem ismert	Információhiány. Évi 75000 t Cu termelés valószínű	Információhiány. Általánosan kedvező lehetőség
Outokumpu direkt -Cu elj. röptében olvasztással	Kialakult	Jó	Jó	-	Csak kis vastartalmú dúsítmányra alkalmas, kevés salakkal
Mitsubishi folyamatos rézelőállító elj.	Kialakult	Jó	Jó	Eddig évi >200000 t termelési szint teljesült	További fejlesztési lehetőség
Kennecott/ Outokumpu konverter	1 üzem	Jó	Jó	Nagyobb termelési szint kell a gazdaságossághoz	További lényeges fejlesztési lehetőség
Noranda folyamatos konverter	Új üzem	Jó	Nincs adat	Nincs adat a végső értékeléshez	A lehetőségeket csak üzemi adatok alapján lehet megítélni.

### 3.1 Táblázat: Primer rézkohósító eljárások [tm 137 Copper Expert Group 1998]

A különböző eljárások között jelentős eltérések is lehetnek, például a levegő/oxigén és a tüzelőanyag beadási pontok helyzetében, valamint néhány eljárás szakaszosan üzemelhet. A fürdőbe injektálásos eljárások általában egy ülepítő kemencerésszel, illetve egy különálló „settler” üsttel működhetnek [tm 137, Cu Expert Group 1998].

A röptében olvasztást vagy az Outokumpu, vagy pedig az INCO röptében pörkölő-olvasztó kemencékben, illetve ciklonkemencével (Contop, Kivcet) végzik [tm 22, EC 1991; tm 26, PARCOM 1996]. Az Outokumpu és a ciklonos eljárások oxigéndúsítást, az INCO-eljárás pedig technikai oxigént alkalmaz a betétanyag oxidálására. A módszer elve a kemence pörkölőterében megfelelően kialakított röppályán aláhulló száraz dúsítmányszemcsék oxidációján és az ennek eredményeként végül bekövetkező olvadásán alapul. Az ülepitőtér fürdőjébe hullik az anyag, ahol végbemehet a szulfidos és az oxidos fázisok (kéneskö és a salak) elkülönülése. A hőegyensúly fenntartása néha pótlólagos tüzelést is szükségessé tehet.

A csapolt kéneskövet és a salakot továbbfeldolgozáshoz járatják, míg a keletkező gázokat a függőleges füstaknán keresztül először egy hőcserélő egységbe vezetik. További lehetőség a direkt réz előállításra a felsőfúvós, forgó konverter (TBRC), amely azonban a magas működtetési költségek miatt nem használatos.

A lángkemencés olvasztást már nem használják az EU-ban, mert ebben nem hasznosul a dúsítmány kén- és vas-tartalmában rejlő kémiai hő, és az anyag olvasztása fosszilis tüzelőanyag elégetésével nyert forró füstgázok révén valósul meg. Továbbá, a füstgáz hozzákeveredik a folyamatokból keletkező gázhoz, így erősen lecsökken a kén-dioxid tartalom, ami nagyon megnehezíti a hatékony gáztisztítást. A kis SO<sub>2</sub>-koncentráció nem teszi lehetővé a kemencegáz kénsavgyártásra történő hasznosítását.

Eljárás	Technológiai alkalmazás száma	Kemencék száma	Nyersrész termelés 1998, Mt/a
Outokumpu röptében olvasztás	26	26	3801
Outokumpu direkt rézelőállítás	2	2	238
Lángkemence	27	37	1604
El Teniente reaktor	7	12	1344
Elektromos kemence	3	8	560
Aknáskemence	14	29	548
Mitsubishi eljárás	4	4	497
Inco röptében olvasztás	3	3	448
Vanyukov eljárás	3	5	448
ISA Smelt	3	3	269
Noranda reaktor	2	2	197
Contop	1	1	116
Bayin eljárás	1	1	57
Kivcet eljárás			

### 3.2. táblázat: A primer rézolvasztó technológiák elterjedtsége a Földön

#### 3.1.1.1.2 Konverterezés

Két konverterezési eljárás használatos: a hagyományos és általánosan elterjedt szakaszos, valamint a folyamatos technológia.

##### a) Szakaszos konverterezés

A szakaszos munkamód két periódusból áll. Az olvasztási lépésből kapott kéneskőbe levegő/oxigén keveréket fújnak. A konverter (fekvő) hengeres alakú, amelybe salakképző anyagot is adagolnak [tm 22, EC 1991; tm 26 PARCOM 1996]. Az első periódusban a vasat és a kéntartalom egy részét oxidálják - több lépésben adagolva a kéneskövet, miközben salak és kén-dioxid képződik. A salakot időközökkel eltávolítják és a réztartalmát további lépésben csökkentik. A második periódusban a réz-szulfid oxidálódik és nyersréz (98.5% Cu), valamint további kén-dioxid gáz képződik. A gáz kén-dioxid tartalmát kénsavgyártásra használják fel.

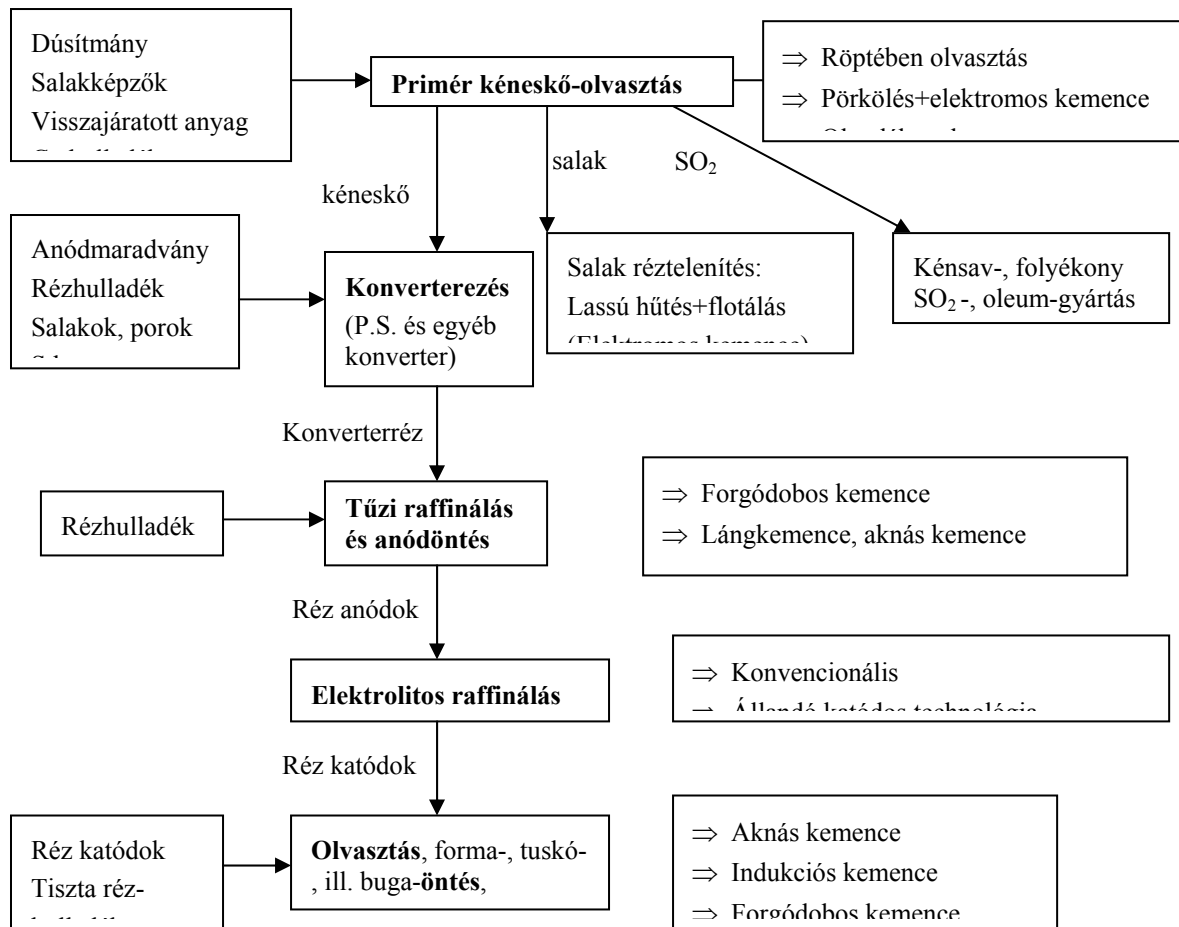
A reakció erősen exoterm és fémes szennyezők - mint például cink és ólom - is elgőzölögnek, amelyeket a gáztisztítás során nyernek ki. A folyamat hőtermelése lehetővé teszi hulladék réz beadagolását is.

A vízszintes vonalban elrendezett fúvókákkal működő Peirce-Smith (P.S.), vagy Hoboken típusú fekvő dobkonverterek terjedtek el általánosan. Ezek hengeres olvadékba injektáló rendszerű kemencék, amelyekben a levegő/oxigén fúvókák vízszintes sorban vannak elhelyezve [tm 22, EC 1991; tm 26 PARCOM 1996]. Az ISA Smelt kemence is előfordul a szakaszos konverterezés céljára. A felső fúvású forgó konverter (TBRC) viszont már nem használatos.

### **b) Folyamatos konverterezés**

Az folyamatos konverterezésre az iparban használt berendezések a Kennecott/Outokumpu egy lépéses röptében olvasztó réz-előállító kemence [tm 53 & tm 67 Kennecott 1997; tm 63 Outokumpu 1995], a Mitsubishi eljárás konvertere, és legújabban a Noranda konverter [tm 137 Copper Expert Group]. Az utóbbi két berendezésbe olvadt kéneskövet adagolnak, míg az első esetben száraz, szilárd szemcsés őrlemény a betét. A röptében olvasztás színporégőjét oxigénben dúsított levegővel működteti, és a reakció lebegő szemcsékben/cseppekben megy végbe. Az eljárás nagy és egyenletes kén-dioxidtartalmat biztosít a gázban. A granulált és őrlött formájú kéneskőadagolás rugalmasságot biztosít az eljárás paramétereiben.

Jelentős különbségek vannak a szakaszos és a folyamatos konverterezési módszerek között, a működtetést és a ciklus alatti kén-dioxid kibocsátást illetően. Szintén eltérőek a lehetőségek az adagolás alatti füstgyűjtés, valamint az anódmaradványok adagolhatósága tekintetében. Néhány kemencetípus esetében az olvadt kéneskövet, salakot és a konverter-rezet üstökben kell mozgatni, miközben illó kibocsátások lépnek fel. Van eset amikor a konverter-csarnok kiszellőztetett gázait gyűjtik és tisztítják, más esetben egy jól megszerkesztett szekunder gázgyűjtő rendszer használatos [tm 201, Velten 1999].



3.1 ábra A primér rézelőállítási technológia folyamata

### 3.1.1.1.3 Tűzi raffinálás

A művelet célja a konverterezéssel előállított nyersréz (blister-réz) tisztítása. Első lépésben levegőt fűjnek az olvadt fémbe a szennyezőfémek és a maradék kéntartalom oxidálására, miközben kevés salak képződik, amit eltávolítanak. Ezután redukálószer (pl. földgáz, propán) adnak a képződött réz-oxid redukálására [tm 22, EC 1991; tm 26, PARCOM 1996; tm 92 Copper expert Group 1998].

Ammónia gáz is megfelelne a redukció céljára, de ez a kibocsátott NO<sub>x</sub> mennyiségét jelentősen növelné [tm 215, Mining Engineering, July 1999]. Korábban (és néhol még ma is) farudakkal, rönkökkel végezték a redukciót, és innen ered a "rudas buzgatás" elnevezés. A keletkező gázokat utóégetőbe is vezethetik. A legtöbb primér és néhány szekundér rézfeldolgozó üzemben forgódobos kemencéket (anód-kemence) használnak, amelyek hasonlóak a P.S. konverterre és a gáz bevitelére fűvókákat alkalmaznak. Ezeket a kemencékbe olvadt állapotban adagolják a rezet. Néhány szekundér rézfeldolgozó üzem lángkemencét alkalmaz, ahol lándzsával viszik be a levegőt. A betétanyaguk konverterréz és rézhulladék. Néhány lángkemence dönthető és fűvókával is el van látva.

A Contimelt-eljárást is alkalmazzák a tűzi raffinálásra amikor a betét szilárd és először meg kell olvasztani. A különböző kemencék kombinációja is használatos (aknás-, lángkemence olvasztásra, forgódobos kemence redukcióra). Ezek a rendszerek alkalmasak primér (blister) és szekundér (hulladék réz) raffinálására is.

Az anódkemencéből a rezet anód-formákba öntik, amelyek általában egy körbe forgó öntőasztalra vannak szerelve. Az öntés azonos tömegű és vastagságú anódokat eredményez, amelyek vízpermeten keresztül lehűtve kerülnek ki a formákból. A formaöntés helyett az anódokat Hazelett-típusú szalag-öntőgépen is előállíthatják. A megfelelő vastagságú öntött rézszalagból az anódokat plazma, vagy mechanikus ollóval kerülnek kivágásra. Az anódok méretei és minősége jobbn, de ez a rendszer költségesebb.

#### 3.1.1.1.4 *Elektrolitos raffinálás*

Az elektrolizáló cellában az öntött réz anódok mellett katód merülnek a réz-szulfát - kénsav elektrolitba. A katód egy vékony rézlemez (alaplemez), illetve egy saválló acélból készült anyalemez - állandó katód (Mount ISA eljárás, Noranda/Kidd Creek rendszer) [tm 22, EC 1991; tm 26, PARCOM 1996; tm 92, Copper Expert Group 1998]. A szennyes anódból az elektromos árammal réz ionok oldódnak és a katódon a réz ionok válnak le. Az anódot addig hagyják oldódni, amíg még mechanikusan elég erős ahhoz, hogy a kádból egy darabban el lehessen távolítani. Ezt az anódmaradványt visszajaratják általában a konverterezéshez, vagy a tüzi raffináláshoz, a réztartalom újrahasznosítására. Állandó katódanyalemezek esetén a katódosan levált rezet le kell fejteni és beolvastva tovább-feldolgozni.

Az elektrolitos raffinálás során az anódréz szennyezőinek egy része (pl. Ni, Fe...) oldódik az elektrolitban, másik része (pl. nemesfémek, Te, Se...) nem oldódik és anódiszapot képezve a kád fenekén gyűlik össze. Az anódiszapot időközönként el kell távolítani és ebből az értékes fémeket ki lehet nyerni. Az elektrolit egy részét kivezetik a rendszerből. A réztartalmát további elektrolízissel, vagy kristályosítással (réz.szulfát alakban) kinyerik. További bepárlással és kristályosítással a nikkeltartalmat is eltávolítják (nikkel-szulfát alakban). Az arzéntartalmat több módon is el lehet távolítani: pl. oldószeres extrakció, precipitáció a végső elektrolízises kinyerés során, precipitáció a szennyes savból. Néha réz-arzenátot állítanak elő, amelyet réz-króm-arzenáttá alakítva fakonzerváló anyagként értékesítenek.

Az elektrolitos raffinálással legalább a Londoni Fémtőzsde "A" minőségű szabványának megfelelő rezet állítanak elő. A következő táblázat az anódösszetételt és a katódminőséget mutatja egy példában. Meg kell jegyezni, hogy az anódösszetétel - ami függ a nyersanyag minőségétől - erősen befolyásolhatja az elért katódminőséget.

A jelenlegi tendencia szerint nagyobb, több elektródot tartalmazó kádak és a savállóacél katódanyalemezek alkalmazása felé történik a fejlesztés [tm 92, Copper Expert Group 1998]. Továbbá nagy jelentősége van a megfelelő anódminőség-szabályozásnak is. Követelmény az egynevetes vastagság, jó elektromos érintkezés, valamint a megfelelő tisztaság. A savállóacél anyalemezen növesztett katódok esetében kevesebb a mechanikusan bekerülő szennyezés, valamint az áramhatásfok akár 97% fölé is emelhető. A modern elektrolitos raffináló üzemek nagy mértékben automatizálták a katód- és az anódcserét, valamint az állandó alaplemezekről történő réz-lefejtést [tm 22, EC 1991; tm 26 PARCOM 1996]. Mindemellett, a hagyományos, mechanikusan előkészített réz alaplemezeket is sok helyen használják a katódok készítésére.

<b>Elem</b>	<b>Koncertráció az anódban g/t</b>	<b>Koncertráció a katódban g/t</b>
Ezüst	600-720	9-10
Szelén	50-510	<0,5
Tellúr	20-130	<0,5
Arzén	700-760	<1
Antimon	330-700	<1
Bizmut	60	<00,5

Elem	Koncentráció az anódban g/t	Koncentráció a katódban g/t
Ólom	990-500	<1
Nikkel	1000-5000	<3

### 3.3. táblázat Szennyezőeltávolítás az elektrolitos raffinálással [tm 124, DFIU Cu 1999]

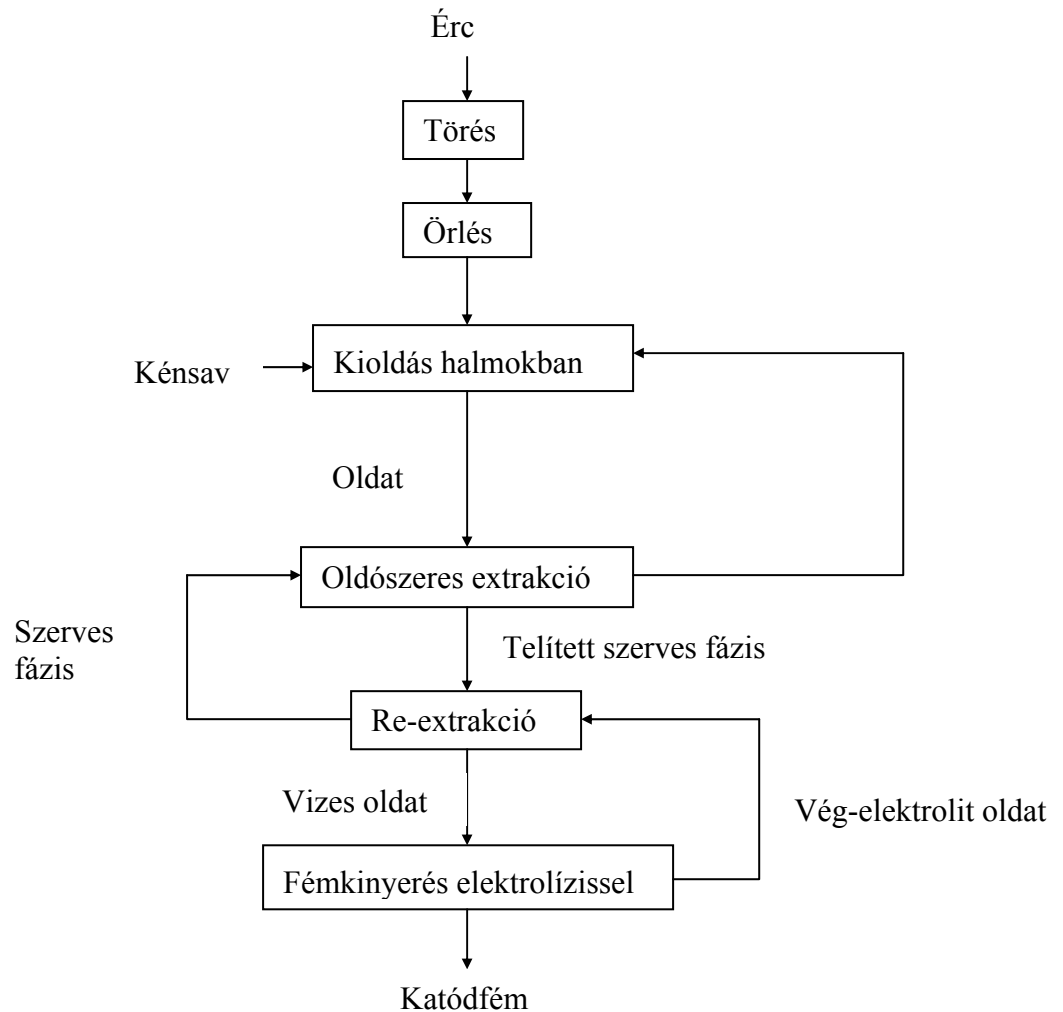
#### 3.1.1.1.5 Salakkezelés

A nagy réztartalmú kéneskövet előállító olvasztásból és a konverterezésből kapott salakok sok rezet tartalmaznak amelyet különböző salakkezelő módszerekkel lehet kinyerni [tm 92, Copper Expert Group 1998]. Az egyik eljárás szerint elektromos kemencében szakaszosan, vagy folyamatosan reagáltatják a salakot karbonnal (kokszipor, illetve az elektródok anyaga) és így inert salak keletkezik. A konvertersalakot az elektromos salakkezelő kemence helyett a kéneskövet olvasztó kemencébe is vissza lehet járatni. Alternatív módszer a salak (elsősorban a konvertersalak) flotálása, miután a salakot lassan hűtik, törik és őrlik. A rézben dús flotálási koncentrátumot a rézkohászati technológiához vissza lehet járatni. Az utóbbi módszert csak akkor lehet alkalmazni, ha megfelelően nagy terület áll rendelkezésre és a flotálási meddő megfelelően kezelhető és letárolható. Más nagy réztartalmú salakok (mint pl. rézfinomítási salak) általában egy megelőző olvasztási lépéshez (legtöbbször konverterezéshez), illetve hulladékfeldolgozó üzemekben a hulladékolvasztáshoz járathatóak vissza. A kezelt végsalakokat útépitési, folyószabályozási és más hasonló célokra lehet felhasználni. Gyakran jobbák a tulajdonságaik mint egyéb közönséges anyagoknak.

#### 3.1.1.2 Hidrometallurgiai út

Ezt a módszert általában oxidos, vagy oxidos/szulfidos ércekre alkalmazzák, a bánya területén, ahol biztosítható a kioldás és az oldatkezelés műveleteinek helyigénye. Ez a módszer elsősorban olyan ércek esetében előnyös, amelyek fizikai dúsítása nem hatékony és nem tartalmaznak nemes fémeket [tm 55 & 56, Outokumpu 1997; tm 137, Copper Expert Group 1998].

A hidrometallurgiai módszer az érc őrlése után kénsavas kioldást alkalmaz, néha biológiai hatás jelenlétében, halmokban, vagy kádakban végzett perkolációs, illetve kavarási kioldási technikával [tm 137, Cu Expert Group 1998]. A kapott oldatot ezután szűrik és oldószeres extrakcióval - illetve egyéb módon - tisztítják és dúsítják. A rezet ezután elektrolízissal nyerik ki. A kinyerő elektrolízis inert anódot használ (Pl. a szulfátos oldatban ólom, titán) és a fém ionok a katód felületén semlegesítődnek és leválnak. Állandó katód alaplemezek használata esetén a leválasztott fém rétegét periódikusan le kell fejteni. Az elektrolit sorba kapcsolt kádakon keresztül cirkulál, és végül erősen lecsökken a réztartalma. Ezután a savban feldúsult vég-elektrolitot az oldószeres extrakció re-extrakciós (fosztó) lépéséhez vezetik a réznek a telített szerves fázisból történő visszanyerésére. Az elektrolit egy részét kivezetik a folyamatból a szennyezőtartalom eltávolítására. Az általános hidrometallurgiai folyamatot a 3.2 ábra mutatja:



**3.2 ábra** A halmokban végzett kioldásra épülő hidrometallurgiai eljárás folyamatábrája [tm 140, Finland Cu 1999]

### 3.1.2 Rézelőállítás másodnyersanyagokból

A másodlagos eredetű rézet pirometallurgiai módszerrel állítják elő. Az eljárás lépései a másodnyersanyag réztartalmától, szemcseméretétől és egyéb alkotóitól függ [tm 92, Cu Expert Group 1998; tm 124, DFIU Cu 1999]. Mint a primér rézelőállítás esetében, különböző lépésekben távolítják el az egyéb alkotókat, melyeket a legnagyobb mértékben vissza kell nyerni a keletkező maradványokból. A másodnyersanyagok tartalmazhatnak szerves alkotókat, például bevonatok, vagy olajat, amit figyelembe kell venni megfelelő olaj- és bevonattávolító eljárások használatával, vagy a kemence és a gáztisztító rendszer megfelelő kialakításával. Cél a megnövekedett füstgáz kezelése, és a káros gáz- alkotók (pl. dioxin) képződésének minimalizálása, illetve roncsolása. Az előkezelési módszer vagy a kemence a betét anyag összetétele határozza meg. Igen sokféle másodnyersanyagot dolgoznak fel.

Sárgaréz hulladékok feldolgozása során az ötvöző elemeket a kemencében elgőzöltetik és így feketerezet, valamint egy cinkben dús szállóport kapnak.

Anyagtípus	Cu-tartalom (m-%)	Forrás
Kevert réziszapok	2-25	Galvanizálás
Számítógépes hulladék	15-20	Elektronikai ipar
Tiszta réziszapok	2-40	Galvanizálás
Réz-vas anyag (darabos vagy aprított) villanymotorokból	10-20	Elektromos ipar
Sárgaréz salakok, felzések és hamuk	10-40	Öntödék, féltermék gyártók
Vörösötvözet salakok, felzések és hamuk	10-40	Öntödék, féltermék gyártók
Shredder anyag	30-80	Shredder üzemek
Réz- sárgaréz hűtők	60-65	Autók
Kevert bronz hulladék	70-85	Fogaskerekek, szelepek csapok, gépalkatrészek, csapágyházak, szerelvények
Könnyű rézhulladék	88-92	Réz lemezek, ereszek, csatornák, bojlerok, kazánok
Nehéz rézhulladék	90-98	Lemezek, kivágási hulladék, csúszó sinek, drótok, csövek
Kevert rézhulladék	90-95	Könnyű és nehéz rézhulladék
Réz granália	90-98	Vezeték vágásból
Tiszta rézhulladék	99	Félkész termékek, drót, szalag, vágott hulladék

### 3.4 táblázat A rézelőállítás másodlagos nyersanyagai [tm 124, DFIU Cu 1999]

A másodnyersanyagból történő rézelőállítás is hasonló lépésekből áll mint a primér rézmetallurgia, de a nyersanyag oxidos vagy fémes, ezért az eljárás feltételei megváltoznak. A másodnyersanyagok feldolgozása során alapvetően redukáló körülményekre van szükség.

#### 3.1.2.1 Másodnyersanyag olvasztása

Különböző kemencéket (Aknás, Mini Smelter, TBRC, Elektromos, ISA Smelt, Láng-, Forgódobos) alkalmaznak alacsony és közepes minőségi anyagok olvasztására [tm 27, HMIP Cu 1993; tm 92, Cu Expert Group 1998; tm 124, DFIU Cu 1999]. A kemence típusa és az eljárás lépései a másodnyersanyag réztartalmától darabnagyságától és egyéb alkotóitól függ. Így a másodlagos réz olvasztása és raffinálása bonyolult, a feldolgozható másodnyersanyag típusa pedig függ az adott technikai lehetőségektől, a rendelkezésre álló kemencéktől [tm 92, Copper Expert Group 1998].

A fénoxidok redukációjára ha szükséges vasat (vastartalmú réz, közönséges vashulladék, stb. formájában) karbont (koks vagy földgáz formájában) és salakképzőket adagolnak. Az eljárásokat a betétanyagnak megfelelően működtetik. A kemencéből távozó gáz illékony fémeket és fénoxidokat mint például cink, olom és ón oxidjai találhatóak. Ezek kinyerhetőek tiszta fém ötvözet vagy oxid alakban. A gáz tartalmazhat még kén-dioxidot, dioxinokat és egyéb porokat, a nyersanyagtól függően. A "Mini-Smelter" technológia másodnyersanyagból



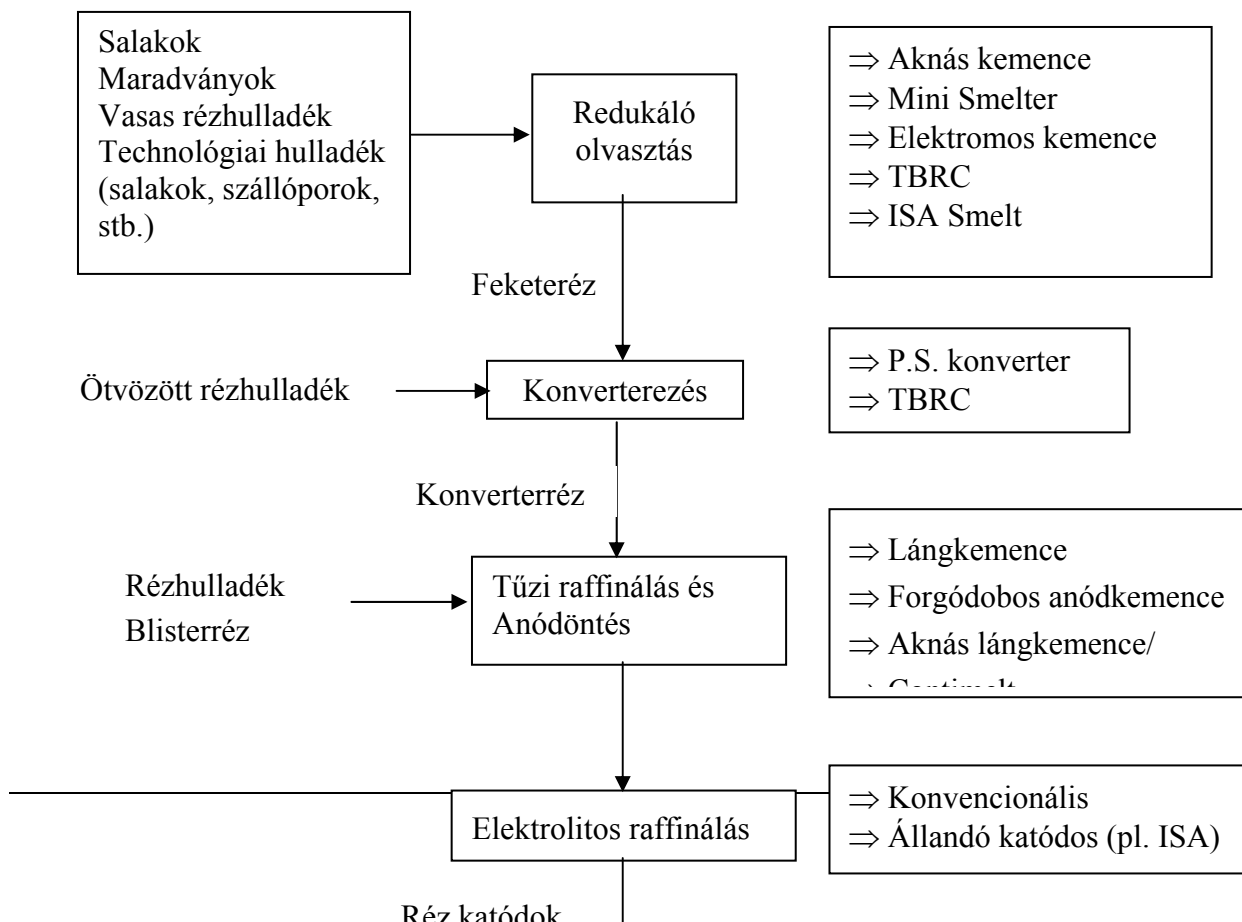
történő rézelőállítása is alkalmas amennyiben a hulladék vasat és ónt tartalmaz. Ebben a megoldásban a vas az első műveletben redukálószer és fémes réz keletkezik. Ezután az olvadékba oxigént fújnak a vas és egyéb jelenlévő szennyező fémek (Pb, Sn) oxidálására, amelyek a salakba kerülnek. A vastartalom oxidálása biztosítja a folyamat hőigényét.

### 3.1.2.2 Konverterezés, tűzi raffinálás, salakkezelés és elektrolitos raffinálás, tiszta ötvözet hulladék feldolgozása

A konverterek és raffináló kemencék nagyon hasonlóak a primér termelésben használtakhoz és a salakkezelő rendszerek, valamint az elektrolitos raffinálás folyamata teljesen egyező. A fő különbség az, hogy a másodlagos eljárások konverterei nem kénes követ, hanem fémeket dolgoznak fel. Kokszt adagolnak az olvasztáshoz fűtőanyagként a hiányzó hő pótlására míg a primér konverterekben a kéneskö biztosítja a teljes hőigényt [tm 92, Copper Expert Group 1998]. A másodlagos konverterekben oxidálódnak és elsalakulnak bizonyos szennyező elemek mint például a vas és elgőzölögve különülnek el más fémek mint például a cink és az ón. A reakció hő illóítja ezeket az alkotókat, valamint az elsalakító pótlékok segítik a vas és valamenyi ólom eltávolítását. A jobb minőségű hulladék olvasztására tűzi raffináló kemencéket alkalmazhatnak.

Az elektrolitos raffinálás anódiszapja nemesfémek, a kivezetett használt elektrolit pedig egyéb értékes fémek - például nikkel - alapanyagául is szolgál.

Számos eljárásban rézötvözeteket, bronzokat és sárgarezeket is dolgoznak fel. Ha szennyezettek, vagy más ötvözetekkel is keveredtek ezek az alapanyagok, akkor a fenti általános módszert alkalmazzák. A tiszta ötvözeteket közvetlenül féltermék gyártásra használják. A tiszta anyagot indukciós kemencében olvasztják, amelyet a továbbfeldolgozásnak megfelelő formákba történő öntés követ. Az adag összetételét elemzik, és úgy irányítják, hogy a kívánt ötvözetet jelentős mennyiségű tiszta fém adagolása nélkül tudják előállítani. A gázból kiszűrt szállóporból cink-oxidot lehet kinyerni. Például a rosszabb minőségű nyersanyagot aknás kemencében olvasztó első lépés szállóporában a cink- és az ólomtartalom összesége akár 65 % is lehet, és így nagyon alkalmas a nyers cinket és ólomot egyúttal előállító Imperial Smelting Eljáráshoz betétanyagként.



### 3.3 ábra A szekunder rézelőállítás általános folyamatábrája

#### 3.1.3 Ón

Néhány szekunder rézraffinálási eljárás maradványaiból, a bevonatolt acéldobozok óntalanításakor és egyéb a megfelelő ércekből nyernek ki ónt. Jelenleg nincs közvetlen ónelőállítás Európában ércekből.

Az egyik szekunder rézkohóban egy másodlagos redukáló műveletet is végrehajtanak [tm 92, Cu Expert Group 1998]. Az ólmot és az ónt acélhulladékkal, vagy ónozott dobozok anyagával redukálják TBRC-konverterben. Adagolnak ólom/ón hulladékot, salakot és maradványokat és egy ón-ólmot ötvözetet állítanak elő. Az ötvözetolvadékot egy rázóüstbe adják, ahol a maradék rezet, nikkelt és szilíciumot távolítják el. A réztelenített ötvözetből egy három lépéses desztillációs rendszerben választják el az ónt és az ólmot. Az ónt kristályosítással finomítják a második desztillációs lépés előtt.

Egyéb rézkohókban egy másik módszer szerint a szekunder réz-konverter (és néha az aknaskemence) szállóporát használják betétanyagként. Redukáló körülmények alatt a cinket illósítják, majd oxidként választják le, az ólmot és az ónt pedig egy ötvözet formájában nyerik ki.

Az acélhulladékot elektrolitos, vagy kémiai oldással óntalanítják nátrium-hidroxid és nátrium-nitrát oldatokat alkalmazva [tm 9, HMIP-Sn 1993]. Az utóbbi esetben ammónia fejlődik (0,048 kg/kg Sn). Az ón oldódik, majd elektrolízissel leválasztható. A katódokról az ónt egy ónolvadék fürdőbe mártással szedik le. Az ónból tömböket, vagy port gyártanak, amit számos ötvözet, illetve bevonat előállítására használhatnak.

Az ónt az ólom és ötvözei esetében használtakhoz hasonló üstökben olvasztják. A beolvasztási folyamatban az ónhulladék is hasznosítható. A leggyakoribb ötvözet a forrasztóanyag, amiben ólmot használnak ötvözőként. Egyéb olvasztókemencéket is használnak, de a hőmérséklet szabályozása nehézséget jelent.

Az ónt számos módszerrel raffinálhatják. Alkalmazzák az acélkatódos raffináló elektrolízist, illetve a tűzi raffinálást, amely során az ólomraffináláséhoz hasonló módon járhatnak el. Az ónraffinálás esetében a vasat csurogtatással, a rezet kén bekeverésével, az arzént és az antimont pedig alumínium, vagy nátrium adagolásával távolítják el.

#### 3.1.4 Drótbuga (durvahuzal) gyártás

A drótbugát (durvahuzalt) nagy tisztaságú elektrolitosan raffinált réz katódokból állítják elő, biztosítva a vezetőképességet és a mechanikai tulajdonságokat befolyásoló szennyezők nyomainak minél teljesebb eltávolítását. Külön figyelemmel kell lenni a kemence jellemzőire

az oxigénfelvétel lehető legteljesebb kizárása érdekében. Több eljárás ismeretes [tm 117, Copper Expert Group 1998].

#### 3.1.4.1 Southwire-eljárás

A tiszta réz katódok és tiszta réz hulladékanyag olvasztása aknáskemencében történik, ahol a 60 t/h kapacitás is elérhető. A tüzelőanyagot (földgáz, propán, stb) szigorúan szabályozott módon égetik el a falazatba épített égőkkel, hogy kissé redukáló jellegű legyen a füstgáz (0,5 - 1,5 % Co, vagy H<sub>2</sub>) a rézzel érintkező szinten. A kemencéből távozó gázokat lehűtik és a szállóport szövet zsákokkal szűrik ki. Utánégetés is alkalmazható, ha a CO-koncentráció esetleg magas lenne. A rézolvadékot a medencéből egy hengeres kemencébe vezetik a hőmérséklet beállítására, homogenizálásra és metallurgiai kezelésre. Ebben az egységben is a gáztüzelés a szokásos. Ennek a kemencének a tároló szerepe is jelentős, ami által egyenletes fémáram biztosítható az öntéshez.

Az öntökemencéből egy csatornán keresztül folyik szabályozott áramban a rézolvadék egy öntőkerékre. Az öntőkerék több mint fele területén egy hűtött acélszalag zárja le a kerék hornyát, ahová az olvad réz kerül. A megszilárdult réz alakja 5000 - 8300 mm<sup>2</sup>-es trapéz keresztmetszetű tuskó. Az öntőkerék és a ráfeszülő acélszalag felületét acetilén elégetésével nyert korommal vonják be. Hántolás után az öntött rudat durva- és finomhengerléshez viszik, a megfelelő átmérő elérése érdekében. Ásványi olaj emulzió, vagy szintetikus vizes oldat használatos hengerlési folyadékként.

#### 3.1.4.2 Contirod-eljárás

A fentieknek megfelelő aknáskemence szolgál a réz olvasztására. Az olvadt réz egy szifonos csatornán keresztül folyik egy gáztüzeléssel fűtött forgódobos kemencébe. A réz innen egy közbenső öntőüstbe kerül amely automatikusan szabályozza az öntőgép adagolási ütemét [tm 117, Copper Expert Group 1998].

Az ikerszalagos Hazelett-öntőgép [tm 124, DFIU Cu 1999] két szalagját folyamatosan mozgó vízfilmrel hűtik. Az öntött buga keresztmetszete 5000 - 9100 mm<sup>2</sup> lehet 25 - 50 t/h termelési kapacitás mellett. A négyszögszelvényű buga éleit hűtés után legömbölyítik, sorjátlanítják, és így viszik a hengerléshez, ahol egymás után váltakozóan vízszintes és függőleges nyomások után kapják a végterméket. A hengerléshez ásványi olaj emulzió, vagy szintetikus vizes oldat használatos kenőfolyadékként.

#### 3.1.4.3 Properzi- és Secor-eljárások

A folyamatos Properzi és Secor eljárások elve hasonló a Southwire-eljáráséhoz, noha az öntött méretek eltérőek [tm 117, Copper Expert Group 1998]. A Southwire-eljárásnál leírtak itt is érvényesek.

#### 3.1.4.4 Upcast-eljárás

A rezet csatornás indukciós kemencében olvasztják és adagokban átvezetik egy indukciós öntökemencébe. Kisebb termelési kapacitáshoz egyetlen indukciós olvasztó-öntő kemence is elegendő lehet [tm 117, Copper Expert group 1998].

Az Upcast kihúzó szerkezet az öntökemence felett foglal helyet. Vízhűtéses grafit kokillákat merítenek az olvadékba egy meghatározott mélységig, és a beömlő rézolvadék megszilárdul, majd kihúzva a húzóörgök közé kerül, amelyek folyamatosan húzzák ki a szálát.

### 3.1.4.5 Dip Forming-eljárás

Az előmelegített betétanyagot egy csatornás indukciós kemencébe adják, ahonnan az öntökemencébe kerül. A kemencéhez csatlakozik egy tégely, amelynek a fenekén elhelyezett gyűrűn keresztül egy 12,5 mm átmérőjű réz maghuzalt húznak keresztül. A maghuzalnak az olvadákon történő áthúzását szabályozva, valamint megfelelő átmérőjű felső gyűrűt alkalmazva, a huzal átmérője a kívánt mértékben növekszik. Az öntött huzalt egy háromlépcsős hengerléshez vezetik, ahol 8 mm és 12,5 mm-es átmérőjű hengeres huzalt állítanak elő [tm 117, Copper Expert Group 1998].

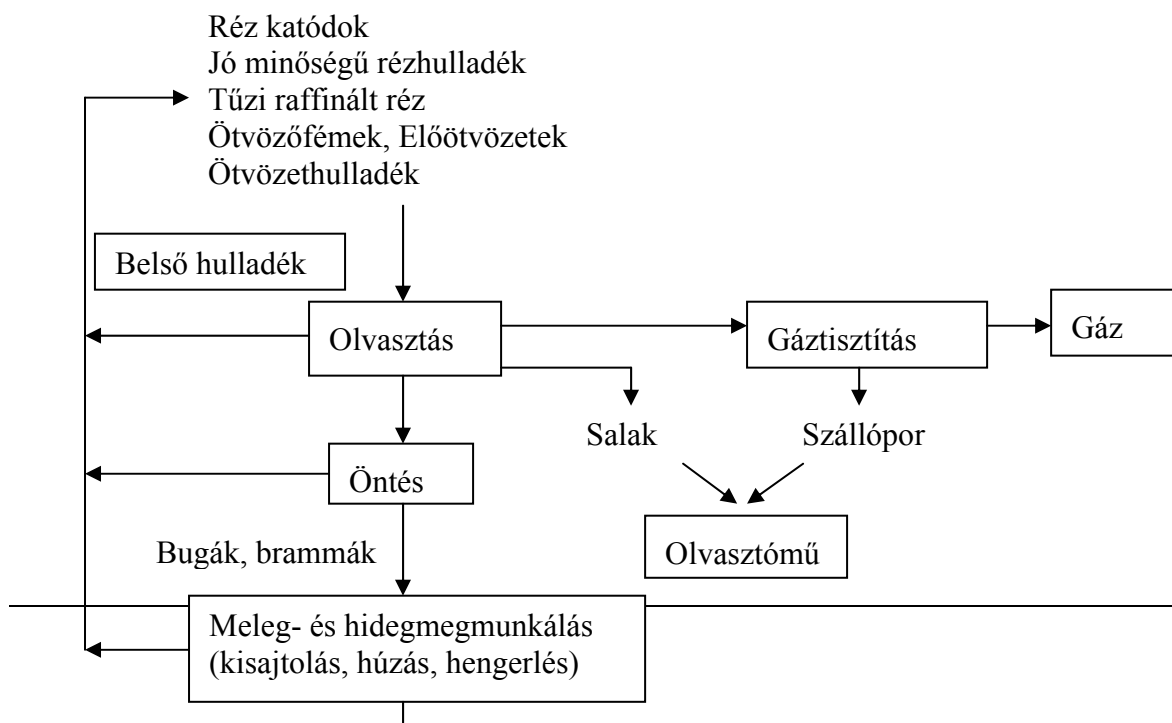
### 3.1.5 Féltérmekek előállítása rézből és rézötvözetekből

Réz és a rézötvözetek olvasztása lehet folyamatos, vagy szakaszos, melyet a továbbfeldolgozásnak megfelelő formába történő öntés követ. Az öntött anyag több fajta termékre (lemez, szalag, szelvény, rúd, hengerhuzal, drót és cső) dolgozható fel. Általában a következő megoldásokat követik:

1. A réz és rézötvözet bugákat főleg cső-, szelvény- és hengerhuzal gyártásra készítik.
2. A rézből és rézötvözetből öntött brammákat, laposbugákat lemez- és szalaggyártásra készítik.
3. Különleges eljárásokat alkalmaznak néhány speciális réz- és rézötvözet termékek előállítására: az Upcast eljárás drót -és csőgyártás esetén, Vízzintes folyamatos öntés szalag- és szelvénygyártás esetén, Függőleges folyamatos öntés és hengerlés rézcsövek előállítására.

#### 3.1.5.1 Olvasztási eljárások

A réz, vagy a rézötvözetek adagokban olvaszthatók elektromos, vagy indukciós kemencékben. Ha nagyobb olvasztási kapacitásra van szükség, a rézet folyamatosan olvasztják aknáskemencében. A rézolvasztás és -raffinálás céljára tégelyes- és lángkemencék is használatosak. A füstgázgyűjtés és -tisztítás rendszerét a nyersanyaghoz és a szennyezettség mértékéhez kell igazítani. Az elektromos kemencékből származó gázt általában ciklonokban és - ezt követően - szövetzsákokban tisztítják. A gáztüzelésű aknáskemencék esetében az égők szabályozása kritikus a kibocsátott gázok CO-tartalmát illetően. Ha a CO-koncentráció elég nagy (pl. > 5%), egy utánégető és egy hőhasznosító egység működtethető, de a zsákszűrők is használatosak a gáz szállópor-tartalmának eltávolítására.



### 3.6 ábra A féltermék-gyártás általános folyamtvázlata [tm 124, DFIU Cu 1999]

A nyersanyag általában katódrez, valamint réz- és rézötvözet hulladék, mely anyagokat nyílt tárolótereken halmoznak fel, ahonnan a különböző ötvözeteket a megfelelő végösszetételnek megfelelően keverik. Ez a nyersanyagkeverés fontos módszer az adag kikészítési idejének csökkentésében, ami által csökken az energia és a költséges előötvözetek felhasználása. Indukciós kemencében végzett olvasztás előtt a hulladékot kis méretre vágják, ami az olvasztási hatásfokot növeli.

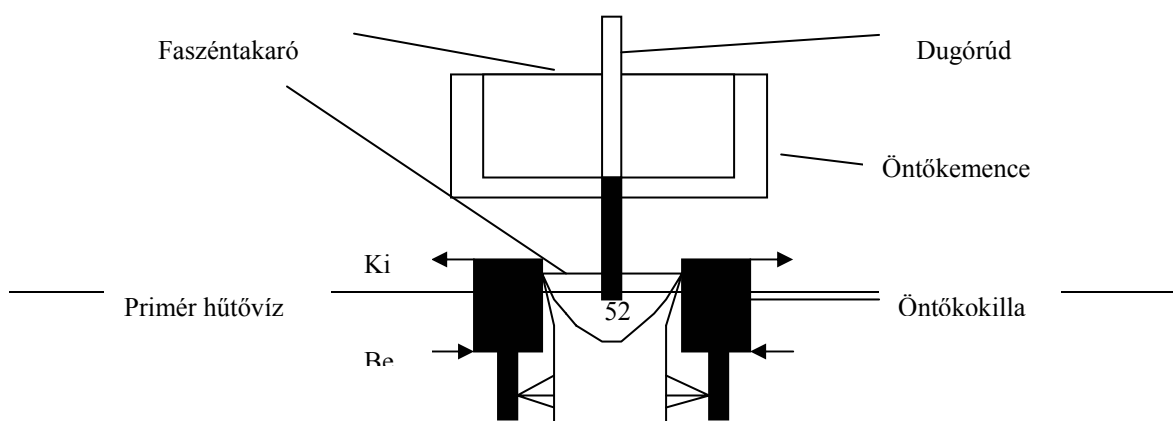
A nyersanyagban szerepel sárgaréz és réz forgács is, ami kenőanyagot is tartalmaz. Gondoskodni kell arról, hogy a tárolóhelyről ne szivároгjon ki olaj, ami szennyezhetné a talajt és a felszíni vizeket. Továbbá, forgácsszárítók, vagy más kemencék, és oldószeres. Illetve vizes olajeltávolító módszerek használatosak a kenőanyagok és más szennyezések eltávolítására.

Amikor a sárgarézek és bronzok olvadnak, cink gőzölöghet a kemencéből, amit a hőmérséklet szabályozásával lehet minimalizálni. A gőz oxidációjából származó cink-oxidot az elszívott gázból zsákszűrőkben gyűjtik meg, és általában hasznosítják. Bizonyos fokú tűzi raffinálást is végeznek, amelyből származó gázokat is figyelembe kell venni a gáztisztító rendszer tervezésénél.

#### 3.1.5.2 Öntés

A fémolvadékot a kemencéből lehet folyamatosan, vagy szakaszosan önteni [tm 117, Cu Expert Group 1998]. A folyamatos öntés lehet függőleges, vagy vízszintes irányú, de a szakaszos öntés mindig függőleges. Emelkedő öntési irány is használatos. A hosszú-, illetve a lapostermékeknek megfelelő keresztmetszetű buga, illetve bramma tuskókat öntik és dolgozzák fel.

A megolvasztott fém egy öntő (hőntartó) kemencén keresztül folyik egy függőleges, vagy vízszintes tuskóöntőgépbe. A bugákból megfelelő méretű szakaszokat fűrészelve ki a továbbfeldolgozás céljára. Általában a különböző réz és rézötvözet termékek céljára eltérő öntési módszert alkalmaznak: emelkedő öntést a drótok és csövek esetében, vízszintes folyamatos öntés a szalagok és a szelvények esetében, valamint függőleges szalagöntés és hengerlés a rézcsövek gyártására.



### **3.7 ábra A folyamatos, illetve a félfolyamatos öntés elve [tm124, DFIU Cu 1999]**

#### **3.1.5.3 Cső-, szelvény- és rúdgyártás**

A réz, illetve rézötvözet bugákat előmelegítik és kisajtolják, illetve húzzák különböző átmérőjű és falvastagságú csövekre, több lépésben. A húzógépek számos fajta olajat és szappant használnak kenőanyagként, amely szennyezi a csöveket és a levágott darabokat. A termékeket általában hőkezelik és zsírtalanítják kiszállítás előtt. A levágott darabokat olajtalanítják, illetve zsírtalanítják egy kemencében, vagy más módszerrel, mielőtt az újraolvasztáshoz adagolnák.

Rézcsöveket lehet kisajtoló tuskés présgéppel is előállítani, ahol a tuskódarabokat csőhéjas darabokká extrudálják. A csőhéjas darabokat ezután egy Pilger hengerson hengerlik, majd méretre húzzák megfelelő húzószerszámokon keresztül. A húzáshoz (kis mennyiségben) használt olajat egy folyamatos zsírtalanító/marató rendszerben ártalmatlanítják, amely gyakran a hőkezeléshez kapcsolódik.

A termékeket különböző kemencékben hőkezelhetik redukáló körülmények között, ahol a védőgázként hidrogén/nitrogén keveréket, vagy exogázt (bontott földgázt) használnak.

#### **3.1.5.4 Lemezek és szalagok gyártása**

A lemezek és szalagok gyártásánál a réz, vagy rézötvözet bramma a kiinduló anyag. Az anyagot gáz-, vagy olajtüzelésű kemencékben hevítik elő, melegen és hidegen hengerlik, majd a kikészítő művelethez továbbítják, amely újrahengerlést és méretrevágást jelent. A jó minőségű szalagok és lemezek érdekében felületmarást, hőkezelést, maratást, mosást és szárítást iktatnak be közbenső lépésekként [tm117, Copper Expert Group 1998].

A meleghengerlést általában egy duo hengerállvánnyal végzik, amely 200 m-ig terjedő paddal és egy végső tekerceselő berendezéssel van ellátva. A hengerek hűtővizéhez kis mennyiségben kenőanyagot is adnak, hogy javítsák az anyag és az acélhengerek közötti tapadási tulajdonságokat. A keletkező gőzt elvezetik, és a távozó gázból a folyadékcseppeket leválasztják a légtérbe kieresztés előtt.

Ezután további hideghengerlést hajtanak végre. A hideghengerléssel felkeményedik a fém. A legtöbb esetben a tekerceseket lágyítják mielőtt sor kerülne a hideghengerlésre. A lágyító hőkezelést redukáló körülmények között végzik az oxidáció elkerülése érdekében, melyhez

exogáz, vagy nitrogén/hidrogén védőgázt alkalmaznak. Az exogázt a helyszínen állítják földgázból egy speciális, közvetett fűtésű reaktorban. A N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> védőgázt a tárolótartályokból történő megfelelő arányú keveréssel állítják elő. A hideghengerlés előtti hőkezelésre harangkemencéket használnak elektromos fűtéssel, vagy közvetett földgáz, illetve olaj tüzeléssel. Az előtekerter tekercsek közbenső lágyítására toronykemencéket alkalmaznak.

A lemezek vastagságát fokozatosan csökkentik tovább különböző reverzaló hengerállványokon. A hideghengerléshez különböző típusú hengerállványok, Duo, Quarto, Sexto, Sendzimir (12 henger) használnak. Az egyes hengerállványok egy folyamatos, egymás utáni több-állványos elrendezésben is kapcsolhatóak. A feltekerceselt lemez vastagságától és a már elért állapotától függ az alkalmazható kombináció.

A hideghengerléskor egy emulzió, vagy olaj használatos a hengerek védelmére. Ezért a hengerállványoknál elszívás működik, és a távozó gázokat mechanikus szűréssel, nedves elektrosztatikus leválasztással, vagy mosással tisztítják. Az emulziót, vagy olajat lemossák a fém felületéről, és a krakkolódott olajrészecskéket papír, vagy szövet szalagszűrőkkel távolítják el.

<b>Meleghengerlés</b>	
Hengerállvány típus	Főleg Duo
Induló méretek	250 - 130 mm vastagság, 450 - 1000 mm szélesség
Végső méretek	15 - 12 mm vastagság 450 - 1000 mm szélesség
Hőmérséklet	750 - 800 °C
Hengerlési erő	~ 10 - 12 kN/mm lemezszélesség
Felületi marás	0,3 - 0,7 mm mindkét felületről
<b>1. Hideghengerlés</b>	
Hengerállvány típusa	Főleg Quarto
Hengerlési erő	~ 15 - 20 kN/mm lemezszélesség
Méretredukció és hengerlési sebesség	Redukció 15 mm-ről 4 mm vastagságra több szúrásban, 100 - 200 m/min sebességgel
Konverzió	70 - 80 %
<b>Lágyítás (újrakristályosítás)</b>	
Hőmérséklet	550 - 600 °C
<b>2. és utolsó hengerlés</b>	
Hengerállvány típusa	Főleg Quarto, illetve, a lemezvastagságtól függően, Sexto, vagy 20 hengeres állványok is használatosak
Hengerlési erő	~ 2 - 10 kN/mm lemezszélesség, az alkalmazott állványtól függően
Hengerlési sebesség	4 - 1 mm redukciónál: 300 500 m/min, több szúrásban, 1 - 0,1 mm redukciónál: 500 - 1000 m/min, több szúrásban
<b>Lemezek vágása szalagokra</b>	
Berendezés	Hosszanti szalagvágó gép
Megj. Lágyításra minden 70 -80 % konverzió után szükség van. A lágyítási hőmérsékletet a kívánmt anyagjellemzőknek megfelelően kell megválasztani	

**3.5 táblázat A sárgarézszalag előállítás jellemző adatai [tm 124, DFIU Cu 1999]**

### 3.1.6 Réz és rézötvözet tömbök

Tömböket rézből, illetve ötvözeteiből álló kokillás módszerrel az öntőipar számára készítenek. Az ötvözetek széles skáláját állítják elő olyan ötvözőfémekkel mint Ni, Sn, Zn, Al, stb.

A tömbösítéshez pontos ötvözetösszetételre van szükség. Ennek érdekében a nyersanyag fogadó és tároló fázisban válogatás és elkülönítés folyik. A hulladék általában nyitott tárolókba kerül, hogy a különböző ötvözeteket keverésével lehessen a végötvözetet előállítani. Az előkeverés nagy jelentőségű az olvadékkészítés idejének csökkentésében, illetve a felhasznált energia és a költséges előötvözet-felhasználás minimalizálásában. A réz és a rézötvözetek adagokban olvaszthatóak forgódobos, vagy indukciós kemencékben. A forgódobos kemencéket általában a szennyezettebb hulladékokhoz használják. A nem kívánatos alkotók elkülönítésére és a jó tulajdonságú salak képzésére folyósító adalékanyagokat is alkalmaznak, a salakot pedig, a fémtől elkülönítve csapolják. A fémkihozatal 70 - 97 % közötti, erősen függ a felhasznált nyersanyagtól [tm 106, Farell 1998].

A gázgyűjtő és -tisztító rendszereket a nyersanyagoknak és a jelenlévő szennyezőknek megfelelően választják meg. Indukciós kemence esetében az adagolás és a csapolás végrehajtása mozgatható gázgyűjtő rendszert feltételez. A kámzsák erős szerkezetűek, hogy bizonyos mechanikai behatásokat elviseljenek. Az indukciós kemencékből összegyűjtött gázt általában ciklonokban és ezután szövetzsák szűrőben tisztítják. Szerves szennyezők esetén egy utánégetőt és egy hőhasznosító rendszert lehet alkalmazni, illetve a kemence égőszabályozó rendszerének kell képesnek lennie a szennyezők elégetésére.

Amikor sárgarezeket, és bronzokat olvasztanak, cink gőzölög el a kemencéből, amit azonban a hőmérséklet jó szabályozása csökkenthet. Az elgőzölgött cink -oxid alakban - a távozó gázból általában szövetzsák szűrőben fogható fel. A cink-oxidot általában hasznosítják. Bizonyos fokú túzi raffinálást is végeznek, amelyből származó gázokat is figyelembe kell venni a gáztisztító rendszer tervezésénél.

A kemencében lévő olvadékból mintát vesznek analízisre, és a végső összetételi módosítást megteszik. Ezután a fémolvadékot fedett csatornán át egy öntőláncre szerelt formákba csapolják. A formákat általában ásványianyagot tartalmazó felületi adalékkal kezelik, hogy megakadályozzák a fém beragadását, miközben olajgőz keletkezik. Ezt össze lehet gyűjteni és elégetni. A lehűlt tömböket halmokba rendezik, összekötözik és raklapokon tárolják szabadon.

#### 3.1.6.1 Előötvözetek

Az adagot általában előre igazítják a gyártandó ötvözet összetételének megfelelően, de a fémolvadékot egy üstbe, vagy egy pihentető/öntő-kemencébe átcsapolva az összetételt be lehet állítani az öntés előtt. Erre a célra előötvözeteket, pl. CuP, CuNi, CuZnPb, CuBe, stb. Használhatnak. Ezeket az előötvözeteket a fentiekben leírtakhoz hasonló kemencékben állítják elő. Az előötvözetek gyártásából eredő gőz és szállópor fontos szempont a folyamat irányító, gázgyűjtő és gázkezelő rendszerének kialakításában. Szigorúbb működési és tisztítási rendszerekre van szükség amikor különösen veszélyes anyagokat - például beriliumot - használnak, vagy amikor reaktív anyagokat - például foszfort - adagolnak az ötvözésnél. Például, a foszforréz előötvözetet az alábbiak szerint készítik:

Két kemence (általában indukciós) van sorbakapcsolt üzemben. Az első kemencében megolvasszítják a rezet és átvezetik a másodikba, ahová olvadt foszfort juttatnak be lándzsán keresztül az ötvözet képzésére. A foszfor injektálás sebességét szabályozzák a foszfor-pentoxid gőz képződésének minimalizálására, különösképpen a végső szakaszban, amikor a



fém közeledik a telítettséghez (< 14% P). A foszforrezt ezután formákba öntik. Ha a foszfortartalom túl nagy, foszfor-pentoxid gőzök képződnek az ötvözet hülése közben is.

A foszfor-pentoxid rendkívül higroszkópos, és következképpen, a közönséges szövetsákos szűrés nem használható. Ugyanis a füst nedvességet kötne meg, ami által a zsákokat foszforsav lepné be. A hagyományos nedves gázmosás határfoka korlátozott, mivel a füst finom eloszlású ködöt képez és nem jól érintkezik a mosóközeggel. A gázáram foszforvegyület tartalmát nagy energiájú Venturi-mosók, vagy szálás szűrőlemezek segítségével lehet hatásosan csökkenteni. Elméletileg egy híg sav kapható a további feldolgozás céljára, de ez nehézkes a gyakorlatban.

### 3.1.7 Pácolás

A huzal, cső, szalag és néhány egyéb termékeket pácolják, amellyel a csomagolás előtt egy fényes felületi minőség kialakítása a cél, illetve a rézdrótok esetében el kell távolítani a felületi oxidréteget a dróthúzás előtt. Általában kénsavas oldatokat használnak, de néha előfordul híg kénsav és híg salétromsav keveréke is. Az utóbbi esetben, nagyobb salétromsav-koncentrációk mellett nitrózus gőzök is felszabadulhatnak.

#### 3.1.7.1 A rézrúd nem savas pácolása

Ez az eljárás egy zárt rendszerben működik. A rúd folyamatosan pácolható egy szakaszolt acélcsőből álló rendszerben, ahol egy 2,5 – 3,5 % iso-propanol alkohol (IPA) -víz oldatot alkalmaznak. A CuO reve réteg alkoholos konverziója fémes rézzé (amely részben a rúdon marad) Burns-eljárásként ismeretes [tm 117, Cu Expert group 1998]. A réz drótbuga gyártásnál általában visszajaratják az oldatot a pácoláshoz miután ülepitéssel, vagy szűréssel eltávolították a réz-izapot. Az IPA koncentrációt szükség szerint beállítják.

A pácolás után nagynyomású levegővel szárítják a rudat. Ezután viaszréteggel vonják be (4%-os viasz emulzió finom eloszlású felporlasztásával), amely megakadályozza a rúd felületi oxidációját. A feltekereselt rudat raklapokon tömörítik és kötözik, majd műanyag fóliával vonják be.

#### 3.1.7.2 Rézrúd és réz, illetve rézötvözet féltermékek savas pácolása

##### a) Réz drótbuga (durvahuzal)

A réz drótbuga (durvahuzal) savas pácolása egy szakaszolt vízszintes acélcsőben történik [tm 117, Cu Expert Group 1998]. Az első szakaszban a rudat híg kénsavval pácolják, ezt követi a felülethez tapadó sav lemosása vízsugárral, amelyet a nagynyomású levegővel történő szárítás és a viaszolás követ.

Másik módszer szerint, egy hosszú vízzel teli csőben történő részleges hűtést követően a rudat spirális alakra hajlítják a csőve átmérőjének megfelelően. Ezeket a spirálokat egy görgős asztalon széthúzzák és vízsugárral 20 °C-ra hűtik. Ezután egy saválló szállítószalag 20%-os kénsavval töltött pácoló tartályokba viszi a spirálokat. A savas pácoló rendszer a rúd felületéről az összes oxid tökéletes eltávolítását biztosítja. A hurkokat ezután öblítővízben mossák és végül egy viasz oldattal védik. A páclében oldott réz tartalom kinyerésére elektrolízist, vagy ioncserét alkalmazhatnak, illetve az oldatot egy elektrolitos raffináló üzem elektrolit-körébe tárolhatják hasznosításra.

##### b.) Réz és rézötvözet féltermékek

A lemezek és szalagok felületi pácolására általában (8 – 10 %-os) kénsavat használnak, de néhány különleges ötvözet esetében kénsav-salétromsav keverékeket is használnak folyamatos rendszerekben, illetve automatikus berendezésekben. Salétromsav gőzök

eltávolítására gáztisztítást alkalmaznak. A felületi minőség biztosítására a savat időszakosan cserélik.

A használt savat kezelésre és a fémtartalom kinyerésére külső, vagy belső kezelőtelepre továbbítják. A pácoló üzemeket szellőztetik a munkások védelmére. A termékeket öblítik, és az öblítővizet is kezelik. Az iszapokat visszajáratják amennyire lehetséges. A hengerelt termékek felületi zsírtalanítására vizes alapú mosószereket használnak. A szennyvizet ultraszűrővel tisztítják.

### 3.2 Jelenlegi kibocsátási és felhasználási szintek

A raffinált réz előállításával kapcsolatos fő környezetvédelmi problémák a lég- és vízszennyezés [tm 28, WRC 1993; tm 210, Copper Expert group 1999]. A termelőüzemeknek általában van saját hulladékvíz-kezelőjük, és a hulladékvíz-visszajáratás rendszere általában működik. A legtöbb potenciális hulladékot újrahasznosítják.

Néhány helyi hatás, mint például a zaj, jellemzi az ipart. Néhány szilárd és folyékony hulladékanyag keletkezése miatt jelentős a talajszennyezés veszélye, ha az ilyen anyagok nem megfelelő módon vannak tárolva és kezelve.

Az gázokkal történő szennyezőkibocsátás igen jelentős lehet. Egy nagy rézműben végzett mérések szerint, az illanó kibocsátás még a szekunder gázgyűjtő rendszer fejlesztése után is jelentős maradt [tm 161, Petersen 1999].

	Szállópor kibocsátás, kg/a	
	Szekunder gázgyűjtés előtt (1992)	Szekunder gázgyűjtéssel (1996)*
Anód termelés, t/a	220000	325000
Veszteség az illanó füstgázzal		
Teljes olvasztómű	66490	32200
Olvasztócsarnok tetején	56160	17020
Perimér kohó kéményén távozó por		
Olvasztó/kénsavgyár	7990	7600
Kémény - szekunder gyűjtőkámzsa	2547	2116
*10 millió EURO értékű beruházás az illanó gáz jobb gyűjtésére és tisztítására		

### 3.6 táblázat Egy primér rézkohó illó és tisztítás utáni porkibocsátása [tm 161, Petersen]

#### 3.2.1 Energiafelhasználás a réztermelésben

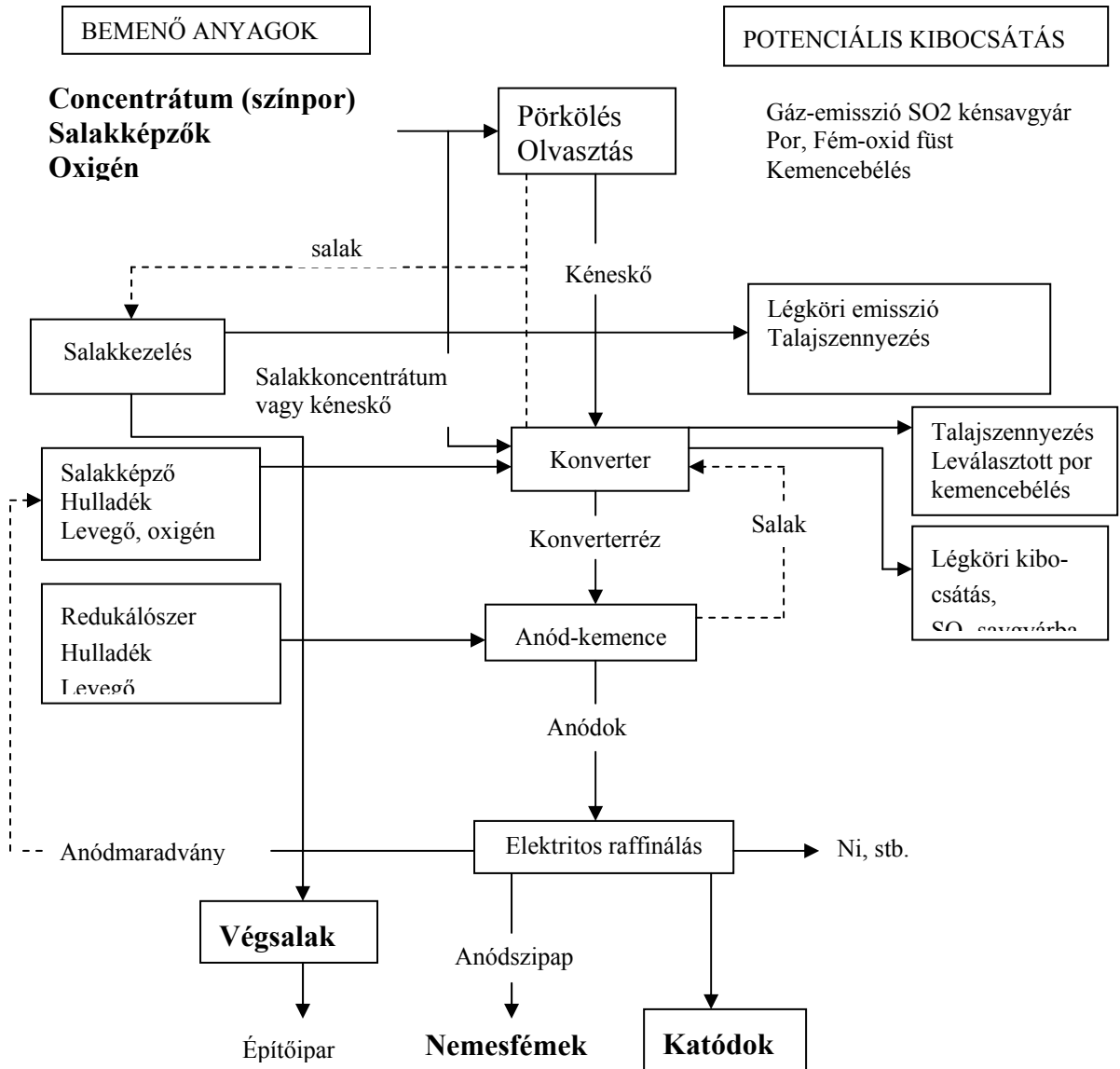
A réz előállítása a legtöbb fázisában jelentős energiát igényel, melyek között az elektritos raffinálás a legkiemelkedőbb [tm 26, PARCOM 1996]. Számos rézkoncentrátumból kiinduló eljárás (netto) energiaigénye a 14 - 20 GJ/t-katódréz tartományban van [tm 210, Cu Expert Group 1999]. A pontos érték főleg a koncentrátum összetételétől (S, és Fe tartalom), valamint az olvasztó berendezéstől, az oxigéndúsítástól, és a folyamat hőtermelésének hasznosításától függ. A csupán az olvasztóberendezés típusára vonatkozó összehasonlító adatok ezért pontatlanok. A koncentrátum energiatartalmának jó kihasználása döntő fontosságú, és a hőtechnikailag önfenntartó eljárások energiafogyasztása alacsonyabb.

A réz elektrolitos raffinálásának energiafogyasztása 300-400 kWh/t [tm 137, Cu Expert Group 1998]. Az elektrolízis hatékonyságát elsősorban az alaplemez fajtája (saválló acél, vagy réz) határozza meg [tm 92, Cu Expert Group 1998], amit általában a 92 - 97 %-os áramhatásfok tartomány jellemez.

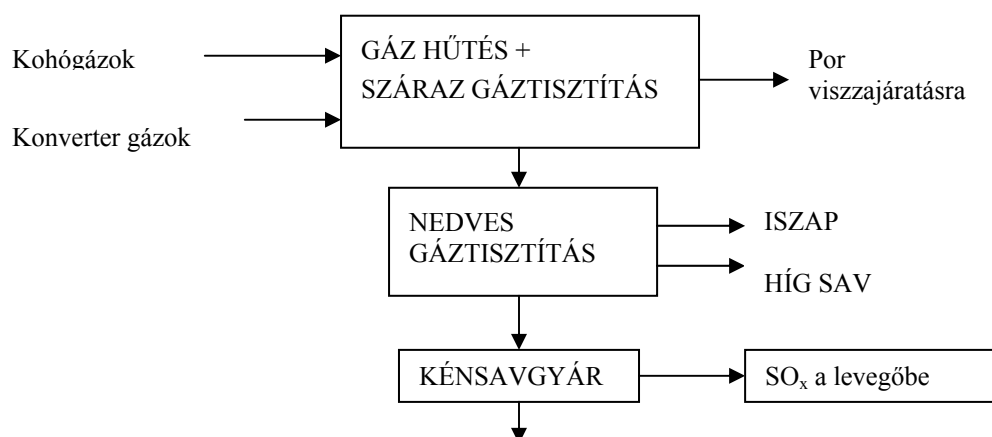
### **3.2.2 Kibocsátási és fogyasztási adatok**

#### **3.2.2.1 A Primer rézelőállítás mérlege**

A primér kohóba onnan kikerülő kerülő anyagok mennyiségei függenek a felhasznált koncentrátum réztartalmától, egyéb fémtartalmától (As, Se, Hg, Ag, Au, stb.) és folyamat különböző lépéseiben felhasznált rézhulladék, illetve réztartalmú másodnyersanyag felhasználásától.



3.8 ábra A primér réz-előállítás átfogó anyagfolyama



**3.9 ábra** Az olvasztás és a kén sav, Oleum, folyékony SO<sub>2</sub> se

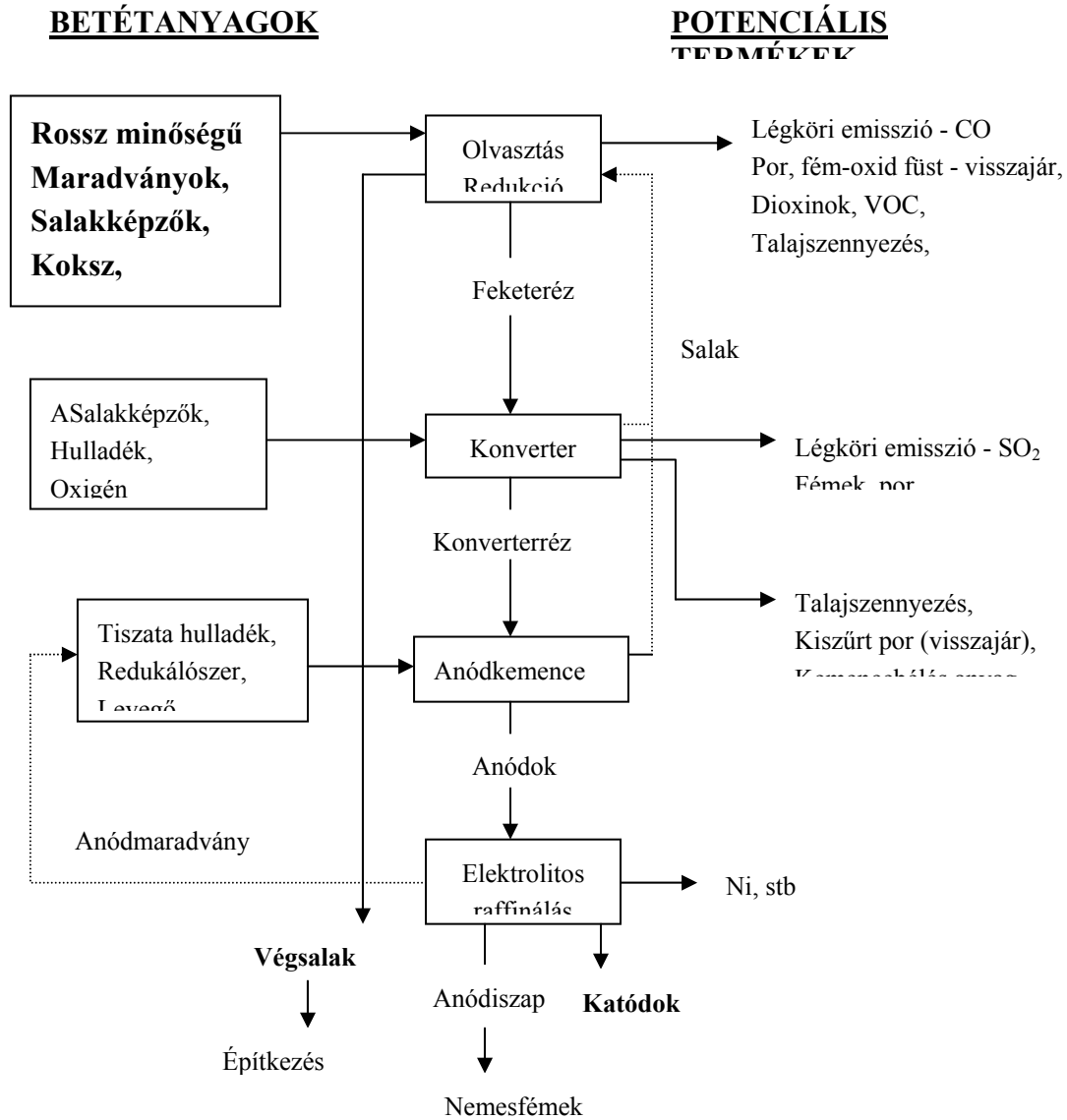
Az egyes kohóüzemek anyagforgalmát nehéz összehasonlítani, mert a primer technológiák gyakran kapcsolódnak szekundér olvasztókapacitásokkal, vagy cink- és ólom-oxid porok kinyerésével. Az input és az output adatok a koncentráció és más nyersanyagok réztartalmától erősen függenek. A teljes folyamat során a rézkinyerés hatásfoka meghaladja a 96 %-ot.

Betétanyagok	Mennyiség, t/a	Termékek	Mennyiség t/a
Rézkoncentrátum	690000	Réz katód	370000
Réz hulladék	95000	Réz sók	6500
Elektronikai hulladék	1200	Nikkel-szulfát	1800
Idegen közép termékek	86000	Nemesfémek	150
		Raffinált ólom	9000
		Kénsav	660000
		Salakok	410000

**3.7 táblázat** Példa egy primér rézkohó/réztisztító input és output adataira [tm 124, DFIU Cu 1999]

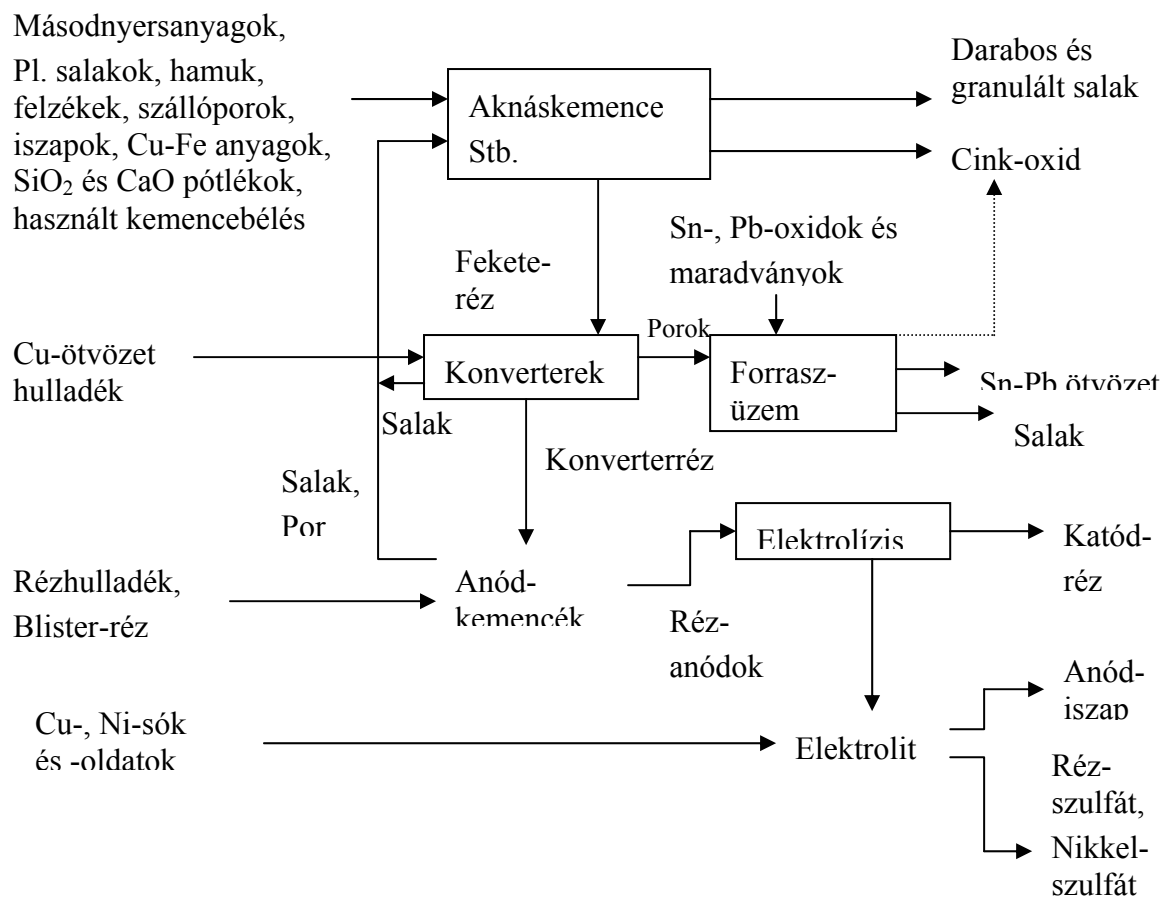
### 3.2.2.2 A szekunder réztermelés betétanyagai és termékei

Szekunder nyersanyagot a gyártási folyamat több fokozatába is lehet beadni, a tisztaságtól, az egyéb fémtartalomtól és a felületi szennyezettségtől függően. A szerves szennyezettség mértéke befolyásolja a potenciális emissziót, és a folyamat számos helyén utánégetőket alkalmaznak a szerves alkotók, pl. dioxinok, roncsolására.



3.10 ábra A szekundér rézelőállítás átfogó anyagfolyama

A szinesfémtermelők sokféle maradványt használnak fel nyersanyagként. A következőábra bemutatja, hogy a másodnyersanyagokból történő réz és egyéb fém-kinyerés milyen összetett és integrált eljárás lehet. Az adott esetre vonatkozóan a kísérő táblázat mutatja az anyagmérleg tételeit is.



3.11 ábra Egy ón/ólom visszanyeréssel kombinált szekunder réztermelő üzem anyagfolyam diagramja [tm124, DFIU Cu 1999]

Bemenő anyag	Mennyiség, t/a	Kijövő anyag	Mennyiség, t/a
Réz hulladék*	130000	Katódréz	176000
Blister réz	20000	Réz-szulfát	2200
Rézötvozet hulladék	35000	Nikkel-szulfát	2400
Másodnyersanyagok**	40000	Cink-oxid	9000
Cu-Fe anyag	25000	Pb-Sn ötvözet	3700
Mészke	13000	Anódiszap	1000
Kvarc	11000	Salak	80000
Koksz	25000		
Szén	15000		
Tüzelőolaj	11000		

\* Elektronikai hulladékkal együtt

\*\* Külső eredtű maradványanyagok (pl. salakok, porok, hamuk, iszapok, seperékek, stb.)

3.8 táblázat A fenti szekunder rézgyártó eljárás anyagmérlege [tm 124, DFIU Cu 1999]

### 3.2.2.3 Légekőri kibocsátás

Szállópor, fémek vegyületei, szerves vegyületek (amelyek dioxinok képződésére vezethetnek) és kén-dioxid kibocsátása léphet fel [tm 124, DIU Cu 1999]. A légekőri kibocsátás potenciális forrásai a következő táblázatban szerepelnek.

Forrás	Por és fémek vegyületei	Dioxinok	Szerves karbon	Kénvegyületek
Anyagok kezelése	**			
Tárolás	*			
Szárítás	***		*	*
Hulladékkezelés	**	***(szekunder)	***(szekunder)	
Olvasztás	***	***(szekunder)	***(szekunder)	***(kinyerve)
Konverterezés	**	*(szekunder)	*(szekunder)	***(kinyerve)
Raffinálás	**	*(szekunder)	*(szekunder)	*
Beolvasztás/öntés	*(**ötv.)		*(szek.) + CO	
Üstszállítás	***			*
Elektrolízis				
Salakkezelés	**		*CO	

Megj.: \*\*\* jelentős.....\*kevésbé jelentős

### 3.9 táblázat A rézgyártásból eredő potenciális légekőri szennyezések jelentősége

A nitrogén-oxidok viszonylag jelentéktelenek [tm 24, DFIU 1996], de megköthetőek a primér eljárásból származó kénsavban. Az oxigéndúsítás alkalmazása néha lecsökkentheti a nitrogén-oxidok termikus képződését. Ez attól függ, hogy hogy adagolják az oxigént. Néha megnövekszik az nitrogén -oxidok koncentrációja a hőmérséklet emelkedés miatt, noha a gáztérfogat és a teljes mennyiség kevesebb. Alacsony-NO<sub>x</sub> égők is használhatóak. Dioxinok képződhetnek az égési zónában és a füstgázkivezetés és hűlő részében (de noho szintézis). A légekőri kibocsátás lehet kéményen keresztül és illanó formában, a használt gáztisztító rendszertől és a karbantartási színvonalától is. A kéményen történő kibocsátást folyamatosan vagy szakaszosan figyelik és üzemi vagy külső szakemberek jelzik az érintett hatóságok felé.

#### 3.2.2.3.1 Szén-monoxid

A fenti kibocsátások mellett jelentős koncentrációban termelhetnek szén-monoxidot is azok a kemencék amelyekben redukáló atmoszférát kell tartani. Ez a helyzet főleg a jó minőségű rezes olvasztó aknás kemencékben, amelyek alakos vagy durvahuzal öntési technológiához kapcsolódnak, mivel ezen termékekben szabályozni kell az oxigénszintet a jó vezetőképesség érdekében. A redukáló körülmények mellett jellemzően 5000 mg/Nm<sup>3</sup> koncentrációt érhet el a szén-monoxid. Az alkalmazott égésszabályozó rendszerek is csökkenthetik a CO-t és állandósíthatják a termék minőségét. Szén-monoxid jelző-riasztórendszerek is alkalmazhatóak. A durvahuzal- vagy késztermékgyártásban használt aknáskemencék CO termelése 2000-11000 g/t Cu [tm 117, Cu Expert Group 1998]. Ha szerves bevonatú hulladékot dolgoznak fel, a szénhidrogéneken eltávolítására néhány helyen utánégetést is



alkalmaznak. Ugyanakkor a szén-monoxid mennyisége is csökken kb. 45 g/t Cu értékre [tm 124, Cu Expert Group 1999].

A földfelszíni Co koncentráció számítható és így a helyi levegőminőségre gyakorolt hatás is meghatározható, ami alapján a további gáztisztítási igény helyileg mérhető fel. A CO eltávolítása az aknaskemence-gázok égetésével az ilyen alacsony koncentrációk mellett pótlólagos tüzelőanyagot igényelne, emiatt pedig a CO<sub>2</sub> kibocsátás növekedne erősen. Az utánégetéssel a CO koncentrációt jellemzően 10 -200 mg/Nm<sup>3</sup> tartományba lehet lecsökkenteni. Van példa arra is amikor az aknaskemence tetején a reakciózóna felett vezetnek be oxigént az utánégető zónát a kemencében hozva létre. Ez a beavatkozás szerves vegyületeket, mint például dioxint, is ronszol. A salakkezelésre és redukcióra használt elektromoskemencéket általában utánégetővel üzemeltetik, amely vagy a kemencetestben, vagy egy külön reakciókamrában van.

### 3.2.2.3.2 Szállópor és fémek vegyületei

Ilyen jellegű szennyezőkibocsátás az eljárás legtöbb lépésénél előfordulhat. Az olvasztási, konverterezési és a raffináló lépésekből származó közvetlen vagy illó porkibocsátás lehetősége magas. Azért is jelentős a gázemisszió, mert ezekben a lépésekben távolítanak el olyan illanó fémeket, mint Zn, Pb, As, Cd a rézből, így ezek a fémek jelen vannak a gázban és a szállóporban.

A primér kohók általában hatékonyan elkerülik a porkibocsátást és az illanó gázzszennyeződést. Ezek színporégőket vagy adagolóálandzsákat alkalmaznak, amelyek jól elszigetelhető berendezésekben vannak beépítve. A kemencéket és a füstjáratokat gondosan karbantartják, hogy csökkentsék az elillant veszteségeket és az összegyűjtött gázokat tisztító-rendszerekben kezelik a kén kinyerése előtt.

A szekunder olvasztóművek hajlamosabbak az illó kibocsátásokra az adagolás és csapolás során. Ezeknek a kemencéknek nagy adagolóajtóik vannak, amelyek görbülsége és rossz zárása fontos tényező. Az összegyűjtött gázokat általában hűtik és elektrosztatikus leválasztókban vagy zsákszűrőkben távolítják el a port. A szűrés határfoka általában jó, így a kezelt gáz portartalma < 1-10 mg/Nm<sup>3</sup> [tm210, Copper Expert Group 1999; tm 160, Winter Cu 1999].

A szakaszos üzemmenet miatt a konverterezés és a raffinálás nem lehet olyan jól zárt mint az olvasztás lépése. A kéneskő, salak és olvadt fém adagolása vagy szállítása az illanó gőz fontos potenciális forrása. Fontos tényező az üstszállító berendezések kialakítása is. Az illó kibocsátások csökkentésére különböző másodlagos gyűjtőrendszereket alkalmaznak sikeresen. A salakképző és egyéb pótlékanyagoknak a gyűjtőkámzsán keresztüli adagolása csökkentheti a szabad kibocsátás időszakait. A nagyobb réztartalmú kéneskő gyártása csökkenti az üst-átöntések számát, így a csökkenti a kigőzölgés lehetőségét is. Az illó, vagy össze nem gyűjtött gőzök csökkentése a hatékony primér, és sok esetben szekundér gázgyűjtő rendszerek kérdése.

A durvahuzal (drótbuga), félkésztermék, stb. Gyártásánál alkalmazott beolvasztási és öntési lépések szintén fontos por- és fémkibocsátási források. A sárgarézt ötvözetek gyártása jelentős kigőzölgést (ZnO) okoz az öntésnél, ami füstgázgyűjtést tesz szükségessé. Általában hatékony gyűjtést és szövetiszűrős kezelést használnak [tm 117, Cu Expert Group 1998].

A veszteségi fémkibocsátás nagy mértékben függ az eljárásnál képződő szállópor összetételétől. Az összetétel széles határok között változik és befolyásolja a) a porképződéssel járó folyamat és b) a feldolgozott nyersanyagok minősége. Például a hulladék- vagy a kéneskőfeldolgozó konverterek által kibocsátott szállópor összetétele teljesen eltérő. A következő táblázat számos rézmetallurgiai eljárás szállóporának fémtartalmát szemlélteti.

Alkotó	Kénescsőlv. kemence	Aknás-kemence	Hulladék-konverter	Kénescső-konverter	Elektromos salakkezelés	Anód-kemence
Pb%	0,1-5	5-40	5-30	2-25	2-15	2-20
Zn%	0,1-10	20-60	25-70	5-70	25-60	5-40
Sn%	0,1-1	0,2-5	1-20	0,1-4		
Cu%	5-30	2-12	2-15	10-25	0,5-2,5	15-25
As%	0,1-4					0,5-10
Ni%	0,1-1	0,1-1		0,1-1		

**3.10 táblázat A rézgyártás folyamatainál képződő szállópor fő alkotói**

### 3.2.2.3.3 Szerves vegyületek

Ilyen emisszió léphet fel a primér kohósítás során a szárításnál. Attól függően, hogy milyen anyagokat használtak az ércdúsításnál és milyen tüzelőanyagot a szárításnál. A szekunder metallurgia során a legjelentősebb források a hulladékkezelés,- olvasztás és raffinálás lépései. A szekunder konvertérezés is okozhat ilyen emissziót, ha szerves anyaggal szennyezett hulladékot adnak a konverterbe és nem tökéletes az elégetés, különösen az illó kibocsátás lehet a jellemző. A réz durvahuzal és félkésztermék gyártásnál felléphet illó szervesanyag kibocsátás, ha olajos az adagolt anyag és a kibocsátás mértéke 5-100g/t Cu lehet. Az illó szerves kibocsátás jellemezheti az oldószeres zsírtalanítást vagy az olsószeres extrakciót is.

### 3.2.2.3.4 Dioxinok

A kibocsátott szerves vegyületek dioxinokat is tartalmaznak, amelyek az adagolt anyag olaj és műanyag tartalmának tökéletlen égéséből, illetve, ha a gázokat nem eléggé gyorsan hűtik, de-novo szintézisből származhatnak. Ez ellen alkalmazható a szerves anyagokat eltávolító hulladékkezelés, de gyakoribb a keletkező gázok az utánégetése és az azt követő gyors hűtés. Ha nem lehetséges a kemencéből távozó gázokat egy utánégetőben kezelni, oxidálhatóak az olvasztási zóna fölé adagolt oxigénnel.

A Műszaki Munkacsoport jelentése szerint, a primér olvasztás és konvertérezés magas hőmérsékletei elroncsolják a szerves alkotókat, és a kén-dioxid jelenléte megakadályozza a dioxinok de-novo szintézisét. A szerves anyagokkal szennyezett hulladék a félgyártmány termelés során is potenciális forrása a dioxinoknak.

### 3.2.2.3.5 Kén-dioxid

A kén-dioxid legjelentősebb forrásai a szulfidos alapanyagot feldolgozó primér rézelőállítás pörkölési, olvasztási és konvertérezési szakaszai [tm 24, DFIU 1991]. Az illó emisszió gyakori, de több módon is összegyűjthető [tm 124, DFIU Cu 1999]. Felléphet még kén-dioxid emisszió a dúsítmány szárításakor is (főleg a tüzelőanyag kéntartalmából), valamint a primér nyersanyagfeldolgozás tűzi raffinálási lépéseinél, ahol a blister réz 0,03 - 0,1 % oldott kenet tartalmaz. Ebben az esetben nagyon alacsony a koncentrációja a gázban, és így csak egyszerű gázmosást alkalmaznak.

Ha a nyersanyag specialitása miatt nem alkalmaznak részleges pörkölést és kénescsőre olvasztást külön berendezésekben, a rézkoncentrátumok pörkölését az olvasztással egy lépésben hajtják végre. A teljesen szigetelt olvasztó kemencék használata lehetővé teszi a kén-dioxid tökéletes gyűjtését. Az EU összes kohójában oxigéndúsítást alkalmaznak, amivel nagy kén-dioxid koncentrációt biztosít. Ez lehetővé teszi a távozó gáz térfogatának a csökkentését, a hatékony kén-dioxid kinyerést és a gázkezelő berendezés - beleértve a kénsavgyár - méreteinek a csökkentését. Nagyon erős oxigéndúsítás megnövelheti a kénsavgyárba kerülő

gáz kén-trioxid koncentrációját. Ez a növelt kén-trioxid koncentráció elnyelődik a gázmosóban és növeli a kezelendő híg sav mennyiségét. A gáz konverziójára kontakt kénsavgyárat használnak. 4-5 fokozatú. Néhány esetben csak egy fokozatú kontakt üzemek alkalmaznak, ha alacsony (< 6 %) a kén-dioxid tartalom, egyébként két fokozatú üzemeket használnak még [tm 92, Copper Expert Group 1998]. Ha szükséges a gáz kéndioxid tartalmának egy részét folyékony kéndioxidra is feldolgozhatják. A kéneskő konverterezése is jelentős kéndioxid koncentrációt okoz. Két potenciális nehézség áll fenn a szakaszos (Peirce-Smith típusú) konverterek alkalmazásakor. Első nehézség a nem tökéletes gázgyűjtés, melyre a szállópor kapcsán tett megállapítások érvényesek. Második nehézség a kéndioxid koncentráció változása a konverterezés fázisai szerint, ami a kéndioxid eltávolító tendszerekben okozhat zavart hacsak nem ennek megfelelően vannak tervezve. Ezért a konverter gázokat keverik a primér olvasztás állandóbb összetételű koncentrált gázaival, hogy a kénsavgyár hőegyensúlya fennmaradjon. Több konverter eltolt fázisú üzemeltetése a gázok keverésével szintén csökkenti a káros jelenséget.

A folyamatos eljárások, mint például a Mitsubishi, vagy a Kennecott-Outokunpu röptében olvasztó/ konvertező eljárások nagy és állandó kén-dioxid koncentrációt biztosítanak és így szükség üstben szállításra [tm 67, Kennecott 1997; tm 73, Mitsubishi 1993]. A keletkező gáztérfogatok a következőképpen kisebbek. A kontakt üzemben az  $\text{SO}_2/\text{O}_2$  arányt be kell állítani és a  $\text{SO}_2$  koncentrációt a maximális megengedhető értékre kell hígítani.

A hőhasznosítás és az elektrosztatikus porleválasztás után az olvasztási gázok kén-dioxidját kén-trioxiddá ( $\text{SO}_3$ ) alakítják. Az európai rézipar kénsavgyárainak konverziós hatásfoka 99.5 - 99,8 % [tm 92, Copper Expert Group 1998. Egy nagyon kis mennyiségű  $\text{SO}_3$  nem nyelődik el és a maradék  $\text{SO}_2$ -vel távozik [tm 124, DFIU Cu 1999]. Az emisszó megnövekedhet indítás és leállítás időszakában. Ennek a helyi hataását magasabb kéményekkel igyekeznek csökkenteni.

A tüzelőanyag és a nyersanyagok kéntartalma miatt a szekunder olvasztó lépésekből származó gázok is tartalmazhatnak kén-dioxidot. Többnyire gázmosókkal távolítják el az  $\text{SO}_2$ -t, de van példa amikor a gázokat egy primér rézkohó kénsav gyárába vezetik.

### 3.2.2.3.6 Nitrogén-oxidok

A réz előállítás általában nagy hőmérsékleteket alkalmaznak, de oxigént is. Ez lecsökkenti a lángban a nitrogén parciális nyomását és lecsökkenti a nitrogén-oxid képződését, feltéve, hogy nincs jelen a nitrogén nagy mennyiségekben a forró területekben. A szekunder réz előállítás nitrogén oxid emissziójának jellemző szintje 50-500 mg/Nm<sup>3</sup> a kemencétől és a művelettől függően.

A primér eljárásokból származó nitrogén oxidokat elsősorban a termelt kénsav köti meg. Ezért ilyenkor nem jelentenek fontos környezetvédelmi kérdéseket.

### 3.2.2.3.7 A légköri emisszók összefoglalása

Eljárás	Por, g/t	$\text{SO}_2$ , g/t	CO, g/t	Pb, g/t	As, g/t
Primer Cu	160-1000	6600-16000	30-250	7-35	3-20
Szekunder Cu	100-1000	500-3000	8-100	10-60	0.5-5
Félkésztermék			1-3,5	0,1-1	0,01-0,2
Durvahuzal	20-500	10-50	12-260		

**3.11 táblázat** Néhány primér és szekundér eljárás fajlagos légköri emissziói [tm 124, DFIU Cu 1999; UK Chemical Release Inventory 1998; tm 160, Winter Cu 1999]

Berendezés		Por, mg/Nm <sup>3</sup>	CO, mg/Nm <sup>3</sup>	Szerves, mg/Nm <sup>3</sup>
Ollvasztómű	Elektromos kemence	< 10		< 20
	Forgódobos kemence	< 10		< 50
	Aknáskemence (ASARCO)	< 10	< 100*	< 20
Hengerde				< 50
Felületi megmunkálás		< 10		

Megj.: Csak összegyűjtött kibocsátás. \*Utánégetővel, a nyersanyag típusától függően.

**3.12 táblázat** A féltermékgyártásnál elérhető kibocsátási szintek [tm 124, DFIU Cu 1999]

Berendezés		Por, g/t	CO, g/t	Szerves, g/t	PCDD/F, µg/t
Ollvasztómű	Elektromos kemence	< 70		< 80	< 5
	Forgódobos kemence	< 50		< 11	< 10
	Aknáskemence (ASARCO)	< 12			<10
	Utánégető nélkül		<10000		
	Utánégetővel		< 45	< 9	
Hengerde				< 100	
Felületi megmunkálás		< 20			

Megj.: Csak összegyűjtött kibocsátás. \*Utánégetővel, a nyersanyag típusától függően.

**3.13 táblázat** A féltermékgyártás fajlagos kibocsátása [tm 124, DFIU Cu 1999]

### 3.2.2.4 Vízszennyezés

A pirometallurgiai eljárások jelentős mennyiségű hűtővizet használnak fel. (A hűtőrendszerek a 2. fejezetben és egyéb BREF dokumentumokban szerepelnek.) Az egyéb eredetű ipari szennyvizek az alábbi táblázat szerint forrásokból eredhetnek. Az emittált szennyezők lehetnek szuszpendált szilárd, fémek vegyületei és olajok. Az összes szennyvizet kezelik az oldott fémek és szuszpendált szilárd anyagok eltávolítására. Számos helyen a hűtővizet és a kezelt szennyvizet (beleértve az esővizet is) visszajaratják a folyamaton belül [tm 210, Copper Expert Group 1999].

Forrás	Szuszpendált szilárd	Fémek vegyülete	Olaj
Felszíni elvezetés	***	**	***
Közvetlen hűtés vize	***	***	*
Közvetett hűtés vize	*	*	
Granuláló víz	***	**	
Kioldás (ha nem zárt rendszerű)	***	***	*
Pácolás	**	***	***

Forrás	Szuszpendált szilárd	Fémek vegyülete	Olaj
Elektrolízis (ha nem zárt rendszerű)		***	
Gázmosó rendszerek	***	***	

Megj.: \*\*\* jelentősebb.....\* kevésbé jelentős

Nyílt rendszerű kioldást és elektrolízist nem működtetnek az EU-ban

### 3.14 táblázat A rézgyártási eljárások potenciális hulladékvíz forrásainak jelentősége

#### 3.2.2.4.1 Szuszpendált szilárd anyagok és fémek vegyületei

Ezek a szennyezések a folyamat számos pontján keletkezhetnek. A legjelentősebb szennyezést általában a pácolás képezi. A nyersanyagkezelés és tárolás területéről származó emisszióra alkalmazható technikákat a 2. fejezet tárgyalja.) A felszíni szennyvizek eredhetnek akár esővízből, vagy a tárolt anyagok pormentesítő nedvesítéséből. A szuszpendált szilárd anyagoknak és a fémek vegyületeinek lehetséges forrása a hűtő granuláló és a kioldó rendszerek. Ezek a rendszerek általában vagy zártak és teljes a visszajáratás, vagy közvetett az érintkeztetés.

Mosóvizek, használt elektrolit és végoldatok is képződnek az elektrolízis üzemekben, pácolósorokon és a gázmosókban. Ezek a kibocsátott oldatok jelentős mennyiségű fémvegyületet tartalmazhatnak oldva, és ezeket a zárt hűtő- és a granuláló rendszerekből származó kivezetett szennyvizekkel együtt kezelik mielőtt kiengednék [tm 28, WRC 1993]. A rendszer meghibásodásakor elfolyások léphetnek fel és ezért figyelőrendszerre van szükség a csőrendszer és a tartályok mellett, különösen amikor ezek az üzemek kívül esnek, illetve amikor nincs kiépítve a gyűjtőrendszer a területen.

	Mennyiség, m <sup>3</sup> /a	Fő komponensek, mg/dm <sup>3</sup>					
		Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Eljárásból	72000	0,01-0,2	0,001-0,04	0,01-0,1	0,004-0,15	0,0001-0,1	0,01-0,2
Felszíni elvezetés	322000	0,01-0,4	0,005-0,2	0,003-0,07	0,002-0,4	0,0002-0,1	0,03-0,4
Közvetlen hűtésből	11300000	0,01-0,25	0,001-0,1	0,001-0,1	0,002-0,06	0,0001-0,003	0,02-0,5
Hűtés (össz.)	82000000						

Megj.: Az adatok egy tengerhez közeli folyóparti, 370000 t katódréz/év kapacitású kombinált primér/szekunder rézkohó/finomító üzemre vonatkoznak.

### 3.15 táblázat Példa a különböző szennyvizekben kezelés után előforduló fémkoncentrációkra [tm 124, DFIU Cu 1999]

Alkotó	Mennyiség, kg/a
Cu	11

Alkotó	Mennyiség, kg/a
Ni	3
Zn	25
Pb	1
Cr	1
As	0,01
Cd	0,01
Hg	0,01
Sn	1

Megj.: kifolyó mennyiség: 35000 m<sup>3</sup>/a

### 3.16 táblázat Réz félkésztermékeket gyártó üzem éves fémkibocsátása szennyvizekkel [tm 124, DFIU Cu 1999]

mindegyik eljárásban képződnek iszapok, amelyeket általában szabályozott formában letárolnak, illetve bizonyos esetekben visszajáratják a kohóműbe a fémtartalom hasznosítására.

#### 3.2.2.4.2 *Olaj*

A másodnyersanyagok tartalmazhatnak olajat, ami kimosódhat a tároló területekről. A rudak és egyéb profilok gyártásánál használt húzó és bevonó technológiák alkalmaznak viaszokat és olajokat, . Ezek jelenlétét figyelembe kell venni a vízszennyezés megakadályozása érdekében.

#### 3.2.2.5 Melléktermékek, technológiai maradványok és hulladékok

A réztermelés során képződő néhány köztes termék szerepelhet a Veszélyes Hulladékok Listáján (Council Decision 94/904/EEC) (2.10.1 fejezet). Azonban a legtöbb ilyen anyag kinyerhető mennyiségben tartalmaz rézet és más színesfémeket, ezért saját jogukon alkalmazhatóak nyersanyagként. Például a kassziterites ércből történő ónkinyerés salakja a tantál és nióbbium fémek legfontosabb forrása. A több ponton képződő szállóporok mindegyike felhasználható az olvasztási eljárásokban. Gondos kezeléssel igyekeznek a porzást csökkenteni és a feldolgozás igényeinek megfelelően előkészíteni. Néhány kemencebélést is lehet újrahasznosítani, például csapolólyuk anyagként vagy akár az eljárások anyagai között, elsalakítható módon, egyéb esetben le kell tárolni.

Forrás	Melléktermék	Felhasználás
Gáztisztító rendszerek	Szűrőporok Higany-vegyületek Kimerült katalizátorok és savak, Kénsavas iszapok Gyenge sav	Cu-, Pb-, Zn és egyéb fém nyersanyaga (olvasztáshoz visszajáratva) Hg-nyersanyag Vegyipar Semlegesítés Egyéb felhasználás (pl. fémkioldás, SO <sub>2</sub> bontás)
Olvasztómű	Salak	Salakkezelő kemencéhez, vagy más elválasztáshoz - belső visszajáratás Visszajáratás, vagy deponálás
Konverter	Salak	Olvasztáshoz - belső visszajáratás

Salakkezelő kemence	Salak	Csiszolóanyag, építőanyag
Raffináló (anód-) kemence	Salak	Olvasztáshoz - belső visszajáratás
Elektrolízis üzem	Kivezetett elektrolit Anódmaradvány Anódiszap	Ni-sók, Cu visszanyerés, sav-visszanyerés, vagy egyéb felhasználás Belső visszajáratás: konverterhez (hűtőanyag), vagy anódkemence Nemesfémkinyerés
Beolvasztás /olvasztás	Felzések és salak	Fémkinyeréshez nyersanyag
Általános	Olajok	Olaj-visszanyerés
Hidrometallurgia	Elhasznált elektrolit	Kioldás
Féltermékgyártás	Savas páclevek és öblítőoldatok	Hulladékként tárolás, ha kevés a szinesfém-tartalom, vagy kinyerés.
Rúdgyártás	Savas páclevek	Visszanyerés külön elektrolitos cellában

### 3.17 táblázat A rézgyártás közti-, melléktermékei és maradványai

A deponálásra kerülő hulladékanyagok mennyiségét minimalizálják. Ilyen anyag elsősorban a kénsavgyárak savas iszapjai, amelyeket kezelés után küldenek letárolásra, továbbá a kemence béléanyagok, amelyek egy része nem jártható vissza a folyamaton belül. Meddő anyag képződik ha az olvasztási, vagy a konverterezési salakokat flotálják. Ezeket az anyagokat az üzem, illetve a közeli bány területén tárolhatják le. A fenti táblázat a technológiai maradványok potenciális felhasználásait mutatja. A maradványok nagy része egyéb fémek előállításához nyersanyagként, vagy a rézgyártási folyamaton belül kerül visszajáratásra [tm 210, Copper Expert Group 1999]. A következő táblázatok példákat adnak a primér/szekunder eljárások során keletkező közti-, melléktermékek és maradványok mennyiségeire.

Művelet	Mellék-termék	Mennyiség, t/a	Felhasználási/kezelési lehetőség
<b>Primér rézmű:</b> Éves katódrez termelés: - primér Cu 220000 t/a			
Röptében olvasztás	Szállópor	100000	Belső visszajáratás a röptében olvasztásnál
	Salak	400000	Elektromos salakkezelő kemence
Elektromos kemence	Szállópor	400	Külső felhasználás Zn/Pb kinyerésnél
	Salak	400000	Külső felhasználás építőanyagként
Rézkonverter	Szállópor	4000	Belső visszajáratás röptében olvasztáshoz, vagy elektromos kemencéhez
	Salak	150000	Belső visszajáratás a röptében olvasztásnál
Raffináló anódkemence	Szállópor	200	Belső visszajáratás a röptében olvasztásnál
	Salak	20000	Belső visszajáratás a rézkonverterezéshez
Kénsavgyár	kénsav	656000	Melléktermék eladásra
<b>Szekunder rézmű:</b> Éves katódrez termelés: - szekunder Cu 150000 t/a			
Elektromos kemence	Szállópor	10000	Melléktermék eladásra, Zn kinyerésre
	Salak	40000	Külső felhasználás építőanyagként

Konverter	Szállópor	400	Belső visszajáratás elektromos kemencéhez
	Salak	10000	Belső visszajáratás elektromos kemencéhez
Contimelt eljárás	Szállópor	1000	Belső visszajáratás röptében olvasztáshoz, vagy elektromos kemencéhez
	Salak	2000	Belső visszajáratás a rézkonverterezéshez
Hulladék konverter/TLA	Szállópor	1000	Továbbfeldolgozás TLA technológiával
	Salak	2000	Belső visszajáratás elektromos kemencéhez
<b>Egyebek</b>			
Elektrolízis	Anódiszap (nedves)	3000	Belső visszajáratás a vegyi üzembe a nemesfémek és az Se, Te, Pb kinyerésére
	Végoldat	35000m <sup>3</sup>	Belső visszajáratás a vegyi üzembe nikkelszulfát, As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> kinyerésére
Technológiai hulladékvíz-kezelő	Iszap (nedves)	1500	Veszélyes hulladék lerakás
Általános	hulladék	400	

**3.18 tábla Példa egy komplex primér és szekundér rézkohászati üzem maradványainak mennyiségére**

Művelet	Melléktermék	Mennyiség, t/a	Felhasználási/kezelési lehetőség
Aknáskemence	Salak	30000-35000	Építőanyagként eladás
	Oxidok utánégetőből, boilerből és gázhűtőből	700-800	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Filter oxid	1000-1300	Külső felhasználás Zn, Pb stb. kinyerésére
Konverter	Salak	17000-19000	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Oxidok utánégetőből	250-300	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Oxidok gázhűtőből	100	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Maradványok	300	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Filter oxid	3500-3700	Külső felhasználás Zn, Pb stb. kinyerésére
Raffináló (anód-) kemence	Anódréz maradvány	7000-8000	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Filter oxid	150	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
	Maradványok	200	Belső visszajáratás az aknáskemencébe
Elektrolízis	Anódiszap	360	Külső felhasználás
	Nikkel szulfát	700	Külső felhasználás
Általános	hulladék	-	



Megj.: Éves katód termelés 60000 t/a

### 3.19 táblázat Egy másodnyersanyag-feldolgozó üzem maradványainak mennyisége [tm 124, DFIU Cu 1999]

Alkotó	Röptében olv. kemence	Peirce-Smith konverter	Egyesített salak az elektromos kemencés kezelés után
%			
Réz	1 - 2,5	3 - 5	0,3 - 0,8
Vas (összes)	38 - 45	40 - 45	40 - 43
SiO <sub>2</sub>	30 - 33	25	28 - 32
Magnetit	4 - 18	25	< 2

### 3.20 táblázat Néhány rézkohászati salak összetétele a salakkezelés előtt [tm 124, DFIU Cu 1999]

A salakok változó mennyiségben tartalmaznak rezet és nagy részben újrahasznosítják ezeket a fém kinyerésére. A salakkezelés gyakran termikus eljárás, amellyel inert salakot kapnak. A kezelt salakok általában nagyon kevés kioldható fémet tartalmazhatnak és stabilak. Gyakran adják el ezeket a csiszolóanyag vagy építő-iparágak számára, mivel kiváló mechanikai tulajdonságai vannak, amelyek néha jobbak, mint a hasonló célra használt természetes ásványokéi. A technológiai különböző helyeiről származó olajokat is vissza lehet járítani.

### 3.3 A BAT (legalkalmasabb technológia) meghatározásánál figyelembe vehető eljárások

Ez a fejezet az emisszió- és maradványcsökkentésre, illetve a teljes energiafogyasztás csökkentésére alkalmas módszereket mutat be, melyek mindegyike működő és elérhető. A jó környezeti jellemzőkkel rendelkező módszereket példák mutatják be. Az adatok az európai iparból és az európai IPPC irodától származnak. A második fejezet általában használatos eljárásai nagy mértékben fedik az itt leírtakat is.

Az egyes helyekre vonatkozóan megfelelő eljárások nagy mértékben függenek a feldolgozandó nyersanyagoktól. A dúsítmány, vagy a másodnyersanyagok típusa és változatossága alapvető lehet az eljárás megválasztásában. Néhány eljárásnak egy-egy kiválasztott alapanyaga van, de az európai üzemek nagy része a nyílt piacon vásárolja az alapanyagot és ezért szükséges a rugalmasság fenntartása. Hasonlóképpen, a gázgyújtó és tisztító rendszerek a helyi, regionális, illetve hosszabb távú környezeti normáknak igyekeznek megfelelni, ezért nehéz az egyes kombinációk jellemzőit összevetni. Azt azonban meg lehet ítélni, hogy egy adott eljárás miként teljesít egy megfelelő és modern gáztisztító rendszerrel [tm 210, Copper Expert Group 1999].

Kohászati régió	Kén megkötés, %	Önköltség, EUR/kg
Japán	98,6	0,434
EU	98,3	0,394
USA	96,8	0,438
Egyéb (részleges S-megkötés)	52	0,324

Megj.: a költségek alapja 1 EUR = 1,06 \$ (1999.6.16)

### 3.21 táblázat Átlagos kénmegkötés az önköltség ellenében a világ különböző részein [Brook Hunt 1998 CRU Copper Studies]

A kénmegkötés példáján a fenti táblázat szemlélteti az európai kohók elért eredményeit. Az adatok szerint az EU-ban jó kénmegkötés érhető el a gazdaságosság korlátain belül.

## 3.3.1 Anyagtárolási, -mozgatási és előkezelési eljárások

### 3.3.1.1 Primer nyersanyagok

A nyersanyagok: dúsítmány, salakképzők és tüzelőanyagok. Fontos szempont a por és a nedves anyag kibocsátásának megakadályozása, a szállópor és a folyadékok gyűjtése és kezelése, valamint a bemenő és a működési paraméterek irányítása.

Ezen csoport jellemző nehézségei:

- A dúsítmányok és néhány salakképző (pl. mész) potenciálisan poros jellege miatt zárt tárolásra és zárt mozgó rendszerre és módszerekre van szükség. A salakörléskor keletkező por miatt szükség lehet a jó porgyűjtő és leválasztó rendszerekre. A salakgranulálás vizét ülepíteni és kezelni kell kiengedés előtt.
- A különböző dúsítmányokat elkülönítve kell tárolni és megfelelő mintavételezéssel elemezni, hogy ezekből és a hozzáadott salakképzőkből egy megfelelően állandó összetételű és tulajdonságú betétanyagot lehessen előkészíteni.
- Az elegyet dúsítmány átlagosító keverőtér, vagy kiméréses adagolás, mint pl. mérőszállítószalag, vagy tömegcsökkenési mérőrendszerek segítségével kell összeállítani. A szalagon kialakult réteges kihordás esetében a végleges keverés és homogenizálás a szállító és szárító rendszerekben megy végbe. Forró gázos szárítódobok, fluid ágyas, vagy gőzcsöves szárítók is használhatóak. A gőzfűtőcsöves szárítók a folyamat egyéb helyéről esetleg rendelkezésre álló hulladékhőt hasznosíthatják. A szárító és a kapcsolódó porleválasztó rendszerek az adottságokhoz illesztve alakítandóak ki. A szövetzsákos, vagy kerámiaszűrős rendszerek hatékonyabban távolítják el a port mint az elektrosztatikus porleválasztók.
- Néhány esetben a szárított anyag gyulladási hőmérséklete 300 - 400 °C is lehet, de a nem kívánt reakció több módon is elkerülhető. Például egy forrólevegős szárításnál az oxigén koncentrációja alacsony és a hőmérsékletet korlátozzák - legtöbbször - hideg levegő bekeverésével, illetve nitrogén is használható. Az öngyulladás így elkerülhető. Hasonlóképpen, a gőzcsöves szárítók alacsonyan tarthatják a hőmérsékletet a dúsítmányban, valamint gyenge értéken a levegő áramlását. Hő, vagy szikradetektorokkal megállapíthatóak a túlhevülések helyei, ahol nitrogénes lehűtés alkalmazható.
- A folyamatban termelt savat kettős falú, vagy saválló térben elhelyezett tartályokban lehet tárolni. A kénsavgyári savas iszap és a gázmosókból származó gyenge sav kezelése a helyi feldolgozási és deponálási előírások szerint történik, hacsak nincs közvetlen felhasználás. A külső hasznosításra szánt fémtartalmú anódiszapok és egyéb hasonló anyagok hordókban, vagy más megfelelő módon tárolhatóak.

#### 3.01 PÉLDA A NYERSANYAG MINTAVÉTELEZÉSNEK ÉS FOGADÁSÁNAK RENDSZERE

**Leírás:** Dúsítmány fogadás és mintázás rendszere. Zárt járműbiktató terület, zárt szállítórendszer és számítógépesített mintavétel. Zárt tároló és keverőtér, zárt szállítószalagok.

**Fő környezeti előnyök:** Az elszökő por kiküszöbölése. Ismert betétanyag az eljáráshoz.

**Működési adatok:** Nem állnak rendelkezésre, de vizuális megítélés szerint kiváló.

**Kereszthatások:** Pozitív hatás - Energiafelhasználás csökkenés, Kibocsátáscsökkenés.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de az ismeretek alapján ez a technika gazdaságosnak mondható. A termelési hatékonyság növekedett.

**Felhasználhatóság:** A legtöbb primér eljárás.

Példa üzemek: Jelenleg Spanyolországban, Belgiumban és Németországban működik.

Referencia irodalom: [tm 106, Farell 1998]

### 3.3.1.2 Másodnyersanyagok

Számos különböző fajta másodnyersanyagot használnak fel a szekundér rézelőállításra, amelyek a finom portól a nagy méretű egyedi darabokig terjednek. A réztartalom változik az anyagok típusa szerint, mint ahogyan változik az egyéb fémek és szennyezők koncentrációja is. Az anyagok osztályozása történhet a szemcseméret és a réztartalom (alacsony, közepes és magas) szerint. A tárolásra, mozgatására és előkezelésére használt technikák a szemcsemérettől és a szennyezőtartalomtól függenek. A helyi adottságtól a következő szempontok függenek:

- A finom porokat vagy zárt épületben, vagy pedig zárt csomagolásban tárolják.
- A vízben oldható alkotókat tartalmazó másodnyersanyagok tárolása fedett helyen.
- A nem poros és nem oldódó anyagok tárolása nyílt-téri halmokban és a nagy darabokat önállóan a szabadban.
- A nagy darabok, pl. salakrögök, fém (blister) tömbök károsíthatják a betonfelületeket.

Előkészítő műveletekkel gyakran távolítanak el szerves alkotókat, mint például kábelszigetelés és nyomtatott áramköri maradványok, vagy éppen elválasztanak egyéb fémeket, pl. ónt, vagy ólmot.

- A törés és őrlés műveleteit jó porgyűjtés és leválasztásnak kell kísérni. A képződött finom por kezelhető a nemesfémek kinyerésére. Pneumatikus, vagy egyéb sűrűség szerinti elválasztó módszerek használatosak.
- Kriogén (mélyhűtéses) módszerek is alkalmazhatóak a kábelburkolatok törékennyé és jobban elkülöníthetővé tételére.
- Termikus burkolateltávolító és olajeltávolító módszerek is alkalmazhatóak, amelyekhez egy utánégető fázisnak kell kapcsolódnia a távozó gáz szerves alkotóinak ronsolására.
- A finom porokat az emisszió elkerülésével kell tárolni és kezelni. Ezeket gyakran keverik és agglomerálják, hogy a kemencéhez állandósított anyagot adagolhassanak.

Nyersanyag	Tárolás	Mozgatás	Előkezelés	Megjegyzés
Szén/koksz	Fedett tér/siló	Fedett sz.szalag (ha nem poros)/ pneumetikus		
Olajok	Tartályok/hordók	Csővezeték/kézi		
Salakképzők (ha porzanak)	Nyílt betonfelületen Zárt (siló) térben	Zárt sz.szalag porgyűjtéssel / pneumatikus	Keverés dúsítmánnyal / egyébbel	
Dúsítmány	Zárt helyen (ha porzik)	Zártan, porgyűjtéssel / pneumatikus	Sz.szalagos keverés, szárítás	
Réztermékek - katódok, drótbuga, tuskó	Nyitott, vagy fedett betonos terület			
Finom por	Zártan	Zártan, porgyűjtéssel / pneumatikus	Keverés, agglomerálás	
Durva por (nyersanyag, granulált salak)	Fedett tér	Mechanikus adagoló	Olaj eltávolítás, ha szükséges	Olajgyűjtés, ha szükséges
Darabos (nyersanyag, salak)	Nyitott	Mechanikus adagoló		Olajgyűjtés, ha szükséges
Egész darabok	Nyitott/fedett			Olajgyűjtés, ha szükséges
Forgács	Fedett tároló	Skip adagoló	Forgács szárítás és olajtalanítás	Olajgyűjtés, ha szükséges
Vezeték	Nyitott	Mechanikus adagoló	Burkolat eltávolítás	
Nyomtatott áramköri lapok	Fedett tér	Mechanikus adagoló	Őrlés + sűrűség szerint szeparálás	A műanyag rész hőtartalma hasznosítható
Technológiai maradványok fémkinyerésre	Nyitott, fedett, vagy zárt (porzástól függően)	Körülményektől függő		Megfelelő csatornázás
Deponált hulladék (pl. kemencebélés)	Nyitott, fedett, vagy zárt tér, vagy zárt hordók	Körülményektől függő		Megfelelő csatornázás

### 3.22 táblázat Tárolási, mozgatási és előkezelési módszerek a rézkohászatban

#### 3.3.2 Primér olvasztási eljárások

Az Eu-ban a következő rézkohászati olvasztóeljárásokat használják [tm 92, Copper Expert Group 1998]:

Outokumpu röptében pörkölő olvasztás nagy oxigéndúsítással normál dúsítmányból kéneskő előállítására. Kéneskő konverterezés Peirce-Smith konverterekben blister-réz előállítására. Salakkezelés elektromos ülepítő kemencében, vagy flotálással.

Részleges pörkölése a dúsítmányoknak egy fluid-ágyas pörkölőberendezésben, elektromos kemencés olvasztás kéneskőre. A kéneskő konverterezése blister-rézre Peirce-Smith konverterekben. Salakkezelés elgőzöltető (Fuming) eljárással. A nyersanyagok a réz mellett cinket és valamennyi ólmot is tartalmaznak.

Primér, vagy szekunder ólom/réz és valamennyi cinket tartalmazó nyersanyagok olvasztása és konverterezése blister-rézre az ISA Smelt kemencében. Ólom kinyerés az aknáskemencés salakkezeléskor.

Ezek mindegyike megfontolásra érdemes. Az Outokumpu röptében olvasztó kemence nagy réztartalmú kéneskövet állít elő, ami előnyös a konverterezés szempontjából.

Bizonyos esetekben a kemence képes egy lépésben blister-rezet is előállítani, amikor konverterezésre nincs is szükség. Az Outokumpu röptében olvasztó kemencének az ilyen módon történő használatára akkor van mód, amikor alacsony vastartalmú, vagy nagyon nagy réztartalmú a dúsítmány (kicsi a salaktömeg) [tm 137, Cu Expert Group 1998]. Például ezt az eljárást alkalmazzák Lengyelországban egy alacsony vastartalmú dúsítmányból történő közvetlen blister-réz gyártásra.

Az Outokumpu röptében olvasztási eljárást gőz és elektromos formában megjelenő hőhasznosítás is jellemzi, valamint a kéndioxidot is gyűjti és kénsavat nyer ki. A kemencebélés élettartama kb. 5 - 10 év (a kemence méret, termelékenység és a működési paraméterek függvényében).

A fentiek mellett számos egyéb kemencetípus is használatos világszerte a rézkohászat olvasztási szakaszában [tm 137, Copper Expert Group 1998] és ezek telepítése is megfontolható. Azonban a lángkemence alkalmazása nem szerepel a megfontolásra alkalmas technológiák között a primér rézkonzentrátumok feldolgozására.

A Mitsubishi eljárás három összekapcsolt kemencét alkalmaz, amelyek között az olvadék gravitációsan áramlik. A Kennecott/Outokumpu eljárás granulálja és őrli a kéneskövet az olvasztó és konverterező röptében olvasztó kemencék között, így a folyamatok el vannak választva egymástól.

Az összes említett kemencetípust felsorolja a következő táblázat, ahol az előnyök és a hátrányok összefoglalva láthatóak.

Kemence	Kapacitás /1000 t/a	Gáz- gyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megj.
<i>Olvasztó eljárás</i>					
Outokumpu Röptében olvasztás	~ 150 - 370 (ált. 200 - 300)	Zárt	Nagy termelékenység, Jó kéneskő, Hosszú bélés élettartam	Nagyobb beruházási, de alacsonyabb működtetési költségek	Széles tapasztalatok
Elektromos (részleges pörköléssel)	~40 - 220	Zárt	Primér és szekundér. Kis helyigény	Két lépés	
ISA Smelt	~170 - 230	Kám- zsa	Primér és szekundér. Nagy	Sttler kell a kéneskő és a	Nedves betét növeli a

			termelékenység. Több lehetséges tüzelőanyag	salak elválasztására	gáztérfogatot
Noranda és El Teniente	~120 - 200 és 70 - 190	Kám- zsa	Kis helyigény, Olcsóbb	Kemencebélés élettartama ~2 év	Az eljárást fejlesztik és javítják
Inco Flash	~120 -200	Zárt	Nagy termelékenység, Jó kéneskő	Autogén és 100% O <sub>2</sub> dúsítás miatt szűk határok	
Contop	~120	Zárt	Jó Bi- és Zn- eltávolítás	Kis teljesítmény	Csak egy üzem létezik
Vanyucov eljárás	~100, vagy több	Kám- zsa	Mint a Noranda		Kevés adat ismert
Baiyin eljárás	~70	Kám- zsa	Mint a Noranda, de ülepítőteres a kemence		Kevés adat ismert
<i>Folyamatos, összetett eljárás</i>					
Mitsubishi	~120 - 240	Zárt	Cu-hulladék, anódmaradvány is olvasztható, nagy teljesítmény, nincs üstben szállítás	Betétanyag korlátozott, Egy kemence az egész sort befolyásolja. Kéntartalom a blister Cu-ban	A harmadik üzemet építik
<i>Folyamatos, nem összetett eljárás</i>					
Kennecott/ Outokumpu Röptében olvasztó és konverteres eljárás	~300	Zárt	Örölt kéneskő tárolása. Nincs üstben szállítás	Nagyobb beruházási költség, de kisebb közvetlen önköltség	2 üzem. Egyetlen szétválasztott eljárás. Különböző helyszíneken is működhet.

### 3.23 táblázat A primér rézkohászati kemencék áttekintése

#### 3.3.3 Kén-dioxid eltávolítás

Az olvasztáskor és konverterezéskor termelt kén-dioxidnak súlyos környezeti hatása lehetne, így el kell távolítani a gázokból kénsav, illetve kén-dioxid formájában. A kén-dioxid eltávolítására alkalmas eljárások leírása a 2. fejezetben szerepel. Az alkalmazott eljárás a folyékony kén-dioxid helyi piacától függ. Általában kénsavvá alakítás történik [tm 92, Copper Expert Group 1998].

A primér rézkohászatban használt oxigéndúsítás hatására megnő a kemencékből távozó gáz kén-dioxid tartalma. Noha ezt később mindenképpen 14% SO<sub>2</sub>-koncentrációra le kell hígítani, a gáztérfogot csökkenése jelentős költségcsökkentést jelenthet a vezetékek, fűvók és a gáztisztítók méretén keresztül [tm 140, Finland Cu 1999; tm107, Ullmanns 1996]. A dúsabb gáz a hőhasznosítás szempontjából is előnyösebb, különösen az erősen exoterm katalitikus lépés után, noha a gázösszetétel és mennyiség ingadozásai kedvezőtlenebbé válhatnak.

További szempont, hogy a fent említett hígítás során a katalitikus konverzióhoz szükséges oxigénkoncentráció is biztosítható legyen.

A konverterezés fázisát jellemző - korábban leírt - SO<sub>2</sub>-koncentráció ingadozást is figyelembe kell venni a kénsavgyár tervezésénél. A katalizátorok választéka nőtt és a cézium-oxiddal dopolt anyagok alkalmasak a teljesítmény javítására.

A kohászati kénsavgyár működése függ a gáztisztítási szakasz működésétől is. Ha a bejövő gáz nem elég tiszta, a kontakt-szakasz működése romolhat. Noha a nedves gáztisztítók szerkezete jelentős mértékben különbözhet, az alábbi feltételek és jellemzők közösek:

- A szilárd szennyezőke annyira el kell távolítani, hogy a végső minőség < 1 mg szilárd/Nm<sup>3</sup> (optikailag tiszta) legyen.
- A gáz kén-trioxid tartalmát 15 - 25 mg/Nm<sup>3</sup> -re kell csökkenteni.
- A fluoridokat és kloridokat el kell távolítani a torony téglabélésének és a katalizátornak a védelmére.
- A gázt a kénsavgyár vízegyensúlya által megkövetelt mértékben kell lehűteni. A hőmérséklet függ az SO<sub>2</sub>, és a termelt sav koncentrációjától. A 4 - 6 % SO<sub>2</sub>-tartalmú gázt 30 °C alá, míg a jóval 10% feletti SO<sub>2</sub>-koncentrációjú gáz 35 -40 °C hőmérsékleteket is elvisel a 98.5%-os kénsav előállításakor.

A primér rézkohó gázainak kén-dioxid-tartalmát általában 99,5 - 99,9%-os hatásfokkal lehet kén-trioxiddá alakítani ezzel a módszerrel. A konverzió hatásfokát azonban számos tényező befolyásolhatja, amiket helyi szinten kell figyelembe venni:

- Bevezetett gáz tisztasága, a katalizátor mérgezésének csökkentése érdekében. Pl. a betét összetételétől függő hangsúllyal kell a higanyt eltávolítani.
- A bejövő gáz töménysége és állandósága. Töményebb és állandóbb SO<sub>2</sub>-tartalmú gázzal nagyobb konverziós hatásfokok érhetőek el. Ez részben a megbízhatóbb fázisközi gázhűtésnek tudható be.
- A katalizátor megválasztása. A cézium-oxiddal dopolt katalizátoranyagok nagyobb konverziós hatásfokokat biztosíthatnak, feltéve, hogy az egyéb tényezők kézbe tarthatóak a katalizátor-mérgezés elkerülése érdekében.
- Megfelelő belépő gázhőmérséklet, oxigéntartalom és vízmérleg.
- A gáz jellemzőinek hatékony szabályozása, főleg a katalízises fokozatok közötti hőmérséklet.

Így a konverziós hatásfok az időben változik és az állandósult állapotot jelző értékek félrevezetőek lehetnek.

### 3.02 PÉLDA VÁLTOZÓ KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT MŰKÖDŐ KÉNSAVGYÁR

**Leírás:** Gáztisztító és gázmosó szakasz. Három sor Lurgi-típusú dupla-kontakt kénsavgyár, 4 és 5 fokozatú gázátvezetés, modern katalizátor. A semelegesítendő gyenge sav ~ 12-15 m<sup>3</sup>/h 5%-os H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, valamint a kivezetett (~ 50%-os) sav termikus bontása.

**Fő környezeti előnyök:** A kén-dioxid nagy konverziós hatásfoka, egy új beruházással 99,6%.

**Működési adatok:**

Összetevő	Mért értékek
Távozó gáz térfogata	320000 Nm <sup>3</sup> /h
SO <sub>x</sub>	100 - 1100 mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>3</sub>	20 - 40 mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> (NO <sub>2</sub> formában)	20 - 45 mg/Nm <sup>3</sup>
Cl <sup>-</sup> (mint HCl)	2 - 7 mg/Nm <sup>3</sup>
F <sup>-</sup> (mint HF)	1 - 4 mg/Nm <sup>3</sup>

Összetevő	Mért értékek
Maradvány por (átlag)	< 2 mg/Nm <sup>3</sup>
Maradvány por (tartomány)	1 - 7 mg/Nm <sup>3</sup>
Egyéb összetevők (tartomány)	
Cd	< 0,01 - 0,02 mg/Nm <sup>3</sup>
Hg	< 0,01 - 0,07 mg/Nm <sup>3</sup>
Tl	< 0,01 - 0,02 mg/Nm <sup>3</sup>
As	< 0,01 - 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>
Se	< 0,01 - 0,02 mg/Nm <sup>3</sup>
Sb	< 0,01 - 0,03 mg/Nm <sup>3</sup>
Pb	< 0,01 - 0,15 mg/Nm <sup>3</sup>
Cu	< 0,01 - 0,09 mg/Nm <sup>3</sup>
PCDD/PCDF	0,001 - 0,01 ngITE/Nm <sup>3</sup>

### 3.24 táblázat Egy változó körülmények között működő kénsavgyár működési adatai

**Kereszthatások:** Pozitív hatás - A fő kén-dioxid kibocsátások csökkentése kénsavvá alakítással, a gázok fizikai hőtartalmának, valamint a konverzió során fejlődő hőnek a hasznosítása.

**Gazdaságosság:** 55 millió EUR beruházás 1 kénsavgyárra (költségek részletezése mellékletben).

**Alkalmazhatóság:** Primer kohók füstgáza (SO<sub>x</sub> -koncentráció > 6 %; szekunder kohók füstgázával egyesítve, ha lehet). Alkalmazható a legtöbb meglévő üzem esetében is.

**Példa üzem:** Jelenleg működik egy német üzemben.

**Referencia irodalom:** [tm 124, DFIU Cu 1999; tm 210, Copper Expert Group].

#### 3.03 PÉLDA: IDEÁLIS KÖRÜLMÉNYEK KÖZÖTT MŰKÖDŐ KÉNSAVGYÁR

**Leírás:** Dupla-kontakt kénsavgyár, 4 fokozatú érintkeztetés, modern cézumos katalizátor, Monsanto Enviro Chem 3:1 IPA eljárás.

**Fő környezeti előnyök:** A kén-dioxid maximális kinyerése.

Működési adatok: Egyesített FSF és FCF gázok (30 - 40% SO<sub>2</sub>) kezelése, amelyeket 14%-ra hígítanak a kontakt üzembe lépéskor. Az éves átlagos mennyiség: 171300 Nm<sup>3</sup>. A konverzió elért hatásfoka 99,9%. Az üzem nagy és állandó SO<sub>2</sub>-koncentrációjú beadott gázt, fejlett gáztisztítást és menet közti hűtést, valamint Cs-dópolt katalizátort igényel. A távozó gázban a kén-dioxid emisszió ~ 150 mg/Nm<sup>3</sup> éves átlagban.

**Kereszthatások:** Pozitív hatás - a fő kén-dioxid emisszió csökkentése kénsavvá alakítással, energiahasznosítás.

**Gazdaságosság:** Nincs kimutatva, de az eljárást nem régen indították és gazdaságosan működik.



**Alkalmazhatóság:** Ideális tulajdonságú gázok speciális eseteiben.

**Példa üzem:** Egy amerikai (USA) üzemben működik.

**Referencia irodalom:** [tm 140, Finland Cu, 1998]

A maradék SO<sub>2</sub>-tartalom a távozó gázban további fontos szempont amikor dús gázokat dolgoznak fel a kénsavgyárban. A legtöbb európai üzem 99,5 - 99,8 %-os konverziós hatásfokot ér el a kontakt-üzembe érkező 8,4 -10 - 11, vagy 13% SO<sub>2</sub>-tartalmú gázzal. Ez a konverziós fok nem jellemző az indulási, leállási és rendellenes üzemi körülményeket.

### 3.3.4 Szekunder kohósítási eljárások

A másodnyersanyagok széles köre és a réztartalom, valamint a szennyezettség mértékének a változása egy sor másodnyersanyag feldolgozó technika kifejlődésére vezetett [tm 137 Copper Expert Group 1998]. Európában a Mini Smelter, aknáskemence, ISA Smelt kemence, a TBRC konverter és a zárt salakba merülő íves elektromos kemence használatos a nyersanyagok széles körére. A ynersanyagtól függően ezek mindegyike megfelelő lehet.

A Mini Smelter technológia vasat és nagy vastartalmú hulladékot alkalmaz redukálószerként másodnyersanyagok (és salak) feldolgozására. A konvertert az olvasztó kemencékből kapott vastartalmú feketeréz és az ötvözet hulladék feldolgozására használják. A lángkemencét a konverterréz és a nagyobb réztartalmú hulladék raffinálására használják.

A szekunder olvasztóművek gázai általában nem, vagy csak kevés kén-dioxidot tartalmazhatnak, ha nincs szulfidos anyag a betétben, ugyanakkor jelentős lehet az illó fémek, mint például cink és ólom, koncentrációja. Tartalmazhatnak illó szerves vegyületeket, dioxinokat, CO-ot és port, ezért a szekunder kohósítás gáztisztítása több lépésből áll: gázhűtés (hőviszanyeréssel), utánégetés a szerves carbon és a dioxinok elégetésére, durva szemcsék leválasztása és ha szükséges szövetzsákos szűrés. Az összegyűjtött port visszajáratják ezen fémek kinyerésére.

Az alábbi táblázat a rosszabb minőségű betétanyagot feldolgozó szekunder kohászati berendezések előnyeit és hátrányait veti össze.

#### 3.04 PÉLDA A DIOXINOK RONCSOLÁSA

**Leírás:** Oxigénbefúvás az aknáskemence felső zónájába. A vizsgált eljárás nem teszi lehetővé az utánégető beillesztését. A gáz keverése nem tökéletes, azonban a működés jellemzői összeségükben megfelelőek. A folyamatszabályozó rendszer fejleszhető.

**Fő környezeti előnyök:** A dioxinok roncsolása. A CO és egyéb karbon-tartalmú anyag roncsolása.

**Működési adatok:** elérhető dioxin koncentráció: < 0,5 ng/Nm<sup>3</sup> TEQ

**Kereszthatások:** Összességében pozitív hatás - a fő kibocsátások csökkentése. Az oxigén-előállítás energia költségei.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de a technika kis költségű módosítást jelent, és gyakorlatilag megvalósítható.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb forró torokkal működő aknáskemence és esetleg egyéb eljárások.

**Példa üzemek:** Jelenleg németországi üzemekben működik.

Referencia irodalom: [tm 124, DFIU Cu 1999].

Berendezés	Kapacitás	Gázgyűjtés és tisztítás igényei	Előnyök	Hátrányok	Megj.
Aknás-kemence	150-200 t/d	Félig szigetelt. Gázhűtés* Utánégetés és tisztítás (szűrés).	Rossz minőségű betétanyag.	Folyamatirányítás fejletlen.	Javuló folyamatirányítás.
Bemerülő elektródos Elektromos kemence	8MVA esetén: 8-25 t/h	Zárt. Utánégetés, gázhűtés és tisztítás**.	Elterjedt számítógéphulladékra. Kevés gáz.	Bizonyos korlátok az anyagra.	CO elég és hőt ad a kemencében.
Mini Smelter		Zárt. Gázhűtés* és tisztítás (szűrés).	Nagy teljesítmény. Kis hely.	Bizonyos korlátok az anyagra.	
TBRC	40-70 t/adag	Zárt. Gázhűtés* és tisztítás (szűrés).	Többféle betétanyag. Nagy teljesítmény. Kis hely. Forgás.	Drága.	
ISA Smelt	30000-40000 t/év	Kámzsák. Gázhűtés* és tisztítás.	Többféle betétanyag. Nagy teljesítmény.	Fejlődő.	Roszbabb anyagokra nem igazolt redukáló körülmények mellett.
Konverter	15-35 t/adag	Kámzsa. Gázhűtés és tisztítás** (szűrés).			Olvasztott feketerézre és Cu-ötvezetekre
Aknás láng-kemence	~250 t/d	Zárt + kámzsa. Utánégetés, gázhűtés és tisztítás (szűrés).	Beolvasztás, raffinálás, jó energiahasznosítás.	Bizonyos korlátok az anyagra.	Jobb hulladék, anód és blister-réz tűzi raffinálására.
Contimelt-eljárás	50-100 t/h	Utánégetés (redukáló kem.) WHB, tisztítás (szűrés).	Nagy teljesítmény, jó energiahasznosítás.	Bizonyos korlátok az anyagra.	Jobb hulladék, anód és blister-réz tűzi raffinálására.
Láng-kemence	250-400 t/d	Félig szigetelt + kámzsa. Gázhűtés* Utánégetés és tisztítás (szűrés).	Konvertérezésre és raffinálásra.	Szigetelés. Bizonyos korlátok az anyagra.	Használhat fűvókákat és buktatást. Jobb hulladék és blister Cu tűzi raffinálása

Megj.: \* Ha a gázhőmérséklet elég nagy, hulladékhő hasznosítás is alkalmazható.

A szövetszákos szűrés előtt további hűtésre van szükség.

\*\* A távozó gáz bizonyos időszakokban tartalmazhat kén-dioxidot. Ilyenkor gázmosóban kezelik, vagy kénsavgyárba vezetik az EU gyakorlat szerint.

### 3.25 táblázat A szekundér kohósítási technikák áttekintése

#### 3.3.5 Konverterezés

##### 3.3.5.1 Primer rézkonverterek

Európában a Peirce-Smith (illetve hasonló) konvertereket használják. Ez a típus világszerte is elterjedt [tm 92, Copper Expert Group 1998]. Ennek a konverternek nagyon megbízható és hatékony a működése. Magas szintű metallurgiai feladatokat tudnak végrehajtani, miközben kísérőfémeket, mint például az ólom és a cink, tudnak illósítani. Ezeket a továbbiakban ki lehet nyerni. Az eljárás során felszabaduló hő elegendő ahhoz, hogy rézhulladékot (pl. anódmaradvány) is megolvasszanak, és ez a tényező jelentős előny. Hátránynak számít, hogy az adagoláshoz és az anyagmozgatáshoz üstökre és skip-ekre van szükség.

Ez lehetőséget ad illanó veszteségeknek, amelyek szállóporból, fémgőzökből és kén-dioxidból állanak. Az adagolásnál használt üst, vagy skip zavarhatja a gázgyűjtő kámzsák határos elhelyezését. A jó üzemelés így elsődleges és másodlagos gázgyűjtő kámzsák használatát igényli az adagolás és a csapolás alatt, a lehető legtöbb illó anyag összegyűjtésére. Porokat, salakképző pótlékokat kokszt, hulladékot, stb. A kámzsán keresztül is lehet beadni. Automatikus reteszelvekkel ki lehet zárni a fúvatást amikor a konverter ki van fordítva a normál pozíciójából.

Világszerte egyéb konverterező eljárásokat is használnak [tm 137 Copper Expert Group 1998] amelyeket szintén érdemes lehet figyelembe venni. A folyamatos Mitsubishi és Outokumpu/Kennecott eljárások konverteres lépései nem igényelnek üstben történő anyagmozgatást, így kiküszöbölik ezt az illókibocsátási forrást. Azonban ez a két eljárás is igényel illó füstgázgyűjtést a csapoló/átvezető csatornák és csapolónyílások környékén. A röptében konverterező eljárás pedig a nyers kéneskő és a konvertersalak granulálását és további kezelését igényli, ami lég- és vízszennyezési forrást jelenthet. Mégis, ezek az eljárások lényegében tisztábbak és az emissziószabályozás nem annyira függ a karbantartás és a működtetés gondosságától. A Mitsubishi konverterező kemencében a kéneskő egy rézolvadék fürdőbe folyik bele és a reakció során salakot és fémeket képez. Ennek megfelelően, a konverterből távozó és a raffináló anódkemencébe belépő blister-réz kéntartalma nagy. Ezért a távozó gázok is nagyobb kén-dioxid tartalmúak, és szükség van az SO<sub>2</sub> eltávolításra a tűzi raffinálás során is.

A konverterezés során összegyűjtött gázokat lehűtik, tisztítják és egy kénkinyerő lépéshez továbbítják. A távozó konvertergázok SO<sub>2</sub>-tartalma 6 és 12 % közötti az egész művelet során, és ezeket keverik a kéneskőelőállítás dús gázaival. A folyamatos konverterezés gázai dúsak és állandó összetételűek, így viszonylag kisebb gázkezelő, -tisztító és -hűtő rendszerekre van szükség.

Az ISA Smelt eljárást is alkalmazzák egy összetett eljárásban amely szakaszos kéneskőelőállító és a rezes-ólmos kéneskő blister-rézre történő szakaszos konverterezéséből áll.

Konverter	Kapacitás	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megj.
<i>Szakaszos konverterek</i>					
Peirce-Smith (vagy hasonló)	100-250 (primer) és 15-35 (szekunder) t/adag	Elsődleges és másodlagos kámzsák	Egyszerű, bevált technológia. Hulladék olvasztása. Megbízható és rugalmas. Jó metallurgiai munka. Fémes szennyezők illósítása.	Igényli az üstben történő anyagmozgatást.	Sok tapasztalat. Primér/ szekunder termelés. Gázgyűjtő kámzsán kersztül is lehet adagolni.
Hoboken	50-100 t/adag	Szifonos alak az elsődleges gázgyűjtésre.	Jobb gázgyűjtés	A szifon- nyakban elzáródások. Anyagmozgatás üstben	Főleg primér nyersanyagra. Cu/Pb kéneskő feldolgozás.
TBRC	40-70 t/adag	Zárt	Hulladékon alapuló szekunder.		Szekunder metallurgiai felhasználás.
ISA Smelt	~40000 t/év	Kámzsák, gázhűtés, és -tisztítás.			Primér/szekun- der. Még nem elfogadott. Cu/Pb kéneskő feldolgozására használgák.
<i>Integrált konverterek</i>					
Mitsubishi	~240000 t/év	Szigetelt	Nagy SO <sub>2</sub> - konc.	Meglévő üzembe nehéz telepíteni. Szorosan kapcsolódik az olvasztáshoz.	Csak primér, de rézhulladék is adagolható. Talán más kohóknál is bevezethető
Kennecott/ Outokumpu	~300000 t/év	Szigetelt	Nagy SO <sub>2</sub> - koncent- ráció. Kéneskő tárolható.	Anódmaradvány még nem olvasztható. Eddig egy helyen működik.	Csak primér.

3.26 táblázat A primér és szekundér rézelőállításban használt konverterek

### 3.3.5.2 Szekundér rézkonverterek

A szekunder réztermelésben a legelterjedtebb konverter a Peirce-Smith (vagy hasonló típus, valamint a TBRC és az ISA Smelt kemence [tm 137, Copper Expert Group 1998]. A TBRC, amikor konverterezésre használják, kis helyigényű és általában eléggé zárt, ami lehetővé teszi a szekundr illó anyagok összegyűjtését. A konverterbe rézötvözet hulladékokat adagolnak. Karbontartalmú anyag (koks) beadásával biztosítható hőegyensúly, valamint az illósítható elemek, mint például a cink és az ólom redukáló körülmények közötti eltávolítása. A jó működés - a primer konverterekéhez hasonlóan - a megfelelő elsődleges és másodlagos gázgyűjtő kámsák hatékony használatát feltételezi az adagolás és a csapolás folyamán, az illanó anyagok lehetséges legteljesebb gyűjtésére. A porszerű adalékok, mint például a salakképző pótlékok és a koks a kámsán keresztül is adagolhatóak. Automatikus reteszelvek gátolják a fúvatást amikor a konverter a kámsák alól kifordult helyzetben van. A szekunder konverterezés gázait hűtik (hőhasznosítással egybekötve, ha lehetséges), amit követ a durva porleválasztás, a kén-dioxid eltávolítás (ha szükséges) és szövetsákos szűrés.

Az irányításnak és a gázgyűjtésnek a leírt módszerei alkalmasak meglévő és új termelőegységekben, és telepítésüket érdemes megfontolni.

### 3.3.6 Tűzi raffinálás

A tűzi raffinálásról leírtaknak megfelelően, a forgódobos kemencék, lángkemencék, aknás lángkemencék és a Contimelt eljárás mindegyike megfontolás tárgya lehet primer és szekunder kohók létesítésénél. Ezeknél fűvókákon, illetve lándzsákon lehet levegőt/gázt befűjni a rézolvadékba. Az aknás lángkemence (ASARCO-típus) és a Contimelt-eljárás is szilárd betétre van tervezve. A teknős lángkemencébe szilárd, vagy olvadt, és a forgódobos kemencébe főleg olvadt állapotú betétanyagot adagolnak. Az olvadt réz adagolása általában üstben történő mozgatást igényel, amivel kapcsolatban illanó veszteségekkel kell számolni. A raffináló kemencékbe történő hulladékadagolás közben illó gőzkibocsátással járhat. A szerves anyagokkal szennyezett fémhulladékot kerülni kell. A hulladékadagolás mértékét szabályozni kell.

A raffináló kemencék el vannak látva füstgázgyűjtő rendszerekkel és a szükséges gáztisztítás módszere a feldolgozott anyag fajtájától függ. A kemencéből távozó gázokat és füstöket gyűjtik, utánégetik (a redukáló lépés alatt), lehűtik és szövetsákos szűrőben, vagy gázmosóban tisztítják. A konverterből áthozott kén mennyiségétől függően, a kén-dioxid eltávolítására szükség lehet, pl. lúgos gázmosással. Például a Mitsubishi konverterkemencéből származó blister-rez raffinálása során a távozó gázokban jelentős lehet a kén-dioxid koncentráció, és ez  $\text{SO}_2$ -eltávolítást tesz szükségessé.

A raffináló kemencéből távozó füstgáz hőtartalmának hasznosítása a szilárd betétet nagy teljesítménnyel olvasztó berendezések esetén lehet fontos.

Az raffináló anódkemencéből az olvadt rezet egy öntőkerékre, vagy folyamatos öntőgépre lehet önteni.

Az irányítás, füstgyűjtés és kén-dioxid eltávolítás módszerei alkalmasak új és meglévő berendezések működtetésére.

### 3.3.7 Elektrolitos raffinálás

Telepítésre az optimalizált kádszerkezetű (elektrodelhelyezés, kádméret, stb.) saválló acél anyalemezes, illetve réz-alaplemezes katódokkal működő technológiát lehet tervezni. Meglévő elektrolízis üzemek esetében a saválló acél anyagú előformázott anyalemezekre történő átállás költségei nem igazolhatóak, így a meglévő rézalaplemezes technológiát használják tovább. A művelési volumentől függően a gépesített (és automatizált)

katódkiszedést és -lefejtést, valamint fejlettebb rövidzárlat-detektálást lehet érdemes alkalmazni.

Az oldatokból történő réz leválasztása kinyerő (oldhatatlan anódos) elektrolízissel végezhető, és ilyen esetben az anódon gáz fejlődik, ami savködöt hozhat létre. A savköd gyűjtése és eltávolítása megfontolandó technika.

Továbbá, gondoskodni kell az elektrolízis üzem zárt csatornarendszeréről, valamint az anódiszap és a kivezetett elektrolit feldolgozásáról.

### **3.3.8 Salakkezelési eljárások**

A réz előállítása során számos forrásból keletkezhet salak. Ezek feldolgozása a forrástechnológiától függ. Alapvetően, a kéneskőolvasztási és bizonyos konverterezési salakokat lektromos salakülepítő kemencékben lehet kezelni, ahová redukáló hatású karbonanyagot adnak a salak réztartalmának csökkentésére. Ennek eredményeként kéneskő és tiszta végsalak keletkezik. A különösen nagy réztartalmú salakokat - például konvertersalakok - közvetlenül vissza lehet járítani a kéneskőolvasztó kemencébe, illetve lassú hűtés után a rézben dús részt el lehet választani például egy flotáló berendezésben. Szintén figyelembe vehető a salaktisztításnak az a módszere amikor egy forgódobos kemencében a sakkfürdőbe szenet injektálnak.

A réztelenített salaknak nagyon kicsi a kioldható fémtartalma és több hasznos tulajdonsága alapján felhasználható a mélyépítő iparban, vagy egyéb célokra. A salakok hasznosítása, illetve visszajáratása, valamint a leválasztott szállópor visszajáratása az eljárások részeként tekinthető.

### **3.3.9 Hidrometallurgiai eljárások**

Jelenleg Európában nem alkalmazzák az oxidos és a rossz minőségű szulfidos rézércék hidrometallurgiai kezelését, de a jövőben lehet ilyen felhasználás, például egy elhagyott bányaterületén. Az alapvető eljárásnak (amelyet a 2. fejezet és egyéb források írnak le) számos változata létezik az érc típusától függően. A megjelölt háttérelmzések is figyelembe kell venni [tm 130, Chadwick 1994; tm 137, Cu Expert group 1998].

Mivel a hidrometallurgiai műveletek általában kioldást, oldószeres extrakciós és elektrolízises kinyerő lépéseket tartalmaz, a kioldási maradvány megfelelő elhelyezése és az oldószeres extrakció keverő-ülepítő egységeinek megfelelő kialakítása igényel alapos megfontolásokat. A (2. fejezetben részletezett) vízszennyezést gátló technikák - például megfelelő csatornarendszerek - és az illó szerves vegyületek eltávolítása, valamint az ártalmatlan oldószeres alkalmazása helyénvalóak.

### **3.3.10 Ón és egyéb fémek**

A korábban tárgyalt eljárások mindegyikét figyelembe lehet venni a legalkalmasabb technika meghatározásánál. Az eljárás megválasztásának végső döntését az adott betétanyagok befolyásolják.

### **3.3.11 Réz durvahuzal (drótbuga)**

A korábban tárgyalt mindegyik eljárás lehetséges a legmegfelelőbb technika számára. Az aknás lángkemence égőinek fejlett szabályozásával minimális szinten tartható a CO, és eközben a termék minősége is.

### 3.3.12 Tuskók, csövek és félkésztermékek

Az eljárás megválasztásánál a konkrét betétanyag és a termék az irányadó, és a durvahuzalnál megemlített tényezők itt is érvényesek. Ha rézötvözetek felhasználása történik, az olvasztási hőmérsékletet szigorúan kell szabályozni, az olvasztás és öntés folyamán képződő füstöket hatékonyan kell összegyűjteni és szövetzsákkal szűrni. A füstből ZnO-t lehet kinyerni. A hőmérséklet- és a folyamatszabályozásra (a 2. fejezetben leírt) általános módszereket itt is figyelembe kell venni.

### 3.3.13 Füst/gáz-gyűjtés és tisztítás

A réz, és egyéb fémek termelésének eljárásaihoz a 2.7 és 2.8 szakaszokban foglalt gázgyűjtési és gáztisztítási technikák alkalmazása ajánlható.

A másodnyersanyagok bármilyen szerves szennyezőjének azonosítása különösen jelentős a megfelelő előkészítési módszer, kemence és gáztisztítási kombináció legyen alkalmazva az illó emisszó elkerülésére, valamint a dioxinok és egyéb szerves füstgázalkotók roncsolására.

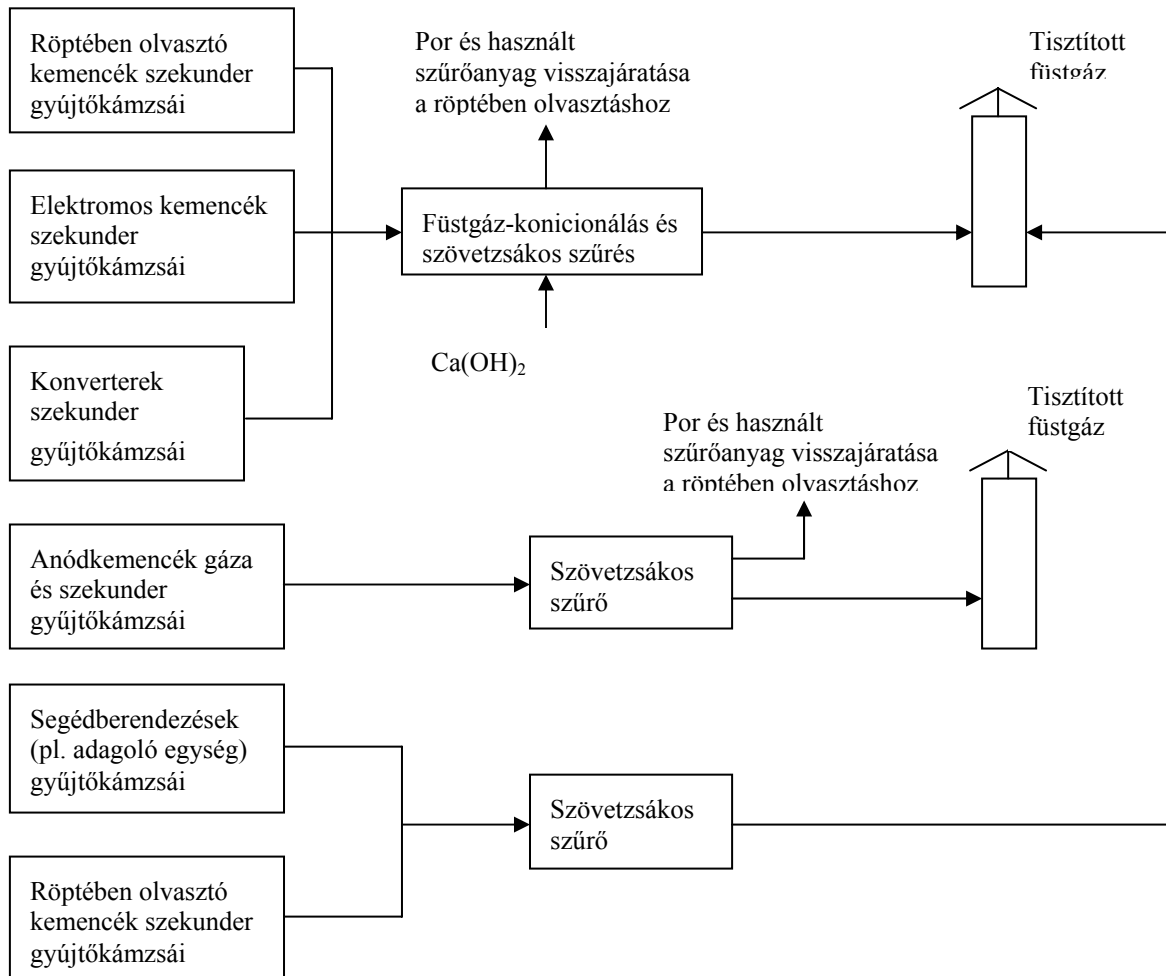
A másodlagos gázgyűjtő-kámzsák használata is megfontolandó. A fejlett füstgyűjtőrendszerek csökkenthetik ezek működtetésének energiaigényeit. Számos helyi sajátosságot is létezik, amelyeket a 3.3.1.1 szakasz részletez. A kámzsarendszerek kialakításánál figyelemmel kell lenni a az adagolás és egyéb kemence-műveletek helyigényére, valamint a gázok keletkezésének a folyamat során fellépő változásaira. A technológiák, amelyek ebben a fejezetben szerepelnek, a megfelelő gáztisztítással kombinálva, a szigorú környezetvédelmi igényeknek is meg tudnak felelni.

Forrás	Füstgáz-összetevő	Kezelési módszer
Tökléletlen égés, szerves anyag a betétben	CO, illó szerves, dioxinok	Folyamatirányítás, Utánégetés, Karbon injektálás
Kén a tüzelőanyagban, vagy a nyersanyagban	Kén-dioxid	Nedves, vagy félszáraz gázmosók, meszezés
Égési körülmények	NO <sub>x</sub>	Folyamatszabályozás, megfelelő oxigén-használat, katalitikus redukció
Kemence, és olvadékok kezelése	Por, fém-oxid füst	Gázmosó és/vagy szövetzsákos szűrő

### 3.27 táblázat Figyelembe vehető gáztisztítási módszerek

#### 3.05 PÉLDA MÁSODLAGOS FÜSTGÁZ KEZELÉSE

**Leírás:** Szekunder füst és ventilációs gázok kezelése SO<sub>2</sub>-elnyelés és szövetzsákos szűrés módszerével.



3.12 ábra A rendszer általános elrendezése

Másodlagos gázok a ventilációból	Konverter másodlagos gyűjtőkámzsái, elektromos salakkezelő kemencék kámzsái, elektromos salakkezelő kemencék füstgázai, a röptében olvasztás ventilációs rendszere, raffináló anódkemencék, visszajáró anyag kezelése
Fogadási oldal körülményei: Maximális tervezett térfogat Térfogatingadozás tartománya: SO <sub>2</sub> elnyelő anyag Por és elnyelőanyag mennyisége Portartalom tartomány Beérkező SO <sub>2</sub> tartomány	580000 Nm <sup>3</sup> /h ~350000 - 550000 Nm <sup>3</sup> /h Oltott mész 1500 mg/Nm <sup>3</sup> 1 - 5 g/Nm <sup>3</sup> 100 - 1500 mg/Nm <sup>3</sup>
Kibocsátási oldal körülményei: Térfogatingadozás tartománya:	~350000 - 550000 Nm <sup>3</sup> /h

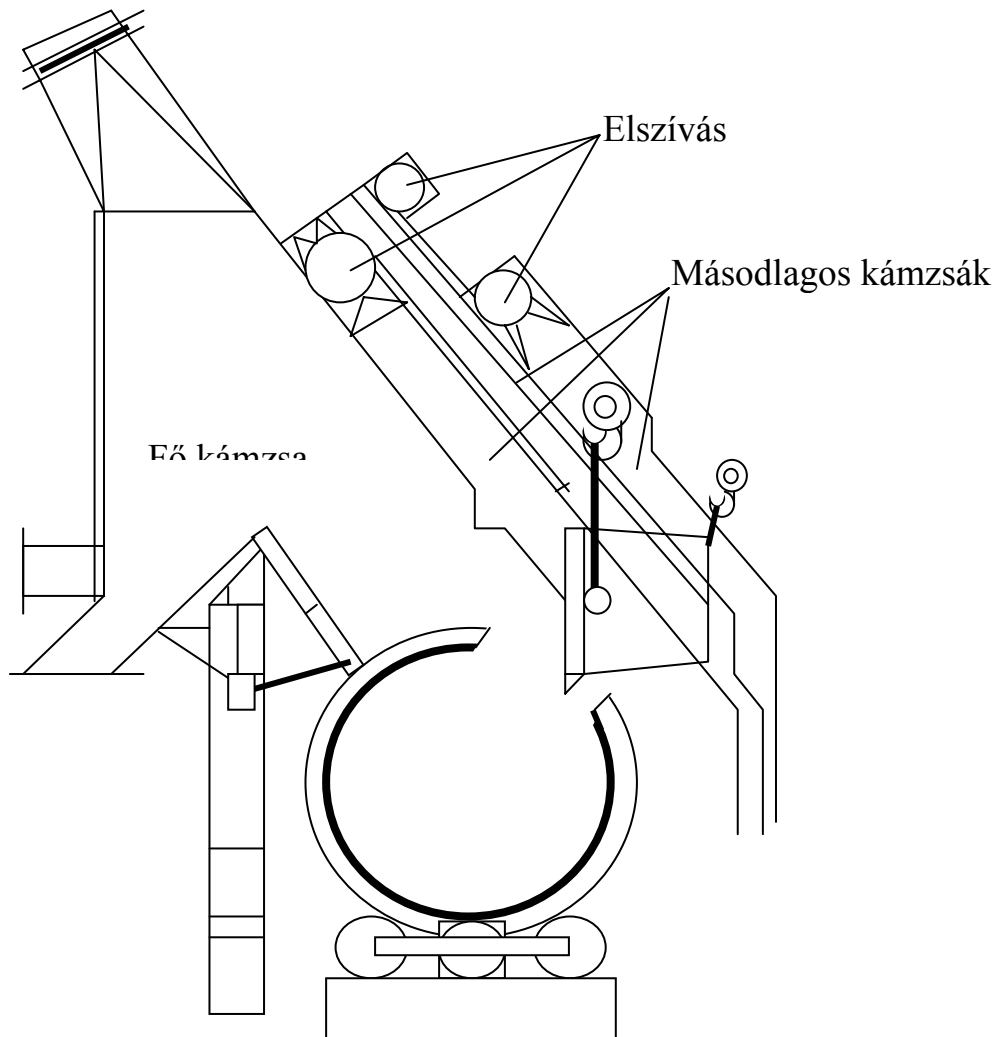


Átlagos maradék portartalom:	< 2 mg/Nm <sup>3</sup>
Maradék portartalom tartománya:	1 - 7 mg/Nm <sup>3</sup>
Alkotók koncentrációtartománya:	
Cd	< 0,01 - 0,1 mg/Nm <sup>3</sup>
As	< 0,01 0,8 mg/Nm <sup>3</sup>
Ni	< 0,01 - 0,3 mg/Nm <sup>3</sup>
Se	< 0,01 - 0,9 mg/Nm <sup>3</sup>
Sb	< 0,01 - 0,5 mg/Nm <sup>3</sup>
Cu	< 0,02 - 2 mg/Nm <sup>3</sup>
Kénmegkötés	~ 50 - 70 %

### 3.28 táblázat A rendszer jellemző adatai

Az üzemben három másodlagos gázgyűjtő kámzsát használ a fő kámzsa mellett. Ezek becsatlakoztathatóak a kénsavgyárhoz (1. kámzsa), vagy a másodlagos tisztítórendszerhez (2. és 3. kámzsák). Az adagolás és a csapolás időszakaiban az egyes kámzsák pozícióját motoros mechanika állítja a legjobb gyűjtési hatékonyságot biztosító helyzetbe. A vezérlést fejlett program irányítja. A konverteres kámzsák elrendezését az alábbi ábra szemlélteti.

**Fő környezeti előnyök:** Az illanó emisszió gyűjtése és kezelése. Az energiafelhasználás minimalizálása.



3.13 ábra tervezett másodlagos füstgyűjtő rendszer [tm 201, Velten 1999]

**Működési adatok:** 99%-os füstgyűjtést értek el.

	Porkibocsátás, kg/a	
	Másodlagos gázgyűjtés bevezetése előtt, (1992)	Másodlagos gázgyűjtés bevezetése után (1996)*
Anódréz termelés, t/a	220000	325000
Illanó emisszió:		
Teljes	66490	32200
Tetőn	56160	17020
Vezérelt emisszió		
Kohó/kénsavgyár	7990	7600
Másodlagos kámzsák kéménye	2547	2116

\* 10 millió EUR beruházás után az illanó gázok jobb gyűjtésére és kezelésére. Járulékos energiaigény: 13,6 GWh/a.

### 3.29 táblázat A másodlagos füstgyűjtés javításának jellemzői

**Kereszthatások:** Pozitív hatás - A teljes ventilációs levegő gyűjtéséhez viszonyítva csökkent energiafelhasználás, a fő kibocsátások csökkenése.

**Gazdaságosság:** 23 millió DM a teljes rendszer költsége, amely magában foglalja a kámszákat, a gázvezetéseket és az irányítórendszert. Energiafelhasználás 13,6 GWh/a.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb konverteres eljárás. Alkalmazható egy sor más kemencére is, mint például az El Teniente és a Noranda.

**Példa üzem:** Németország.

**Referencia irodalom:** [tm 161, Petersen 1999]; [tm 92, Cu Expert Group 1998].

### 3.06 PÉLDA A VENTILLÁCIÓS GÁZOK GYŰJTÉSE AZ ÜZEMCSARNOK TETEJÉN

**Leírás:** Konverter-csarnok füstgyűjtő-rendszer a ventilációs gázok kezelésére. Az összes ventilált gázt a csarnok tetején gyűjtik. A gázkezelés során por-, illant fém- SO<sub>2</sub>-eltávolítás történik.

**Fő környezeti előnyök:** Az illanó emisszió összegyűjtése a konverter-csarnokból.

**Működési adatok:** A 170000 t/a termelésű olvasztó/konverter üzem épületéből 99,9%-os hatékonyságú gázgyűjtést értek el. Az összegyűjtött gázokat a dúsítmányszárítás gázaival együtt tisztítják. A jelenlegi rendszer korlátozott SO<sub>2</sub>- eltávolításra képes és elektrosztatikus porleválasztást alkalmaz.

Kibocsátás	Kibocsátás helye		
	Elsődleges gyűjtés 200000 Nm <sup>3</sup> /h	Másodlagos gyűjtés 1000000 Nm <sup>3</sup> /h	Illanó
Kén-dioxid	523 t/a	2242 t/a	147 t/a

### 3.30 táblázat A csarnoktető-gázgyűjtéssel működő gázkezelés jellemzői

**Kereszthatások:** Összesített pozitív hatás - Nagyon energiaigényes, a teljes emisszió csökken.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de a gyakorlatban két üzem működik ilyen módon.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb konverteres eljárás.

**Példa üzemek:** Svédország, Finnország.

**Referencia irodalom:** [tm 140 Finland Cu 1999]; [tm 106, Farell 1998].

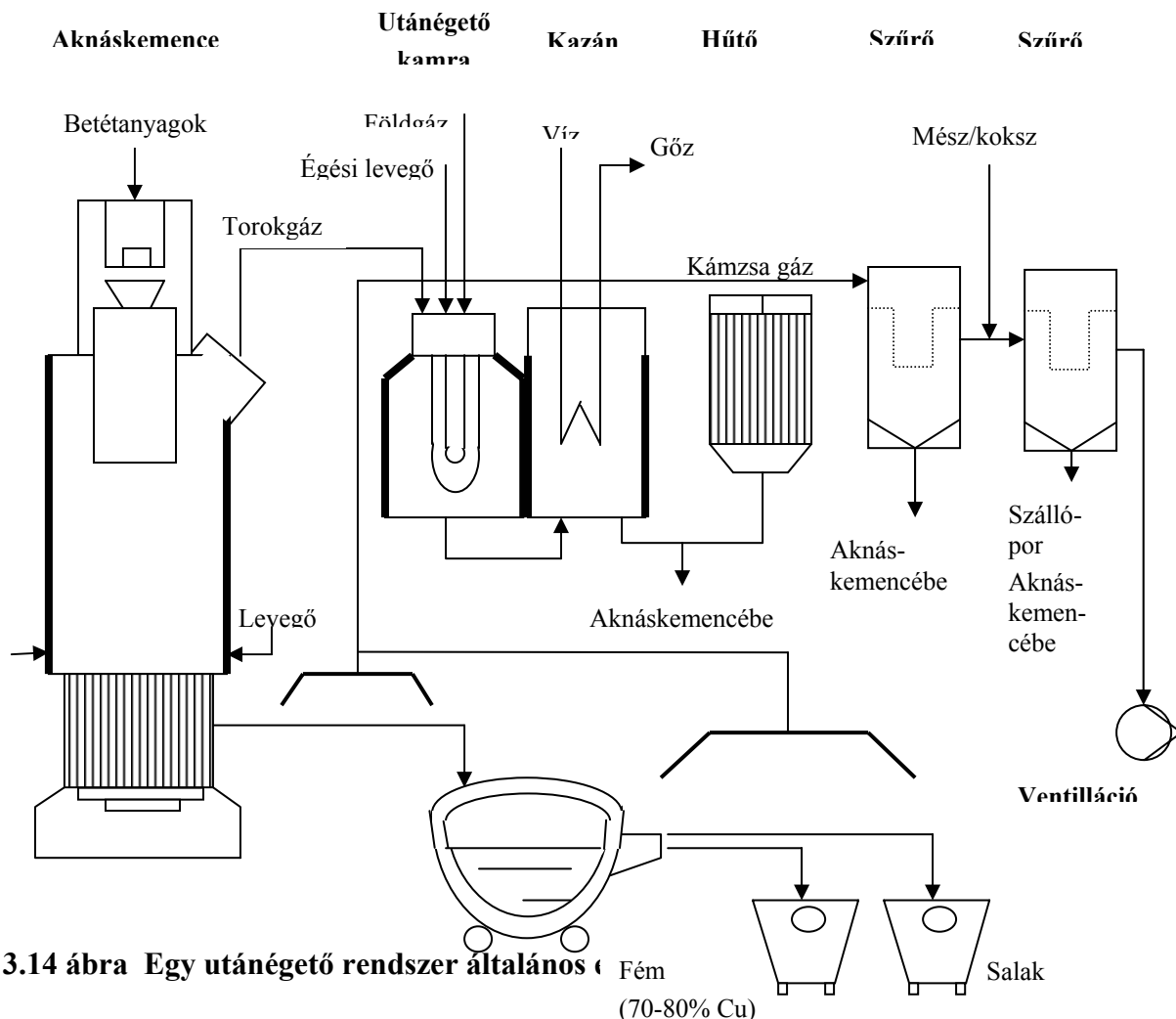
Kámzsák használata a csapolásnál és az öntésnél szintén megfontolásra érdemes. A csapolásnál illanó füstök az oxigénes lándzsázás füstgázaiból, a fűrés porából, az elgőzölgő anyagból, valamint a nyílt fém- és salakfelkszínen képződő füstökből áll. Ezeket a füstöket főként a kohósítási eljárásban szereplő fémek oxidjai alkotják.

A kemencéből összegyűjtött gázok általában forróak, és a gáztisztító berendezés védelmére előzetes hűtést, vagy hőhasznosítást kell alkalmazni. A primer rézelőállításhoz szokásosan kénsavvá konvertálás, illetve kén-dioxid előállítás kapcsolódik. A szekunder rézelőállításhoz kapcsoltan szövetzsákos fgázsűrűst és/vagy gázmosást alkalmaznak. A dúsítmányszárítás és a tűzi raffinálás mellett gázmosással, vagy száraz kéntelenítéssel távolítják el a kis koncentrációjú kén-dioxidot.

A következő két példa az utánégetés, hűtés semlegesítés és szűrés alkalmazását illusztrálja.

**3.07 PÉLDA UTÁNÉGETÉS, GÁZHŰTÉS ÉS SZÖVETZSÁKOS SZŰRÉS**

Leírás: Utánégető kamra és gázkezelés, amely kokszos/meszes érintkeztetést és azt követő szövetzsákos szűrést jelent. Az utánégető rendszer egy évente 15200 t feketerezet termelő aknáskemencéhez kapcsolódik. A gáz térfogata 32000 Nm<sup>3</sup>/h.



**3.14 ábra** Egy utánégető rendszer általános vázlatja

Fém (70-80% Cu) Salak

**Fő környezeti előnyök:** Dioxinok roncsolása. A CO és más karbontartalmú anyagok roncsolása.

**Működési adatok:** Elért dioxintartalom  $< 0.1 \text{ ng/Nm}^3 \text{ TEQ}$ .

**Kereszthatások:** Pozitív hatás - A fő kibocsátások csökkenése. Egyéb fémek kinyerése.

**Gazdaságosság:** Az utánégető és a szövetsákos szűrő beruházási költsége  $\sim 1,5$  millió EUR.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb aknáskemencéhez, illetve egyéb kemencékhez, ahol hasonló követelmény a gázok hűtése és a CO, SO<sub>2</sub> és a por eltávolítása.

**Példa üzemek:** Német és osztrák üzemekben működik.

**Referencia irodalom:** [tm 124, DFIU Cu 1999], [tm 160, Winter Cu 1999], [tm 226, VDI 2102, 1999]

### *3.08 PÉLDA GÁZHŰTÉS ÉS SZÖVETZSÁKOS SZŰRÉS*

**Leírás:** Gázhűtő rendszer és szövetsákos szűrő. Mészadagolás, amennyiben kén-dioxid is van a gázokban.

**Fő környezeti előnyök:** A konverterből és a tűzi raffinálásból származó gázok kezelése a por és a fémtartalom eltávolítására.

**Működési adatok:** Por:  $1-3 \text{ mg/Nm}^3$ . Cu+Pb+Zn  $< 0,2 \text{ mg/Nm}^3$ .

**Kereszthatások:** -Pozitív hatás - A por- és a fémtartalom hatékony csökkentése. A Zn, Pb, stb. Visszanyerése.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de a gyakorlatban működik.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb konverter és raffináló anódkemence, valamint szárítók is.

**Példa üzemek:** Egy üzem használja Ausztriában.

**Referencia irodalom:** [tm 160, Winter Cu 1999]

### 3.3.14 Folyamatirányítás és igazgatás

A folyamatirányítás és igazgatás elvei, mint például az ISO 9000 használata, alkalmasak az ebben a csoportban szereplő termelési eljárásokhoz. A kemencék és az eljárások egy része javulhat több ilyen módszer alkalmazásával. A rézolvasztó kemencék hőmérsékletszabályozása az egyik figyelmet érdemlő terület. Alapvető jelentőségű a működtető személyzet képzése, a technológiai leírások kidolgozása és az ezek betartását szolgáló igazgatási rendszer. A megelőző karbantartás is megfontolandó, ahol erre szükség lehet.

### 3.3.15 Hulladékvíz

Ez a téma egyedi körülményekre specifikus. A meglévő kezelőrendszerek jó minőségűnek ismertek. Az összes hulladékvízből el kell távolítani az oldott fémeket és a szilárdanyagot. A 2. fejezetben említett technikákat kell számbavenni. Számos esetben a hűtővizet és a kezelt szennyvizet beleértve az esővizet is - visszajáratják, illetve újrahasznosítják a folyamaton belül. A lefolyó vizeket, ha összegyűjtik és elkülönítve tárolják, ülepitéssel és/vagy pH beállítással kell kezelni a kibocsátás előtt.

#### 3.09 PÉLDA HULLADÉKVÍZKEZELÉS

**Leírás:** Kénsavgyári gyenge sav és egyéb savas mosóvizek kezelése mésszel és vas-szulfáttal.

**Fő környezeti előnyök:** Minimális a hulladékvíz-kibocsátás, csökken a vízfogyasztás.

#### Működési adatok:

Belépő:	
Mennyiség	35 m <sup>3</sup> /H
Koncentrációk:	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	60 g/l
Cu	2100 mg/l
Hg	15 mg/l
As	2200 mg/l
Pb	2600 mg/l
Ni	7 mg/l
Cd	110 mg/l
Szuszpendált szilárd	200 mg/l
Kibocsátott:	
Mennyiség	31,2 m <sup>3</sup> /h
pH	9,5
Cu	0,2 - 0,5 mg/l

Hg		0,05	
As		0,1 mg/l	
Pb		0,2 mg/l	
Ni		0,5 mg/l	
Cd		0,1 mg/l	
Gipsz iszap -	mennyiség:	6 - 7 t/h	
	Összetétel	40 - 50	% víztartalom,
		~ 30 - 35	% CaSO <sub>4</sub> ,
		~ 1	% As (arzén-vegyület),
		~ 1	% Cu,
		~ 1 - 2	% Fe,
		~ 0,01	%Hg,
		~ 1	% Pb,
		~ < 0,1	% Ni,
		~ < 0,1	%Cd.

### 3.31 táblázat A gyenge sav kezelésének jellemző adatai

**Kereszthatások:** - Pozitív hatás - A hulladékvízbe kerülő kibocsátások csökkenése, a hulladékvíz és iszap lehetséges újrahasznosítása.

**Gazdaságosság:** Beruházási költség 4,5 - 5,2 millió EUR, ezen belül berendezés 2.5 millió EUR. Elektromos energia 200kW, mésztej (10%) 15 m<sup>3</sup>/h, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (10%) 0,8 m<sup>3</sup>/h, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 80 kg/h.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb ipari szennyvízrendszer.

**Példaüzemek:** Beruházás alatti létesítmény az EU-ban.

**Referencia irodalom:** [tm 210, Cu Expert group 1999]

### 3.10 PÉLDA HULLADÉKVÍZ-KEZELÉS ÉS VISSZAJÁRATÁS

**Leírás:** Felszíni és műveleti hulladékvíz-gyűjtő és -kezelő rendszer. Kezelés NaHS-t használva, ezután ülepités és homokos szűrés. A kezelt vizet újrahasznosítják a folyamatban és a hulladéktároló terület locsolására.

**Fő környezeti előnyök:** Minimális hulladékvíz-kibocsátás, csökkent vízfogyasztás.

**Működési adatok:**

Összetevő koncentráció, mg/l	Rézipari hulladékvíz NaHS-os kezelés, ülepítés és homokos szűrés után
Cu	0,04
Pb	0,04
Ni	0,07
Zn	0,13
As	< 0,01
Cd	0,004
Szuszpendált szilárd	1,0

### 3.32 táblázat A NaHS-os kezelés jellemző adatai

**Kereszthatások:** - Pozitív hatások - A fő vízszennyezési források csökkentése, hulladékvíz-újrahasznosítás.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de működik és gazdaságilag megalapozott.

**Alkalmazhatóság:** Az esővíz újrahasznosítása a hulladéktér nedvesítésére.

**Példaüzemek:** Belgium.

**Referencia irodalom:** [tm 106, Farell 1998].

### 3.11 PÉLDA HŰTŐVÍZ-KEZELÉS

**Leírás:** Egy anódöntő rendszer közvetlen hűtővízkivezetésének kezelése.

**Fő környezeti előnyök:** Minimális hulladékvíz-kibocsátás, vízfogyasztás csökkentése.

**Működési adatok:**

A kezelés típusa:	Ülepítés, pH beállítás és precipitáció	
Nyers hulladékvíz Mennyiség:	~ 350000 m <sup>3</sup> /a	
Fő alkotók:	Kezelés előtt	Távozó



pH		8,5 - 9,5
Cu, mg/l	< 30	0,01 - 0,25
Pb, mg/l	< 2,5	0,001 - 0,1
As, mg/l	< 2,0	0,001 - 0,1
Ni, mg/l	< 0,5	0,002 - 0,06
Cd, mg/l	< 0,01	0,0001 - 0,003
Zn, mg/l	< 1,0	0,02 - 0,5

### 3.33 táblázat Egy hűtővízkivezetés kezelő rendszer jellemző adatai

**Kereszthatások:** - Pozitív hatás - A fő vízszennyezőforrások csökkentése.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de a rendszer működik.

**Alkalmazhatóság:** Az esővíz újrahasznosítása a hulladéktároló terület nedvesítésére.

**Példaüzemek:** Egy német üzem használja.

**Referencia irodalom:** [tm 210, Cu Expert Group 1999]

### 3.3.16 Technológiai maradványok

A megfontolandó eljárásokhoz a maradványokból történő fémkinyerés és a végső lerakásra kerülő hulladék minimalizálása szempontoknak kell megfelelnie a kidolgozandó technikának.

## 3.4 A legalkalmasabb technikák

Az ebben a szakaszban bemutatott eljárások és a kapcsolódó kibocsátási és fogyasztási szintek iteratív módon kerültek megállapításra az alábbi lépésekben:

- A szektor alapvető környezetvédelmi szempontjainak meghatározása; a rézelőállítás esetében ezek a SO<sub>2</sub>, por, fém-oxid füst, szerves vegyületek, hulladékvíz, maradványok, mint például kemencebélés, iszap, szűrő-por és salak. A réz másodnyersanyagainak kezelésekor fellépő dioxinképződés is egy szempont.
- Az alapvető szempontokra leginkább vonatkozó technikák vizsgálata;
- Az EU-ban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján a legjobb környezetvédelmi szintek megállapítása;
- A feltételek vizsgálata, amelyek mellett ezeket a szinteket elérték; például, költségek, kereszthatások, a módszerek alkalmazásának fő hajtóereje;
- A legalkalmasabb technika (BAT) és az ennek megfelelő kibocsátási és/vagy fogyasztási szintek meghatározása.

Az Európai IPPC Iroda és a megfelelő Műszaki Munkacsoport (TWG) fontos szerepet játszott mindegyik lépésben.

A jelen értékelésben olyan technikákat és kapcsolódó emissziós és felhasználási szintek szerepelnek, amelyek az egész szektor számára megfelelőek és sok esetben a szektorban működő egységek jelenlegi mutatóit tükrözik. Ahol a "legalkalmasabb technikához kötődő" emissziós és kibocsátási szintek szerepelnek, a technikák alkalmazásával feltételezhető környezeti hatások a BAT definíciójának megfelelő költségek és eredmények szem előtt tartásával értelmezhetőek. Azonban ezek nem határértékek. Bizonyos esetekben műszakilag lehetséges jobb emissziós, vagy felhasználási értékeket elérni, de az evvel járó költségek, vagy keresztthatások miatt nem tekinthetőek az ilyen megoldások BAT-nek az egész szektorra vonatkozóan. Azonban az ilyen értékek irányadóak lehetnek bizonyos esetekben, amikor különleges szempontok is léteznek.

A legalkalmasabb technikára vonatkozó emissziós és felhasználási adatokat a megadott körülményekkel (pl. átlagolási időszak) együtt kell figyelembe venni.

A "legalkalmasabb technikára vonatkozó szintek" fogalmát meg kell különböztetni a szintén előforduló "elérhető szint" jellemzőitől. Ha egy szint "elérhető"-nek van jelezve egy bizonyos technikával, vagy bizonyos technikák kombinációjával, akkor ez úgy értendő, hogy a megadott szint egy számottevően hosszú időszakon keresztül elérhető lesz, ha a berendezés megfelelően van karbantartva és működtetve.

Ahol csak lehetséges, költségek is szerepelnek, az előző szakaszban ismertetett technikák leírásával együtt. Ezáltal egy durva becslést lehet kapni az alkalmazandó technikával járó költségekre. Azonban a valóságos költségek a erősen függenek az adott körülményeken, tekintettel, például az adókra, díjakra és a technikai jellemzőkre. Ezeket a helyi tényezőket nem tartalmazhatja a dokumentum. A költségadatok hiányában a technikák gazdasági megvalósíthatóságára vonatkozóan a meglévő üzemek megfigyelése alapján lehet levonni. A jelen szakasz általános BAT megjelölése referencia pontot kíván adni ahhoz, hogy egy meglévő üzem működésének minőségét, vagy egy új üzem tervét meg lehessen ítélni. Az új üzemek tervezhetőek úgy, hogy az általános BAT szinteknek megfelelően, vagy azoknál még jobban is működjenek, mint, ahogy a meglévő üzemek is ilyen irányban mozdulhatnak el. Mindehhez a megjelölt technikák műszaki és gazdasági alkalmazhatósága a feltétel.

A BREF dokumentumok nem állítanak törvényileg kötelező normákat, inkább az iparnak, a tagállamoknak és a széles tömegeknek kívánnak iránymutató információkat szolgáltatni az adott technikákkal elérhető emissziós és felhasználási szintekről. Minden konkrét esetben a megfelelő határértékeket az IPPC Direktívák céljainak és a helyi érdekeknek megfelelően kell kialakítani.

Mivel a Legalkalmasabb Technikákat (BAT) számos tényező befolyásolja, ebben az alfejezetben módszeresen kell a technikákat vizsgálni. A megközelítés az alábbi módszert követi:

- Első szempont: a módszer megválsztása erősen függ az adott helyen rendelkezésre álló nyersanyagoktól. A legfontosabb szempontok az összetétel, az egyéb fémek jelenléte, a szemcseméret-eloszlás (beleértve a porzási hajlamot) és a szerves anyaggal való szennyezettség mértéke. A primér nyersanyagok származhatnak egy, vagy több forrásból, a szekunder nyersanyagok minősége pedig nagyon változhat, illetve a primer és szekunder nyersanyagok keverhetőek is.
- Második szempont: Az eljárásnak illeszthetőnek kell lennie a legalkalmasabb gázgyűjtő és -tisztító rendszerekhez. A használt füstgázgyűjtő és tisztító eljárás a termelő eljárás fő jellemzőihez fog igazodni, például néhány eljárás nem igényli az anyagok üstben történő mozgatását, ezért jobban szigetelhetőek. Más eljárások könnyebben dolgozhatnak fel másodnyersanyagokat, ezáltal csökkentik a szélesebb értelemben vett környezeti hatásokat.

- Végül: a keletkező hulladékanyagok és szennyvizek minimalizálása, illetve a folyamaton belül, illetve más eljárásokban történő újrahasznosítása is fontos szempont. Emellett az eljárás kiválasztásánál figyelembe kell venni a folyamatokhoz és a gáztisztításhoz szükséges energiafelhasználást is.

Látható, hogy a legalkalmasabb technika (BAT) kiválasztása összetett kérdés, amely elsősorban a fenti tényezők függvénye. A különböző követelmények miatt a BAT elsősorban a rendelkezésre álló nyersanyagtól, valamint az igényelt termelési kapacitástól függ, ezért a kérdés helyi specialitású. Előnyös lehet, ha egy primer eljárás szekunder nyersanyagokat is befogadhat.

A következő pontok foglalják össze az ajánlott kiválasztási módszert:

- Az eljárást igazolja-e az ipari gyakorlat és megbízható-e?
- Van-e korlátozás a feldolgozható nyersanyagok tekintetében? - pl. a primer kohósításnál néhány eljárás az egyszerű dúsítmányokra alkalmas, míg mások komplex (több fémot tartalmazó) nyersanyag esetén is alkalmasak.
- A betétanyag típusa és az egyéb tartalmazott fémek (pl. Pb, Zn) befolyásolja az eljárás megválasztását.
- Van-e termelési kapacitás korlát? - pl. egy bizonyított felső határ, vagy egy gazdaságosságot biztosító minimális termelési volumen.
- A legújabb és hatékony gáztisztítási módszerek használhatóak-e az eljárással kapcsolódva?
- Tudja-e az eljárás és a kapcsolódó gáztisztítás biztosítani a legalacsonyabb emissziós szinteket?
- Vannak-e egyéb szempontok, mint például balesetvédelem, biztonság, amelyek kapcsolódnak az eljáráshoz?

Jelenleg számos eljárás-gáztisztítás kombinációt lehet a legmagasabb környezetvédelmi normák és a BAT követelményeinek megfelelően működtetni. Az eljárások különböznek az elérhető teljesítmény és a feldolgozható anyagok tekintetében, ezért több kombináció is szerepel. Mindegyik eljárás maximalizálja a maradványok újrahasznosítását és minimalizálja a vízszennyezést. Az eljárások gazdaságossága változó. Néhányat nagy kapacitással kell működtetni, hogy gazdaságos legyen, míg mások nem tudnak nagy teljesítményt biztosítani.

A eljárásokhoz kötődő gázgyűjtő és -tisztító technikákat a 2. fejezet, valamint a BAT meghatározásánál figyelembevehető technikák tárgyalása során ebben a fejezetben kerültek részletezésre. A metallurgia folyamattal összekapcsolva magas szintű környezetvédelmet tudnak biztosítani.

Az általános bevezetésben említetteknek megfelelően, ez a szakasz a BAT-nak megfelelő technikákat és emissziós szinteket ajánl. A célkitűzés az emissziós és felhasználási szintek általános jelzése, amelyek egy BAT-alapú működésnél irányadóak lehetnek. Ezért az új és a modernizált üzemekre jellemzően elérhető szintek lesznek megadva. A meglévő üzemek esetében létezhetnek olyan tényezők, például hely- és magassági korlátok, amelyek gátolhatják az ajánlott technikák teljes alkalmazását.

Az elérhető szint változni fog a az idővel, amit alapvetően a berendezés állapota, a karbantartás és a gáztisztítás folyamatirányítása okozhat. A forrásfolyamat működése is befolyásolja a jellemzőket, mivel valószínű változások lehetnek a hőmérsékletben, a gáztérfogóban, vagy éppen az anyag jellemzőiben egy adag során. Ezért az elérhető kibocsátási szintek csak alapot adnak ahhoz, hogy az érvényes üzemi jellemzőket meg lehessen ítélni. A folyamat dinamikus jellemzőit és más üzem-specifikus kérdéseket helyi szinten kell kezelni. A BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikákat leíró szakaszban

szereplő példák koncentráció-értékei néhány létező eljárás adatainak felelnek meg [tm 137, Cu Expert Group 1998].

### 3.4.1 Anyagmozgatás és -tárolás

Az anyagmozgatás és -tárolás céljaira legmegfelelőbb technikák (a 2.17 fejezetben foglalt következtetések alapján):

- Olyan folyadéktároló rendszerek használata, amelyek vízzáró (kármentő) medencékben vannak elhelyezve. A kármentő medence térfoga legalább akkora legyen mint a benne elhelyezett legnagyobb tartályé. Minden tagállamban különböző irányelvek létezhetnek, amelyeknek meg kell felelni. A tárolóterületeket úgy kell tervezni, hogy a tartályok felső részéből és a továbbító-rendszerekből eredő elfolyások is a kármentő medencébe kerüljenek. A tartályokban elhelyezkedő folyadékmennyiséget ki kell jelezni és ehhez kapcsolatosan riasztórendszert kell alkalmazni. A tárolótartályok túltöltését programszerű folyadékadagolással és automatikus irányítással kell megakadályozni.
- Kénsavat, vagy más maró anyagot kettősfalú tartályokban, vagy vegyianyagoknak ellenálló és azonos térfogatú kármentő-medencékben elhelyezett tartályokban kell tárolni. Ésszerű szivárgásjelző és -riasztó rendszereket is telepíteni. Ha fennáll a talajvízszennyezés veszélye, a tárolóterületnek vízzárónak és a tárolt anyagnak ellenállónak kell lennie.
- A kivételi pontoknak a kármentő-medencén belül kell elhelyezkedni, hogy a kicsordult folyadék összegyűjthető legyen. A kiszorított gázok visszaáramoltatásával el kell kerülni a az illékony szerves anyagok emisszióját. A kivételi csatlakozások automatikus újra tömítését meg lehet fontolni a kicsordulások elkerülésére.
- Az össze nem férhető anyagokat (pl. oxidálószeres és szerves anyagok) el kell különíteni, és a tároló tartályokban, illetve tárolóterületeken inert gázokat kell alkalmazni, ha szükséges.
- A nyílt tárolók elvezetéseinél olaj- és iszapcsapdák használata. Az olajtartalmú anyagok tárolása szegélyezett betonozott területen. A tárolt vegyianyagoknak megfelelő oldatkezelési módszerek alkalmazása.
- A szállítószalagok és a csővezetékek biztonságos, felszín feletti nyílt területeken történő elhelyezése, hogy az elfolyások időben észlelhetőek legyenek és a járművek, vagy más berendezés okozta sérülések megakadályozhatóak legyenek. Ha föld alatti csővezetékeket alkalmaznak, akkor az elhelyezésük dokumentálható és jelölhető, valamint szükség esetére biztonságos kiásási terv dolgozható ki.
- Gondosan tervezett, erős nyomásos tartályok (ide értve a gázpalackokat) alkalmazása, a tartályok és a kivezető csövek nyomásfigyelésével, a törések és szivárgások megakadályozása. A zárt terekben és a tárolók közelében gázérzékelőket kell használni.
- A poros anyagokhoz zárt adagoló, tároló és visszanyerő egységeket kell használni, a napi tárolásra pedig silók használhatóak. A porok tárolására teljesen zárt épületek szolgálhatnak, amelyekben nem szükséges szűrőket is elhelyezni.
- A porzási hajlam csökkentésére tömítőanyagokat (pl. melasz, PVA) lehet használni, ahol megfelelő és alkalmazható.
- Zárt szállítószalagokat és gondosan megtervezett, nagy ellenállólépcségű kivételi és szűrő egységek használhatóak az kiadagolás helyeinél, silóknál, pneumatikus szállítási rendszerekben és a szállítószalag csatlakozási pontokon a porkibocsátás megakadályozására.

- Nem poros és nem oldódó anyagokat vízzáró és gyűjtőcsatornás felületeken lehet tárolni.
- Reszeléket forgácsot és más olajos anyagot fedél alatt kell tárolni, ami meggátolja az esővíz általi kimosódást.
- A szállítási rendszerek ésszerűsítése által minimalizálható por képződése és széthordása az üzem területén belül. A port elhordó esővizet össze kell gyűjteni és a kibocsátás előtt kezelni kell.
- A porszállító járművek tisztítására használhatóak kerék-, karosszériamosó és egyéb tisztító rendszerek. A módszert a helyi feltételek (pl. fagyás) befolyásolják. Az utakat felseprésre kampányokat lehet szervezni.
- Készletfigyelő és irányító rendszerekkel az elfolyások megállapítására és megakadályozására.
- Anyagmintavevő és -analizáló rendszerek építhetők be az anyagmozgató és -tároló rendszerbe a nyersanyag minőségének megállapítására és a feldolgozási eljárás megtervezésére. Ezeket a rendszereket is az anyagmozgató- és tároló rendszeréhez hasonlóan magas színvonalon kell megtervezni és működtetni.
- A redukálószer , mint például a szén, kokszt vagy faporgács tárolására szolgáló területeket figyelni kell az öngyulladás okozta tüzek észlelésére.
- Jó tervezési, építési gyakorlatot és megfelelő karbantartást kell alkalmazni.

Az anyagmozgatás és tárolás módszereit az alábbi táblázat foglalja össze.

<b>Nyersanyag</b>	<b>Tárolás</b>	<b>Mozgatás</b>	<b>Előkezelés</b>	<b>Megjegyzés</b>
Szén/kocsz	Fedett tárolótér, silo	Fedett szállítószalag, pneumatika		
Tüzelő- és egyéb olaj	Tartályok, hordók kármentőben	Csővezeték, vagy kézi rendszer		
Salakképzők Ha porzik	Nyitott beton/egyéb felületen Zártan (silo)	Zárt szállítószalag, porgyűjtés, pneumatika	Keverés a dúsítmánnyal vagy mással	
Dúsítmány	Zártan, kivéve, ha nem porzik	Zárt, porgyűjtéssel, pneumatikusan	Keverés, szárítás	
Réz termékek (katód, buga)	Nyílt betonozott, vagy zárt tároló			
Finom por	Zárt	Zárt, porgyűjtéssel, pneumatikusan	Keverés, agglomerálás	
Durva por (nyersa./salak)	Fedett tárolók	Gépi adagolás	Olajtalanítás, ha szükséges	Olajgyűjtés, ha kell
Darabos (nyersanyag/salak)	Nyitott	Gépi adagolás		Olajgyűjtés, ha kell
Egész darabok	Nyitott, vagy fedett tárolóterek	Gépi adagolás		Olajgyűjtés, ha kell
Reszelék	Fedett tároló	Adagoló skip	Szárítás, vagy olajtalanítás	Olajgyűjtés, ha kell
Vezeték	Nyitott	Gépi adagolás	Burkolat eltávolítás	Olajgyűjtés, ha kell

Nyomatott áramköri lap	Fedett tárolótér	Gépi adagolás	Órlés + sűrűség szerinti szeparálás	Műanyag-tartalom hő-bevitelt ad
Maradványok visszajáratásra	Nyitott, fedett, ill. zárt tér, a porzástól függően	A körülményektől függ		Megfelelő csatorna-rendszer
Hulladékok lerakásra (pl. kemencebélés)	Nyitott, fedett, zárt tér, vagy hordók, az anyagtól függően	A körülményektől függ		Megfelelő csatorna-rendszer

### 3.34 táblázat A rézkohászat anyagainak mozgatása és tárolása

#### 3.4.2 Az eljárás megválasztása

Nem lehet egyetlen eljárást alkalmasnak kijelölni ezekre a fémekre. A következő eljárási fázisok technikái a rendelkezésre nyersanyagokra alkalmazható BAT-nek felelnek meg.

##### 3.4.2.1 Primer rézkohászat

Minden tényezőt figyelembe véve és megfelelő gázgyűjtő és -tisztító módszereket feltételezve, az alábbi eljárás-kombinációkat tekinthetjük Legalkalmasabb Technológiaként (BAT) a réz előállítására.

A Mitsubishi és az Outokumpu/Kennecott folyamatos eljárásait jelölhetőek meg BAT-ként a primér rézkohászat kénszkoolvasztási és konverterezési fázisaira. Míg az Outokumpu/kennecott eljárás egyenlőre csak primér nyersanyagokat dolgoz fel, a Mitsubishi rendszer másodlagos réz-nyersanyagokat és hulladékot is feldolgoz, de nagyobb lehet a kén-dioxid emissziója a raffináló anódkemencéből. Ezek az eljárások zárt kenceékkal működnek és nem igénylik a kéneszkoolvadék és egyéb anyag üstben történő szállítását, így alapvetően tisztábbak. A granuláló lépés és az olvadék átfolyó csatornái, valamint a hulladék (anódmaradvány) elkülönített olvasztása - ha erre szükség van - füstképződési helyek, ahol füstgyűjtést kell alkalmazni. Ezeknek az eljárásoknak különböző beruházási, működési költségei és kapacitásai vannak. A végső döntés a helyi körülményektől - mint például a nyersanyag minősége és a tervezett termelési volumen - függ.

Hasonló környezeti jellemzőket lehet elérni a különböző helyről származó dúsítmányok keverékével üzemeltetett Outokumpu röptében olvasztó kemencével. Kisebb termelési szinten és a bánya területen működtetve, az ISA Smelt kemence is bizonyította a megfelelőségét. Ezeket a kemencéket a Peirce-Smith, vagy hasonló konverterrel kapcsoltan használják.

A fluidizáló kemencében végzett részleges pörkölés, az elektromos kemencés olvasztás és a Peirce-Smith konverter kombináció előnyös a komplex nyersanyagok feldolgozására, lehetővé téve a dúsítmányban előforduló egyéb fémek, mint cink és ólom, kinyerését.

További lehetőség az Outokumpu röptében olvasztó kemence használata közvetlenül blister-réz előállítására speciális, kis vastartalmú, vagy nagyon jó minőségű (kevés salakot adó) dúsítmányok esetében.

A jó környezetvédelmi normák teljesítésére a nem-folyamatos eljárások konverteres lépésénél (Peirce-Smith, vagy egyéb) fejlett elsődleges és másodlagos gázgyűjtést kell alkalmazni. A gázgyűjtő kámzsák rendszerét úgy kell kialakítani, hogy az üstöket megfelelően lehessen mozgatni, ugyanakkor a jó hatásfokú füstgyűjtés is fenntartható legyen. Ennek érdekében egy az intelligens vezérlés automatikusan igazodhat a füstemisszióhoz, ahogyan az keletkezik a ciklus során, kisebb energiaigényt támasztva mint a folyamatos működés. Egy erre vonatkozó

példa szerepelt a a BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikákat tárgyaló fejezetben. A konverter fűtési ciklusát és a füstgyűjtést automatikusan össze kell hangolni, megakadályozva a fűtést a konverter kifordított helyzetében. Pótlékanyagokat - amennyire lehetséges - a kámzsán és a fűvókákon keresztül kell beadagolni. Ez a kombináció potenciálisan nagyobb rugalmasságot biztosít, lehetővé téve mind a primér, mind pedig a szekundér nyersanyagok felhasználását, és hasznosítja a konverterezés folyamán felszabaduló hőt a hulladék olvasztására.

A figyelembe vehető technikákhoz sorolt Noranda és El Teniente konverterek, valamint a Contop kemence szintén elérhetik a fentebb felsorolt környezetvédelmi jellemzőket. Ezek a berendezések jelenleg alacsonyabb környezetvédelmi normák mellett működnek, de jó gázgyűjtő és -tisztító rendszerekkel párosítva, előnyösek lehetnek az energiafelhasználás, az önköltség, a teljesítmény és a modern megoldások illesztése szempontjaiból. Az INCO röptében olvasztó kemence szintén előnyös lehet, de 100% oxigénnel működik, emiatt szűkebb tartományban kell szabályozni.

A Baiyin- és a Vanyucov- eljárásokról korlátozott információ áll rendelkezésre. Jelenleg ez nem teszi lehetővé a BAT-re vonatkozó potenciális alkalmasságuk megítélését. [tm 137, Copper Expert Group 1998].

A primer olvasztási és konverterezési eljárásokból származó gázokat kezelni kell a por és az illant fémek eltávolítására, a hő és az energia hasznosítására, és a kén-dioxidot kénsavvá kell alakítani egy kétfokozatú kontakt kénsavgyárban, amelyet a BAT meghatározásánál figyelembe vehető technikák esetében tárgyalta szempontok szerint kell megtervezni. A folyékony kén-dioxid előállítása, a maradék kén-dioxidnak kénsavvá alakítását biztosító kénsavgyárral összekötve, BAT-ként tekinthető, ha helyi piaca van a kinyert anyagnak.

Eljárás	Nyersanyag	Megjegyzés
Outokumpu röptében olvasztás/ Peirce-Smith konverter	Dúsítmány és rézhulladék	Standard módszer, érett, rugalmas, környezetbarát, ha megfelelő gáztisztítással párosul. 370000 t/a feletti kapacitás
Részleges pörkölés/ elektromos kemence/ Peirce-Smith konverter	Egyszerű és komplex dúsítmány, másodnyers-anyagok, rézhulladék	Bizonyított eljárás, 220000 t/a kapacitásig a gyakorlatban. A cink kinyerésére az eljáráshoz illósító salakkezelés kapcsolódik
Mitsubishi folyamatos eljárás	Dúsítmány, rézhulladék	Jelenleg két üzem működik és kettő építés alatt. 240000 t/a kapacitásig igazolt.
Outokumpu-Kennecott röptében olvasztás-konverterezés	Dúsítmány	Ebben a kombinációban csak egy üzem működik, ~300000t/a réztermelő kapacitással. Egy másik üzem építés alatt.
ISA Smelt kemence) Peirce-Smith konverter	Dúsítmány és másodnyersanyag	Két üzem működik. 230 t/a réztermelési kapacitás igazolt.
Noranda/El Teniente eljárás/ Peirce-Smith konverter	Dúsítmány, rézhulladék (Noranda)	Az El Teniente elterjedt Dél-Amerikában, elsősorban állandó dúsítmányokra. 190000 t/aréztermelés igazolt.
Contop/ Peirce-Smith	Dúsítmány	Csak egy üzem. Komplex nyersanyag

konverter		feldolgozása lehetséges. 120000 t/a réztermelő kapacitást ért el.
Inco Röptében olvasztás /Peirce-Smith konverter	Dúsítmány	Eddig csak azonos dúsítmánnyal dolgozó üzemben használták. 200000 t/a réztermelési kapacitás igazolt.

Fő gáz: kénsavgyártáshoz. Füstgázgyűjtés és -tisztítás; Hulladékvíz-tisztítás.

### 3.35 táblázat A BAT-ként tekinthető primér rézkohászati technológiák

#### 3.4.2.2 Szekunder rézkohászat

A másodnyersanyagokból történő rézelőállításnál a betétanyagok változása és a minőség irányítása helyi szinten történik, ami befolyásolja a kemencék kombinációját, az előkezelési és a kapcsolódó emisszió-csökkentési technikákat is. A legalkalmasabb technikaként (BAT) számbavehető eljárások az aknáskemence, mini-smelter, TBRC, a bemerülő elektródás elektromnos ívkemence, ISA Smelt és a Peirce-Smith konverter.

A bemerülő elektródás ívkemence egy tömítetten zárt berendezés, így alapvetően tisztább mint a többi, feltéve, hogy a gázkivezetési rendszer megfelelően van tervezve és méretezve. Jelenleg az elektromos kemencék alkalmazzák kén-tartalmú anyagokra is, és ilyenkor kénsavgyárhoz kapcsolják. A gáztérfogó kisebb mint a többi kemence esetében [tm 92, Cu Expert group 1998], ezért a gáztisztító üzem mérete is kisebb lehet. A jó minőségű rézhulladék esetében, amikor nincs szerves szennyezettség, a BAT számára a lángkemence, az aknás lángkemence és a Contimelt eljárás tekinthető, a megfelelő gázgyűjtő és -tisztító rendszerekkel összekapcsolva.

#### 3.4.2.3 Primér és szekunder konverterezés

A konverterezés fázisa minden figyelembe vehető technikának része. Ha szakaszosan üzemelő konvertereket (Peirce-Smith, vagy hasonló) használnak, akkor teljesen zárt megoldásra, illetve hatékony elsődleges és másodlagos gázgyűjtésre van szükség.

Ez megvalósítható egy intelligens vezérlőrendszerrel, amely automatikusan célozza meg a füstgázemissziót ahogy fellép a ciklus folyamán, elkerülve a folyamatos működés nagy energiaigényét. Erre mutat példát a a BAT-nél figyelembe vehető technológiákat ismertető fejezet egyik példájában megadott ábra (3.13 ábra). A konverter fűtési ciklusát és a gázgyűjtés rendszerét automatikusan kell irányítani, megakadályozva a fűtést a konverter kifordított helyzetében. A pótlékanyagokat a kámzsán, illetve a fűvókákon keresztül kell adagolni amennyire lehetséges. Ez a kombináció potenciálisan nagyobb rugalmasságot biztosít, lehetővé téve mind a primér, mind pedig a szekunder nyersanyagok felhasználását, és hasznosítja a konverterezés folyamán felszabaduló hőt a hulladék olvasztására.

Az ISA Smelt kemence szakaszosan működtethető. Az alapvető olvasztási reakciók az első lépésben zajlanak, amit a kéneskő konverterezése követ, illetve a másodnyersanyagok redukáló körülmények alatti beolvasztása után egy második lépésben oxidálják és eltávolítják a vasat, a cinket és az ónt.

Eljárás	Nyersanyagok	Kibocsátáscsökkentés	Megjegyzés
Aknáskemence	Oxidós anyag	Utánégetés, gázhűtés* és -tisztítás** (szűrő)	Jó energiakihasználás. Kapacitás: 150-250 t/d.



Mini Smelter (teljesen zárt)	Másodnyersa. (Fe, Pb, Sn-tartalom)	Gázhűtés és -tisztítás (szövetzsűrő)	A TBRC szekunder eljárással egyben.
TBRC (teljesen zárt)	Másodnyersanyag (legtöbb fajta)	Gázhűtés és -tisztítás (szövetzsűrő)	Max. Kapacitás: 70 t/adag
Zárt elektro. ívkemence bemeztett elektródok	Másodnyersanyag (Sn & Pb tartalom, kivéve nagyon rossz minőség)	Utánégetés, gázhűtés és -tisztítás**	Konverterezés: Peirce-Smith, első-másodlagos gázgyűjtés. Olvasztási kapacitás: max. 25 t/h
ISA Smelt (rossz betétre redukálón nem alkalmas)	Másodnyersanyag (legtöbb fajta)	gázhűtés* és -tisztítás**	Konverterezés: Peirce-Smith, v. Hoboken első-másodlagos gázgyűjtés. Kapacitás: 40000 t/a
Teknős lángkemence	Másodnyersanyag (jobb minőségű) blister-, feketerez	Utánégetés, gázhűtés* és -tisztítás** (szövetzsákos szűrő)	Tüzi raffinálásra és jobb minőségű másodnyersanyag olvasztására
Aknás lángkemence	Másodnyersanyag (jobb minőségű) blister-, feketerez	Utánégetés, gázhűtés* és -tisztítás** (szövetzsákos szűrő)	Olvasztásra és tüzi raffinálásra
Contimelt	Másodnyersanyag (jobb minőségű) blister-réz	Utánégetés (redukáló kemence), WHB és gáztisztítás** (szűrő)	Olvasztásra és tüzi raffinálásra
Peirce-Smith (vagy hasonló) konverter	Rézötvözet hulladék, feketerez aknáskemencéből	Gázhűtés* és -tisztítás** (szűrő)	Egyéb fémek illósítása is lehetséges. Kapacitás: 15 - 35 t/adag

\* Ha a hőmérséklet eléggé magas, hulladék hő hasznosítás is tervezhető. Szövetzsákos szűrés előtt további hűtés is szükséges.

\*\* A távozó füstgázban lehet kén-dioxid az egyes kampányok során, és ilyenkor gázmosóba, illetve kénsavgyárba kell vezetni.

### 3.36 A BAT-nél figyelembe vett szekundár rézkohók

#### 3.4.2.4 Egyéb eljárások és feldolgozási fázisok

A fentiekben körvonalazott módszereket alkalmazva, az egyéb folyamatlépésekre az alábbi következtetések vonhatóak le.

A BAT-nél figyelembe vett egyéb eljárások:

- A dúsítványok, stb. szárítása közvetlen tüzelésű dobos és röptében szárító berendezésekben, fluid ágyas és gőzzel fűtött szárítóknban.
- Salakkezelés elektromos kemencés salaktisztítással, salak illósítással, törés/örlés és salakflotálással.
- Tüzi raffinálás forgódobos, vagy buktatható lángkemencékben. Anódöntés előre kialakított formákba, vagy folyamatos öntőgépen.
- Elektrolitos raffinálás optimalizált hagyományos, vagy gépesített állandókatódos technológiával.

- A 3.1.1.2-ben körvonalazott hidrometallurgiai eljárások BAT-ként tekinthetők oxidos és rossz minőségű, komplex és nemesfémmentes szulfidos ércekre. A technológiák gyorsan fejlődnek.
- A drótbuga (durvahuzal), félkésztermékek, stb. gyártására alkalmas Southwire, Contirod, Properzi & Secor, Upcast, Dip Forming folyamatosan öntő és hasonló eljárások a BAT alapját képezik, ha a nagyfokú emissziócsökkentés biztosított.

A használt eljárás függ a nyersanyagoktól és az technikai háttértől ami elérhető az üzemben, vag közelében.

### 3.4.3 Gázgyűjtés és tisztítás

A gáz- és füstkezelésére legalkalmasabb technika hűtést és hőhasznosítást foglal magába - ha gyakorlatilag megvalósítható - a tisztítás előtt. A jó minőségű szövetet jól kialakított és karbantartott szerkezetben alkalmazó szűrők használhatóak. Ezek fel vannak szerelve zsákszakadásjelző rendszerekkel és on-line tisztítással. A tűzi raffinálás gáztisztítása tartalmazhat egy kén-dioxid eltávolító lépést és/vagy utánégetést, ha szükséges a helyi, területi, illetve a nagyobb távú légtisztasági szempontok miatt.

A füstgyűjtő rendszerek követik az ebben a fejezetben korábban és a 2.7 szakaszban leírt legjobb gyakorlatot. A másodnyersanyagokból képződő füstöt minimalizálni lehet a kemence és a kibosátás-csökkentő rendszer megválasztásával. Némely nyersanyagot szerves anyagok szennyeznek, és atz olvasztás előtt elő-kezelhetőek, ami által csökken a füstképződés.

A használt füstgyűjtő rendszerek működését segítik a kemencezáró rendszerek. Jó kialakításal elérhetőa megfelelően csökkentett kemence térfogat, ami által elkerülhető a kiszivárgás és az illanó emisszió. A zárt kemencés, illetve a kámzsás rendszerek alkalmazhatóak. Jó példák vannak a kámzsán, a fűvókákon, vagy lándzsákon keresztüli anyagbevitelre és az adagolórendszeren kialakított erős forgószelepekre.

A másodlagos füstgyűjtés költséges és sok energiát fogyaszt, de szükséges néhány esetben szükséges a szakaszosan üzemelő konvertereknél és a csapolónyílások, -csatornák ventillációjánál. A füstképződés helyére és idejére koncentrált intelligens vezérlésű rendszer működtetése kisebb energiaigényű.

Az alábbi táblázat összefoglalja a füstgázokban valószínűleg előforduló komponensek eltávolítására legalkalmasabbnak tekintett módszereket. A nyersanyag változásai befolyásolhatják a gázalkotók koncentrációs tartományait, vagy a fizikai állapotukat, mint például a képződő por szemcsemérete és fizikai tulajdonságai. Ezt a hatást helyi szinten kell figyelembe venni.

Művelet	Gáz-komponens	Tisztítási lehetőség
Nyersanyag mozgatás	Por és fémek	Helyes tárolás és mozgatás. Porgyűjtés és szövetzsákos szűrés.
Termikus előkezelés	Por és fémek Szerves anyag* és szén-monoxid	Helyes elő-kezelés. Gázgyűjtés és szövetzsákos szűrés. Folyamatvezetés, utánégetés és helyes gázhűtés.
Primer kohósítás	Por és fémek Kén-dioxid Hg	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, -tisztítás, gázhűtés/ végső tisztítás kén-dioxid kinyerés (végül általában kénsavgyár) Eltávolítás SO <sub>2</sub> -gáztisztítás után
Szekunder olvasztás	Por és fémek Szervesanyag* és szén-monoxid, Kén-dioxid**	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gázhűtés és -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Folyamatvezetés, utánégetés, ha szükséges, és helyes gázhűtés. Gázmosás, ha szükséges.
Primer konverterezés	Por és fémek Kén-dioxid	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gáztisztítás után kénsavgyár.
Szekunder konverterezés	Por és fémgőz, fémvegyületek Szervesanyag* Szén-monoxid*** Kén-dioxid**	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Folyamatvezetés, utánégetés, ha szükséges, helyes gázhűtés. Gázmosás, ha szükséges.
Tűzi raffinálás	Por és fémek Szervesanyag* Szén-monoxid**** Kén-dioxid**	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel, vagy gázmosóval. Folyamatvezetés, utánégetés (buzgatás alatt, ha szükséges) és helyes gázhűtés. Gázmosás ha szükséges.
Olvasztás és öntés	Por és fémek Szervesanyag* Szén-monoxid	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Folyamatvezetés, utánégetés, ha szükséges) és helyes gázhűtés.
Anódöntés és salakgranulálás	Vízgőz	Nedves gáztisztító és cseppfogó, ha szükséges.
Pirometallurgiai salakkezelés	Por és fémek Szén-monoxid Kén-dioxid	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Utánégetés, ha szükséges. SO <sub>2</sub> - eltávolító gázkezelés.

\* A szerves anyagok közé tartoznak az illóanyagok (VOC) - amelyeket a teljes karbon mennyiségével (leszámítva a CO-t) adnak meg - valamint a dioxin. A pontos mennyiség a felhasznált nyersanyag szerves tartalmától függ.

\*\* Kén-dioxid lehet jelen, ha kéntartalmú nyersanyagokat, vagy tüzelőanyagokat használnak. A szén-monoxidot a tökéletlen égés és a szerves anyagok jelenléte eredményezheti, de szándékosan is képezhetik, ha az oxigéntartalom minimalizálása a cél.

\*\*\* Szakaszos eljárásra, a CO csak a fűvátás kezdetén jelentkezik.

\*\*\*\* Csak akkor van CO, ha nincs utánégetés

### 3.37 táblázat A távozó gázok komponenseit eltávolító módszerek összefoglalása

#### 3.4.3.1 A BAT alkalmazásával összefüggő légköri emisszió

A légköri emissziót a különböző forrásokból összegyűjtött/kezelt kibocsátások, valamint az azonos technológiából eredő illanó, elszökő kibocsátások alkotják. A modern és jól működtetett tisztító rendszerek hatékonyan tudják a szennyezőket eltávolítani, így az aktuális adatok szerint az illanó/elszökő veszteségek tehetik ki a légköri kibocsátás legnagyobb részét.

a) A primer réz-előállítás esetében a teljes légköri emisszió az alábbi forrásokból tevődik össze:

- A nyersanyag fogadása, tárolása, keverése és mintavételezése.
- Az olvasztó, konverterező és tűzi raffináló kemencék, valamint az anódöntés a hozzá tartozó fémmozgatással és forrógáz kezelő rendszerrel.
- A salaktisztító kemence, salak granulálás és a salakkezelő rendszer.
- A nedves gázhűtő és tisztító részleg és a kénsavgyár.
- Az elektrolitos rézraffináló üzem.

b) A szekunder réz-előállítás esetében a teljes légköri emisszió az alábbi forrásokból tevődik össze:

- A nyersanyag fogadása, tárolása, keverése és mintavételezése.
- Az olvasztó, konverterező és tűzi raffináló kemencék, valamint az anódöntés a hozzá tartozó fémmozgatással és forrógáz kezelő rendszerrel.
- A salakkezelő rendszer.
- Az elektrolitos rézraffináló üzem.

c) A réz durvahuzal (drótbuga) gyártás esetében a teljes légköri emisszió az alábbi forrásokból tevődik össze:

- A beolvasztó-, raffináló- (ha van) és az öntő/pihentető kemencék a hozzájuk tartozó forrógáz kezelő és tisztító rendszerrel.
- Az öntőgép, a rúdhengermű és a kiegészítő berendezések.

d) a réz félkésztermék gyártás és a tuskótermelés esetében a teljes légköri emisszió az alábbi forrásokból tevődik össze:

- A nyersanyag fogadása és tárolása.

- A beolvasztó-, raffináló és az öntő/pihentető kemencék a hozzájuk tartozó forrógáz kezelő és tisztító rendszerrel, valamint az üst-szállító rendszer.
- Az öntőgép, a megmunkálóegységek és a segédberendezések.

Az elszökő/illanó kibocsátás igen jelentős lehet, és helyi szinten kell megítélni. Erre ad utalást a kemencegázok gyűjtési hatékonysága, valamint felderíthető a figyelőrendszer (2.7 szakasz) segítségével.

A következő táblázatok az összegyűjtött emissziókra vonatkozó legalkalmasabb technikákra vonatkozó emissziós értékeket foglalják össze.

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
SO <sub>2</sub> -dús gázáramok (> 5%)	> 99,7 % konverzió	Kettős érintkeztetésű kontakt kénsavgyár (a véggáz SO <sub>2</sub> -tartalma a beérkező gáz töménységétől függ). Egy ködcsapda alkalmazható az SO <sub>3</sub> vgső eltávolítására.	Nagyon alacsony koncentrációk érhetőek el az egyéb légköri szennyezőkre, mivel intenzív gáztisztítás van a kontakt üzem előtt (nedves gázmosás, nedves elektrosztatikus leválasztás, és Hg-eltávolítás, ha szükséges) a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> termék minőségbiztosítása érdekében.

**Megjegyzés.** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszerrel a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik. Egy állandó és magas kén-dioxidtartalmú gázt feldolgozó és fejlett gáztisztítással, valamint menetközi hűtéssel ellátott üzemben már elérték 99,9% feletti konverzió hatásfokot is.

**3.38 táblázat A primér kohósítás és konverterezés során fellépő légköri emisszió a BAT-nek a réz szektorban történő alkalmazása során**

**Kisebb töménységű gázok képződhetnek a komplex metallurgiai eljárások során, ahol rezet, ólmot és nemesfémeket is állítanak elő. Erre vonatkozó adatok az ólom és a nemesfémek fejezetében találhatóak**

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Sav-ködök	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Ködcsapda, nedves gázmosó	A ködcsapda és a vizes gázmosó lehetővé teszi a keletkezett sav újrahasznosítását
Illó szerves vegyületek	< 5 - 15 mg C /Nm <sup>3</sup>	Zárt gyűjtés, kondenzálás, aktív szenes, vagy bio- szűrés	

**Megjegyzés.** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszernél a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik.

**3.39 táblázat A hidrometallurgiai és elektrolízises kinyerési műveletek során fellépő légköri emisszió a BAT-nek a réz szektorban történő alkalmazása során**

**Nem kell számolni savköd-emisszióval az elektrolitos raffinálás folyamatainál.**

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Szövetzsákos szűrő	A por jellemzői változnak a nyersanyaggal, ami befolyásolja az értéket. A szövetzsákos szűrők kis nehézfém-tartalmakat biztosíthatnak. A nehézfém-koncentráció a portartalomhoz és a por fémtartalmához kötődik.
SO <sub>2</sub>	<50-200 mg/Nm <sup>3</sup>	Lúgos fél-száraz gázmosó és szövetzsűrő. Meszet, Mg(OH) <sub>2</sub> -t, vagy NaOH-t használó nedves alkáli gázmosók. Na, Al-oxid/szulfát, mésszel, kombinálva a reagens kinyerésére a gipszből.	A lehetséges kereszthatások az energiafelhasználással, hulladékvízzel, a szilárd maradványokkal és a gázmosás termékeinek újrahasznosíthatóságával befolyáolják a használható technikát.
NO <sub>x</sub>	<100  <100-300 mg/Nm <sup>3</sup>	Alacsony NO <sub>x</sub> kibocsátású égő Oxigén-tüzelőanyag égő	A nagyobb értékek az energiafelhasználás csökkentésére alkalmazott oxigéndúsítással kapcsolatosak. Ezekben az esetekben a gáz térfogata és a kibocsátási tömeg csökken.
Szerves, összes C	<5-15 <5-50 mg/Nm <sup>3</sup>	Utánégetés. Optimalizált égetés.	A nyersanyag előkezelése a szerves bevonatok eltávolítására, ha szükséges.
Dioxinok	<0,1-0,5 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	Utánégetés, majd hirtelen hűtés. Nagy teljesítményű porleválasztó rendszer (szövetzsákos szűrő)	Más technikák is vannak (pl. aktív-szenes abszorpció: - karbon szűrő, vagy mész/karbon injektálás). Tiszta, pormentes gáz kell a kezelésnél, hogy alacsony szintek legyenek elérhetőek.

**Megjegyzés:** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszernél a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik. Az SO<sub>2</sub>, vagy az összes karbon eltávolításakor a szakaszos

eljárás során változó nyersgáz-összetétel befolyásolhatja a gáztisztító rendszer hatékonyságát. Például a konverteres fúvatások során gázkoncentrációs csúcsok jelentkeznek, és a ciklusok gyakorisága befolyásolja az értéktartományt (amit napi átlag jelöl). Egyéb szakaszos eljárásoknál is hasonló hatás figyelhető meg. A kezelt gázban a csúcskoncentrációk a jelölt tartomány háromszorosai is lehetnek. Egy nagy hatékonyságú eljárás esetében (pl. Contimelt) egyensúlyt kell kialakítani az energiafelhasználás és a NO<sub>x</sub>-kibocsátás terén elért értékek között.

**3.40 táblázat Léggöri emissziók a szekunder olvasztás, konverterezés, primer és szekunder tűzi raffinálás, elektromos kemencés salaktisztítás és olvasztás folyamatainál a BAT szerint a réz szektorban.**

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Szövetzsákos szűrő mész injektálással (az SO <sub>2</sub> megkötésére/ a szűrő védelmére)	Porvisszajáratás alkalmazható a szűrőszövet védelmére / a finom szemcsék kiszűrésére. A nehézfémkoncentráció a portartalomhoz és a por fémtartalmához kötődik.
SO <sub>2</sub>	<500 mg/Nm <sup>3</sup>  <50-200 mg/Nm <sup>3</sup>	Szövetzsákos szűrő. Száraz mész injektálása a hűtött gázba.  Alkalikus nedves gázmosás az SO <sub>2</sub> lekötésére a forró gázokból (a szárító gázaiból porleválasztás után)	Jelentős keresztthatások lehetnek a nedves, vagy fél-száraz gázmosó rendszerek használatakor hideg gázokra.
Dioxinok	<0,1-0,5 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	Szövetzsákos szűrő mész injektálással a szűrő védelmére.	Az alacsony értékek eléréséhez tiszta portalanított gázokat kell tisztítani

**Megjegyzés:** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszerrel a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik.

**3.41 táblázat A másodlagos füstgyűjtés rendszereiből és a szárításból fellépő léggöri emisszió a BAT-nek a réz szektorban történő alkalmazása során**

Össze-tevő	Kénesköre olvasztási kemence (Elektroszt. Porlevál.)	Aknás-kemence por	Hulladék-konverter por	Primer konverter por (elektroszt. porlevál.)	Elektr. Salak-kezelő kemence por	Raffináló Anód-kemence
Pb%	0,1-5	5-40	5-30	2-25	2-15	2-20
Zn%	0,1-10	20-60	25-70	5-70	25-60	5-40
Sn%	0,1-1	0,2-5	1-20	0,1-4		
Cu%	5-30	2-12	2-15	10-25	0,5-2,5	15-25

As%	0,1-4					0,5-10
Ni%	0,1-1	0,1-1		0,1-1		

### 3.42 táblázat Különböző rézkohászati eljárásokból származó porok fémtartalma

Az egyes eljárásokban képződő porok fémtartalma erősen különböző. Azonos kemencék esetén is jelentős változások lehetnek a fémtartalomban a különböző nyersanyagok használata, valamint az egyéb elemek későbbi műveletben történő összegyűjtése és kinyerését előkészítő elválasztások végrehajtása miatt. Ezért nem helyes részletezni minden légkörbe kibocsátott fémre vonatkozó elérhető koncentrációértékeket. Ez a kérdés üzem-specifikus, mégis az előző táblázat megadja az iránymutató értékeket a porokban várhatóan előforduló fémtartalmakra.

Néhány fém mérgező vegyületeket képez, amelyeket a folyamat kibocsáthat, ezért a koncentrációt a helyi, regionális, vagy széleskörű légtisztasági normáknak megfelelő szintre kell csökkenteni. Általában alacsony nehézfémkoncentrációk kapcsolódnak a jól működő, modern gáztisztító rendszerekhez, mint például a szövetmembrános szűrő, feltéve, hogy a működési hőmérséklet helyes, és a gáz, valamint a por jellemzőit figyelembe vették a tervezésnél.

### 3.4.4 Hulladékvíz

Ez a kérdés helyi jellegű, és a meglévő kezelő rendszerek jó minőségűek. Minden szennyezett vízből a kezeléssel el kell távolítani a szilárd szemcséket és az olajat/kátrányt. Az abszorbeált savas gázokat (pl. kén-dioxid, HCl) újra kell hasznosítani, ha lehetséges, vagy semlegesíteni, ha szükséges. A vizes kibocsátások forrásai az alábbiak:

- a) A primér és szekundér rézelőállításnál az összes vizes emisszió alapja:
  - A salakkezelő, vagy granuláló rendszer.
  - Az elektrolitos raffináló üzem, az elektrolit-tisztító rendszerrel és az anódiszap kioldó/feltáró egységgel.
  - A hulladékvíz-kezelő rendszer és az elfolyó vizek.
  - Az SO<sub>2</sub> gáz hűtéséből és tisztításából származó híg kénsav.
- b) A réz durvahuzal, félkésztermék és a tuskó gyártásakor a vizes emisszió alapja:
  - A hulladékvíz-kezelő rendszer.

Különböző eljárásoknál alkalmazott hulladékvíz-kezelés példái szerepelnek a BAT megállapításánál figyelembe vehető technikákat tárgyaló fenti fejezetben, amelyek az ipari oldatokra az oldott fémektől függően hidroxid, vagy szulfid lecsapószerrel történő kezelést, és ezt követő ülepitést, és ha kell, szűrést tartalmaznak. A példák mutatják az eljárásokra jellemző koncentrációkat. A helyes hulladékvíz-kezelés jellemzőit az alábbi táblázat mutatja.

	Fő komponensek, mg/l					
	Cu	Pb	As	Ni	Cd	Zn
Technológiai, vagy közvetlen hűtési víz	<0,1	<0,05	<0,01	<0,1	<0,05	<0,15

**Megjegyzés:** A vizes emisszió értékei véletlen mintavételezésen, illetve egy 24-órás gyűjtött mintán alapulnak. A hulladékvíz-tisztítás mértéke az eredettől és a fémtartalomtól függ.

### 3.43 táblázat Rézipari hulladékvízek fémkoncentráció tartományai



### 3.4.5 Technológiai maradványok

A salakok, iszapok és szűrt szállóporok visszajáratása az eljárás részeként számítanak. Ebben a szektorban a termelőeljárásokat úgy fejlesztették, hogy maximalizálható legyen a termelőegységekből kikerülő technológiai maradványok újrahasznosítása, vagy olyan maradványok képződjenek, amelyekben a kis mennyiségben előforduló egyéb elemek olyan formában dúsuljanak fel, hogy egyéb színesfém-metallurgiai technológiákkal kinyerhetőek legyenek.

Forrás-művelet	Középtermeék, melléktermék, maradvány	Végfelhasználás
Tisztító rendszerek	Szűrt szállópor Higany vegyületek Használt katalizátorok és sav Kénsavas iszapok Híg sav	Nyersanyag a Cu (visszajáratással), Pb, Zn és más fémek kinyerésére. Nyersanyag Hg kinyerésére. Vegyipar. Semlegesített iszap letárolásra. Bontás a SO <sub>2</sub> kinyerésére, semlegesítés (letárolandó iszap), egyéb felhasználások pl. kioldó közeg.
Olvasztómű	Salak Kemencebélés	Salakkezelő kemencébe, vagy más elválasztáshoz - belső visszajáratás. Visszanyerésre, vagy letárolásra.
Konverter	Salak	Az olvasztóműbe - belső visszajáratás.
Salakkezelő kemence	Salak	Csiszolóanyag, építőanyag.
Raffináló anódkemence	Salak	Olvasztóműbe - belső visszajáratás.
Elektrolizáló üzem	Kivezetett elektrolit	Ni-sók, Cu visszanyerés, savkinyerés, egyéb felhasználás.
Beolvasztás	Felzések és salak	Fémkinyerésre nyersanyag.
Általános	Olajok	Olaj visszanyerés.
Hidrometallurgia	Kimerült elektrolit	Fémkioldás.
Félkésztermék gyártás	Savas páclevek és öblítőoldatok	Fémkinyerésre értékesítés, illetve hulladékként kezelés, ha kicsi a színesfém-tartalom.
Rúdgyártás	Savas páclevek (ha alkalmazzák)	Fémkinyerés külön elektrolizáló kádban

### 3.44 A rézgyártás középtermeékeinek, melléktermékeinek és maradványainak lehetséges felhasználása

A keletkező maradványok és melléktermékek mennyisége erősen függ a nyersanyagoktól, főleg a primer nyersanyagok vastartalmától, a primer és szekunder nyersanyagok egyéb színesfém-tartalmától és az egyéb alkotók, mint például az SiO<sub>2</sub>. A deponálásra kerülő

anyagok kibocsátása ezért erősen hely- és anyagspecifikus. Így nem lehetséges a BAT használatával összefüggő reális mennyiségi táblázatot összeállítani a nyersanyag-meghatározás részletezése nélkül, ami viszont csak helyileg adható meg. A BAT irányelvei tartalmazzák a hulladékanyagok kiküszöbölését és minimalizálását, valamint a maradványok újrahasznosítását, amikor csak gyakorlatilag lehetséges. A fenti táblázat egy áttekintést ad a rézgyártásból származó maradványok felhasználási lehetőségeiről. A lista nem teljes, továbbá, néhány megoldás nem lehetséges a szükséges létesítmények hiánya miatt.

### 3.4.6 Az eljárásokkal kapcsolatos költségek

Több eljárás-variációra és tisztítórendszerre is összegezték a költségadatokat. A költségek nagyon hely-specifikusak és számos tényezőtől függenek, de a megadott tartományok lehetővé tesznek néhány összehasonlítást. A költségekre vonatkozó adatok egy mellékletben szerepelnek, amelyek alapján a folyamatok és a tisztítórendszerek költségeit a teljes szinesfémiparra vonatkozóan össze lehet hasonlítani.

## 3.5 Újabb Technológiák

- Ismeretes [tm 137, Cu Expert Group 1999], hogy a fürdőbe injektálásos kohósító eljárások terén fejlesztések folynak. A lehetséges nagy reakciósebességek miatt ez a technika viszonylag alacsony költségű megvalósítás lehet egy modern, zárt, vagy félig zárt kemencékkel működő üzemen. Az üzem megbízhatóságát hosszú távon kell igazolni és néhány Baiyin és Vanyucov eljárással működő kínai és orosz létesítmény adatait meg kell vizsgálni, ha rendelkezésre fognak állni.

Eljárás	Megjegyzés
Folyamatos olvasztás/konvertálás: A Noranda reaktor és a Mitsubishi konverter-kemence kombinációja	Az értékelés az 1999-es indítás eredményeire vár
Noranda folyamatos konverter	Az értékelés az indítás eredményeire vár

### 3.45 táblázat Újabb fürdőbe injektálásos eljárások

- A redukció/oxidáció-ra tervezett ISA Smelt technológiát még nem igazolta az ipar, de megjelenés alatt áll.
- A hidrometallurgiai eljárások is megjelennek, és alkalmasak a kevert xidos/szulfidos, kis nemesfémtartalmú ércere. A kioldás segítésére vas-, és szulfid-oxidáló baktériumok is adhatóak. Néhány eljárást jelenleg fejlesztenek a dúsítmányok és szállóporok feldolgozására, például: a Kioldás-Oldószeres extrakció-elektrolízises kinyerés (L: SX:EW) eljárások. [tm 137, Cu Expert Group 1999, tm 56, Kojo 1998].

Az egyéb ipari szektorokban folyó fejlesztések tekinthetőek a rézgyártás számára megjelenő technológiaként is. Néhány fejlesztésre példa:

Modern, nagyobb hatásfokú és ellenállóbb szövetanyagok alkalmazása a zsákos szűrőkben lehetővé teszi a zsákok élettartamának jelentős növelését, miközben javul a működés és csökkennek a költségek.

Az illanó/elszökő emissziót több módon is össze lehet gyűjteni. Az intelligens vezérlésű gázgyűjtőrendszerek javíthatják a hatásfokot és csökkenthetik a ventilátor méreteket és költségeket. Egy szekunder alumíniumkohó zárt adagoló autókat és ládákat használ, amely jelentősen lecsökkenti az illanó emissziót, az adagolás alatti kibocsátás visszafogásával.

## 4 Alumíniumgyártás primer és szekunder nyersanyagokból

### 4.1 Alkalmazott technológiák

#### 4.1.1 Primer alumínium előállítása

Az alumíniumot csaknem mindenütt kétlépcsős technológiával állítják elő. Az alumínium-oxidot és más alkotókat tartalmazó kiinduló anyagból, a bauxitból először elkülönítik a tiszta alumínium-oxidot, a timföldet, amelyből olvadékelektrolízissel nyerik ki az alumíniumot.

##### 4.1.1.1 Timföldgyártás

Timföldet jelenleg leggyakrabban a Bayer-eljárással gyártják. A timföldgyárat lehetőleg a bauxitbánya mellé telepítik, de található alumíniumkohó mellett, és különállóan is.

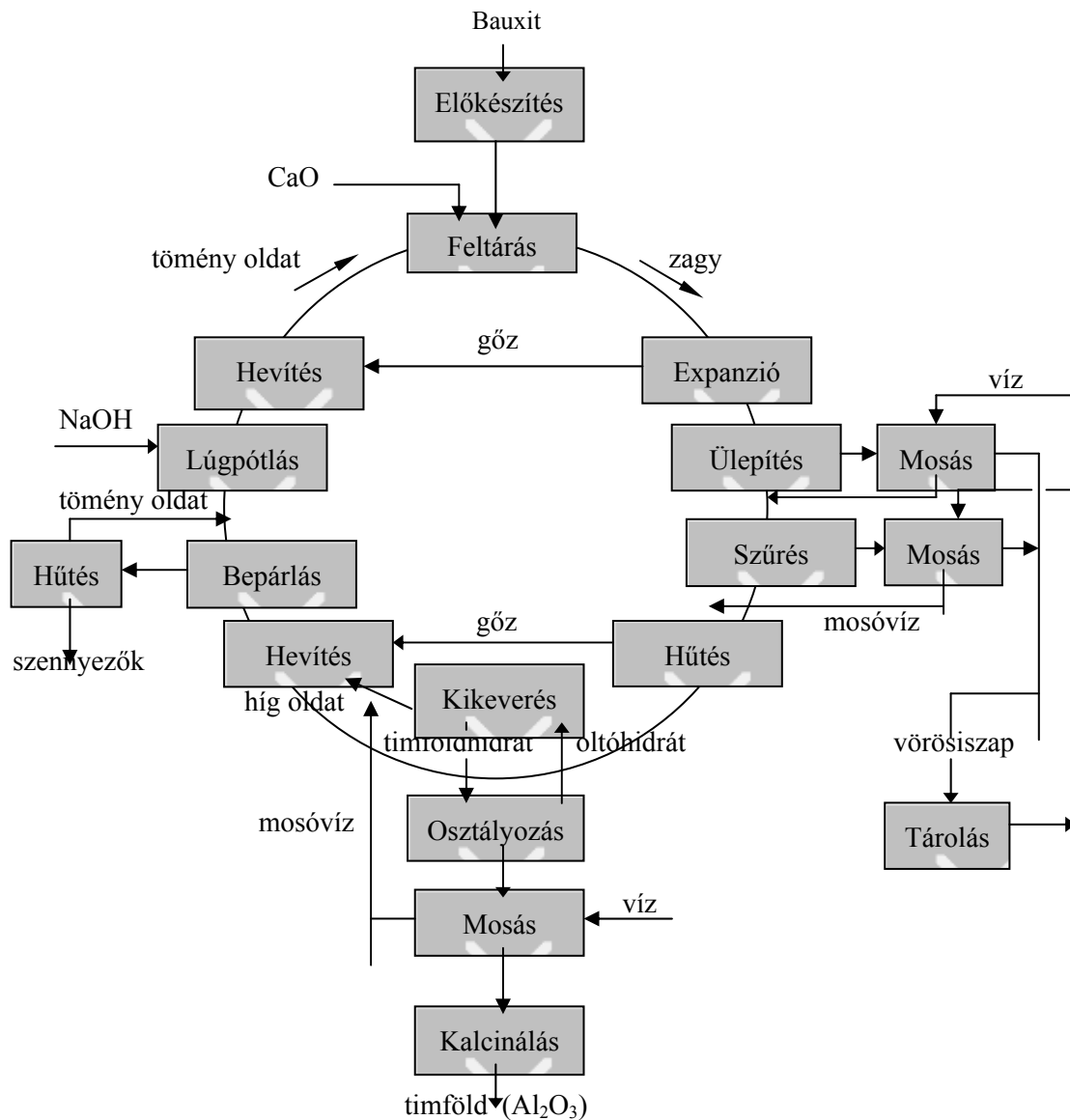
A Bayer-eljárás során a bauxit alumínium-oxid tartalmát 100°C feletti hőmérsékleten, nyomás alatt autoklávokban nátrium-hidroxiddal oldják ki. A nátrium-aluminátot és nem oldódott vegyületeket tartalmazó oldatból ülepítéssel és szűréssel távolítják el a szilárd szennyezőket tartalmazó vörösiszapot. Az oldatot hűtik és beoltják kis szemmagyságú timföld-hidrattal, hogy a túltelített oldatból a timföldhidrát kikristályosodását elősegítsék [tm 30, Irish EPA 1996]. A kristályokat mossák, majd forgó csökemencében, vagy fluidágyas kemencében kalcinálják [tm 77, Al Expert Group 1998, tm 90, Al Expert Group 1998]. A még jelentős mennyiségű nátrium-aluminátot és más oldott fémvegyületet (pl. nátrium-vanadátot) tartalmazó oldatot – az utóbbiak részleges kiejtése után – a bauxit feltárásához vezetik vissza. Bár az eljárás mindenütt ugyanaz, a berendezések szerkezetében és méreteiben jelentős különbségek lehetnek. Ezek főleg az energiafelhasználást befolyásolják [tm 77, Al Expert Group 1998].

##### 4.1.1.2 Alumínium elektrolízis

Ipari méretekben az alumíniumot timföldből olvadékelektrolízissel lehet a legjobb minőségben kinyerni. Mivel az alumínium-oxid olvadáspontja nagy (2053°C), kriolitban (nátrium-alumínium-fluorid) oldva, kb. 960 °C-on elektrolizálják [tm 6, HMIP Al 1993, tm 100, NL Al 1998].

Az elektrolizáló kád két főrésze a katód és az anód. Az acéllemezről készült, tűzálló téglával bélelt katódszekrény belső falazata jó elektromos vezetőségű elektródszén. Az elektrolitba merülő anód szintén elektródszén. Az egyenáram a sorbakapcsolt kádakban az anódon, olvadékon, katódon keresztül jut a következő kádba [tm 6, HMIP Al 1993, tm 100, NL Al 1998].

A folyékony alumínium a katódon válik le és abban gyűlik össze, a felszabaduló oxigén pedig, széndioxidot képezve reagál az anóddal. Az anód ezért állandóan fogy.



**4.1 ábra**  
**Timföld előállítása Bayer-eljárással**

Elektrolízis közben az elbontott timföldet pótolni kell, hogy az olvadék optimális 2-6 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tartalmát fenntartsák. Az elektrolit olvadáspontjának csökkentésére pótlékokat adagolnak. A legfontosabb adalék, az  $\text{AlF}_3$ . A fluorid emisszió fokozódik, ha az olvadék  $\text{AlF}_3$ -többlete növekszik [tm 6, HMIP Al 1993; tm 77, Al Expert Group 1998, tm 100, NL Al 1998].

A kád szerkezete az anód típusától és a timföldadagolás rendszerétől függ, ahogy ez a 4.2 ábrán látható [tm 6 & 17, HMIP Al 1993; tm 100, NL Al 1998]. A elektrolizáló kád két főtípusa a Söderberg- és a blokk-anódos kád.

a) A Söderberg-anód alapanyaga az anódmassza, kokszt és szurkos kötőanyag keveréke, amely a kádban kocszosodik. A timföldet, a megszilárdult elektrolitkérgét betörve,

szakaszosan adagolják. A gáz elvezetésére az anódköpenyre szerelt gázharang szolgál. A kátrány és PAH kibocsátás csökkentésére a összegyűjtött gőzöket elégetik.

- b) A blokk anód ugyancsak petrolkoks és szurok keverékéből készül, amelyet külön anódüzemben formálnak és égetnek ki. Az anódok az áramellátást biztosító sínhez kapcsolt acéltüskéken függenek. Az anódokat fogyásuknak megfelelően fokozatosan süllyeszti, és cserélik, mielőtt a tüskék az elektrolittal érintkeznének. Az anódmaradványokat az anódüzembe járatják vissza.

A kádakban szokásosan 12-40 anódblokk van, amelyeket szabályos időközönként kicserélnék. A működő zárt kádakból csekély az emisszió, azonban anódcseré közben a kádfedelelet fel kell nyitni. Ha egy időben több fedél nyitott, megnő az emisszió.

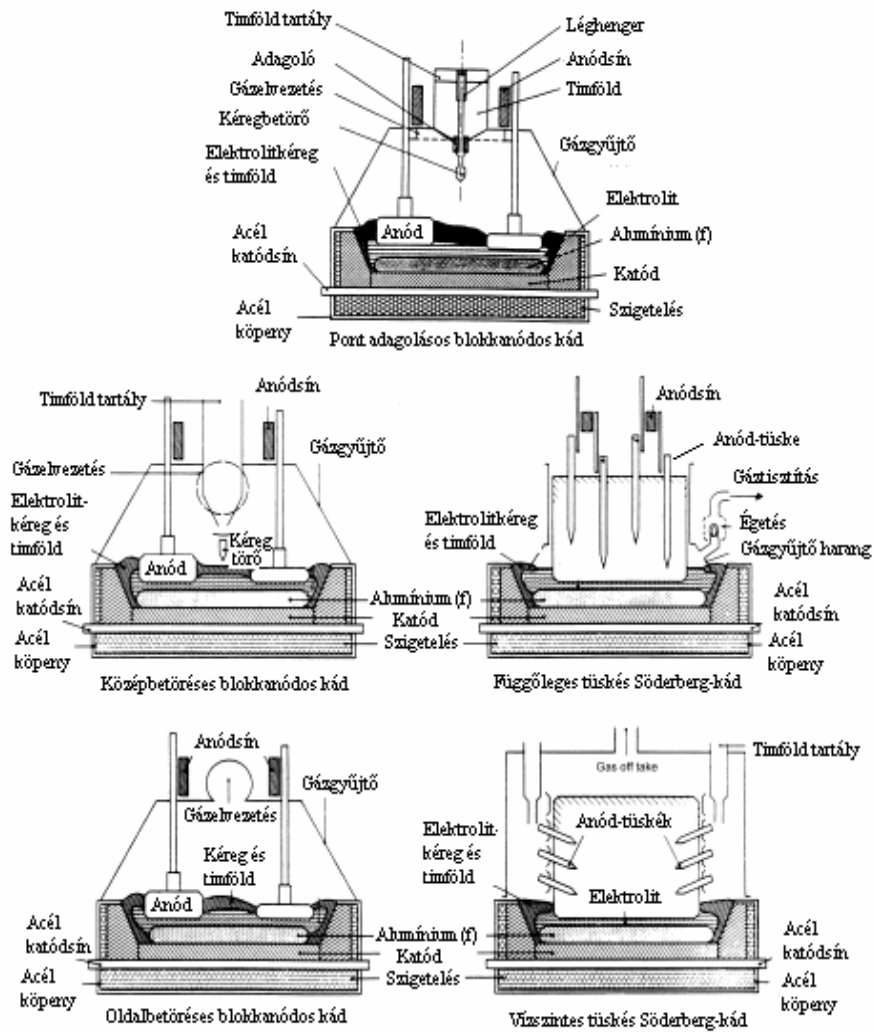
A timföldadagolástól függően a blokkanos kádak két fő típusba sorolhatóak:

- Oldal-adagolású kád (SWPB), ahol a timföldet a kád kerülete mentén feltört kérgen keresztül juttatják a kádba. A gázgyűjtő a kád hosszirányában húzódik és a timföld adagolásakor nyitott.
- A központi adagolású kád (CWPB) esetében a timföldet a kád középvonalán vagy a középvonalon kijelölt pontban betört kérgen keresztül adagolják. A művelethez a gázgyűjtő rendszert nem szükséges megnyitni..

Az összegyűjtött gázból a hidrogén-fluoridot és egyéb fluoridokat, továbbá a kátrányt száraz gáztisztítóban timfölddel kötik meg, a timföldet a kádakba járatják vissza. A csarnoki ventilációs gázokat nedves gáztisztító rendszerben kezelik.

A katód anyaga elektrolízis folyamán nem fogy, mégis cserélni kell 5-8 évente, mivel az elektrolit beszivárgása miatt megduzzad és töredezik, az olvadék penetrálódik a katód acél-áramsíneibe és az alumínium vassal szennyeződik. A katódmaradvány csekély mennyiségű cianidot tartalmaz. Lerakására és reciklálására több módszer is van [tm 42, Ausmelt 1998; tm 77 Al Expert Group 1998; tm 100, NL Al 1998], melyeket a 4.2.1.4 fejezetben tárgyalunk.

A folyékony alumíniumot szifonos vákuumüstökkel periodikusan távolítják el és az öntőüzemi pihentetőkemencében tárolják. Szükség szerint ötvözik megfelelő fém (Si, Cu, Mg, Pb, Sn, Zn) hozzáadásával vagy alumínium-fém előötvözettel (Ti, Cr, Fe, Mn, Ni) [tm 116, Secondary Al Expert Group 1998]. Az oxidáció csökkentésére nitrogén, vagy argon védőgázt használhatnak [tm 106, Farrell 1998].



4.2. ábra (Figure 4.2)  
Alumínium-elektrolizáló kádtípusok

### 4.1.1.3 Finomítás

Finomítás a nátrium-, magnézium-, kalcium-oxid zárványok és a hidrogén eltávolítását jelenti. Szokásosan gázöblítéssel finomítanak az öntökemencében vagy a kemence és a kokilla között. A gáz fajtája a szennyezők minőségétől függ, a hidrogén és kloridzárványok, továbbá fémes szennyezők eltávolítására argon, nitrogén vagy klór használható. A fémot öntés előtt szűrik.

#### **4.1.1.4 Öntés**

A kohóalumíniumból közvetlenül huzal, keskeny-, szélesszalag, vagy a továbbfeldolgozás módjának megfelelően kereskedelmi tömb, hengerlési- ill. préstuskó készül. Ezekhez általában vízhűtéses öntőgépeket használnak..

### **4.1.2 Szekunder alumínium**

#### **4.1.2.1 Előállítás**

A szekunder alumínium-előállítás fémes alapanyagai az alumíniumfeldolgozás hulladékai, a használt italosdobozok (UBCs), fóliák, forgácsok, és elhasználdott termékek; öntvények, különféle alkatrészek. Ezekben különféle ötvözők, szennyezők lehetnek [tm 77, Al Expert Group]. A hulladékot célszerű ötvözettypusok szerint osztályozni [tm 116, ALFED 1998; tm 121, Hoogovens 1998]. Feldolgozzák a folyékony alumínium kezelése során keletkező oxidos felzéseket és az öntődei sósalakokat is.

A szekunder alumínium előállítás fő jellegzetessége a felhasznált nyersanyagok különbözősége [tm 166, ALFED 1998]. A nyersanyagok fajtájától, előkészítettségétől függ a választandó kemencetypus [tm 145, Winter 1998], de a nyersanyagok a salakképző kiválasztását is befolyásolják [tm 2, HMIP Al 1993; tm 77 & 116, ALFED 1998].

A technológia üzemenként változó. Vegyes, apró hulladék feldolgozására láng- vagy forgó dob kemencét használnak [tm 145, Winter 1998]. A tömör, nagydarabos hulladékot indukciós kemencében célszerű olvasztani [tm 145, Winter 1998]. Vassal és más nehézfémekkel szennyezett hulladékot lejtős fenekű csurogtató kemencében olvasztják át. Ezekben a megolvadt alumínium a lejtős talpon végigcsurog és a gyűjtőtérbe folyik, a nagyobb olvadáspontú szennyezők a talpon maradnak [tm 77, Al Expert Group 1998; tm 116, ALFED 1998]. A kemence leírása a 2.5.2 fejezetben található.

A szennyezett italosdobozokról és a fémforgácsról eltávolítják a bevonatokat, illetve az olajat [tm 121, Hoogovens 1998; tm 122, ETSU 1998]. Az előkészítés módszerei a 4.24. táblázatban találhatóak.

Az átolvasztás közbeni oxidáció megelőzésére és a zárványok megkötésére sóolvadékot használnak. A sókeverék nátrium- és kálium-kloridot, továbbá különböző fluoridokat tartalmaz. A betét előkészítésével a salakképző mennyisége a felére csökkenthető. A kemencegázokkal sósav és illékony kloridok emittálnak.

#### 4.1.2.2 Finomítás és öntés

A szekunder alumínium finomítására és öntésére ugyanazok a szempontok érvényesek, amelyeket a kohóalumíniumnál ismertettünk. A magnézium eltávolítására a klórgázos átöblítés használatos, de nátrium-alumínium-fluoridos és kálium-alumínium-fluoridos kezelés is számításba jöhet [tm 116, Al Expert Group 1998; tm 34, US EPA 1995].

#### 4.1.2.3 Felzék és salakok

Az alumínium könnyen oxidálódik. Felzéknek az olvadék felszínén úszó oxidréteget nevezzük, mely akkor keletkezik, ha az alumíniumot védő salaktakaró nélkül olvasztják. Öntés előtt lehúzzák az olvadék felületéről. A felzék 20-80 % alumíniumot tartalmaz. Célszerű azonnal feldolgozni, így csökkenthető a további oxidáció. Ekkor inert gázzal hűtik, majd melegen préselik, hogy a még folyékony alumínium olvadék kicsurogjon.

A szilárd felzék többféleképpen dolgozható fel. Például forgó dobkemencében sóolvadék alatt megolvasztják— sótakaró csökkenti az oxidációt és segíti a szennyezők (pl. Mg, Ca, Li) eltávolítását—, vagy őrléssel választják el a salakot a fémtől [tm 116, ALFED 1998]. A fém átolvasztható, a finom frakció pl. az acéliparban hasznosítható vagy a sósalak feldolgozásakor adalékként használható. [ALSA 1999].

#### 4.1.2.4 Sósalak feldolgozása

A darabos salakot törik és szitálják. Így legfeljebb 10% Al tartalmú szemcséket kapnak. A finomra őrlt anyagot vízben szuszpendálják; a kloridok oldódnak, az alumínium oxid és a finom alumínium por nem. Közben ammónia, metán, hidrogén és foszfin gázok keletkeznek, ezeket lehetőleg el kell égetni [tm 116, ALFED 1998]. Az oldatot és a maradványt szűrővel különítik el. Az oldatot bepárolják, a nátrium- és kálium-kloridot kikristályosítják és sóadalékként visszajaratják az alumínium olvasztásához.

A maradvány kalcium-, magnézium- és alumínium oxidokat ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  max. 65%), szulfátokat, kloridokat és nitrátokat tartalmaz [tm 206, TGI 1999]. Némely esetben a sósalakban teljesen visszaforgatható a gyártásba [tm 90, Al Experts 1998].

### 4.2 Jelenlegi emisszió és fajlagos felhasználások

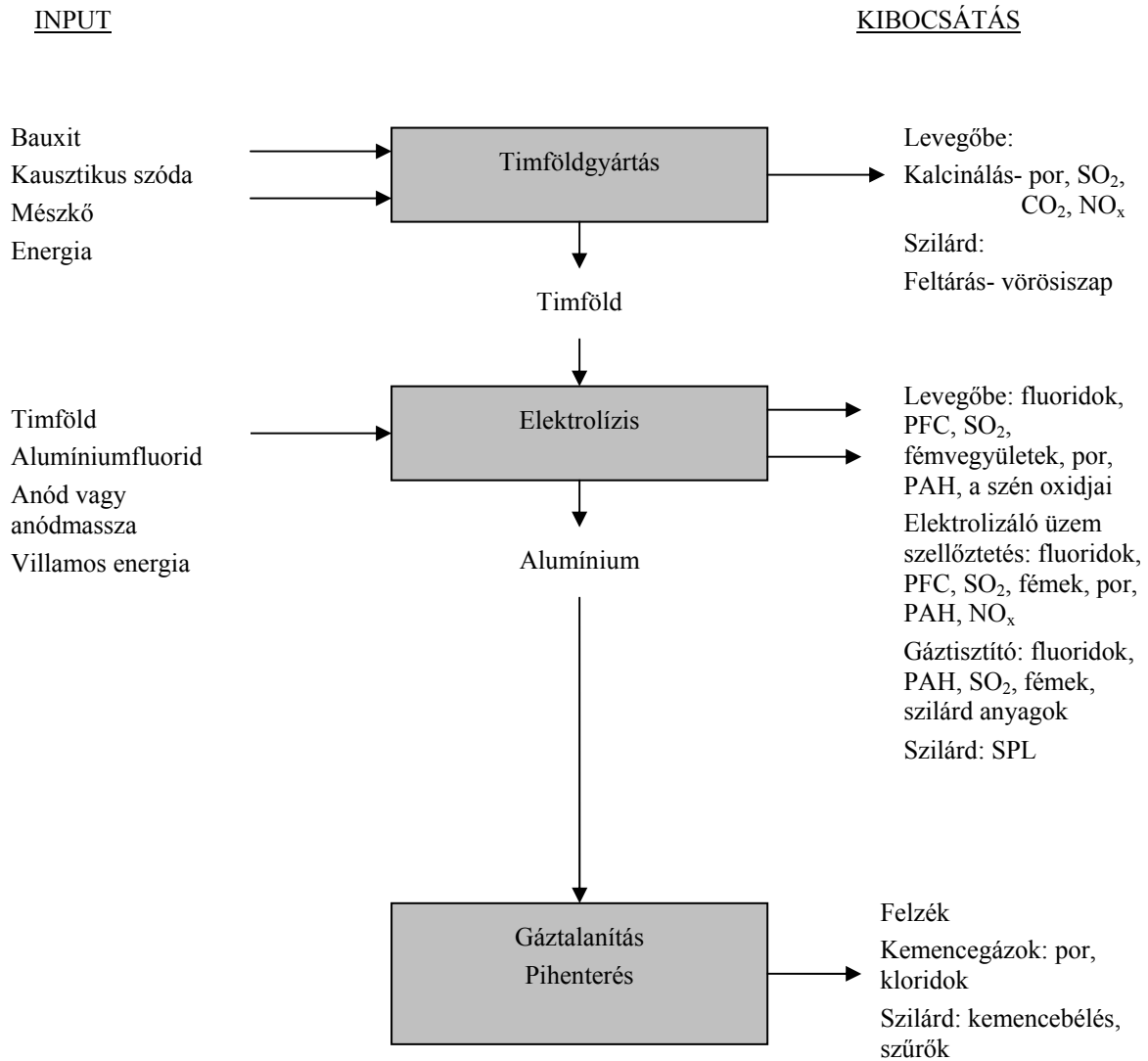
#### 4.2.1 Primer alumínium

A technológia során a kohócsarnokból  $\text{CO}_2$ -on és  $\text{CO}$ -on kívül, por,  $\text{SO}_2$ , HF, fluoridok, PFC-k, PAH-ok kerülhetnek a levegőbe. Az öntődei pihentető és finomító kemencékből por, fém, klorid és füstgázok távozhatnak [tm 6, HMIP Al 1993; tm 100, NL Al 1998].



A vízrendszerbe szemcsés anyagok, SO<sub>2</sub>, fluoridok és PAH-ok kerülhetnek a gáztisztítóból, és a csapadékkal. A vízbe kerülő PAH-okról (a Borneff-lista szerinti 6 vegyületről) és azok levegőbe kerülő 3(a)P emisszióiról a [tm 29, PARCOM 1997; tm 128, Nordheim 1997] tájékoztat.

Az anódgyártást a 12. fejezet tárgyalja. Fluoridképződéssel jár az anódgyárba visszajáratott kohócsarnoki anódmaradvány feldolgozása.



**4.4 ábra (Figure 4.4)**  
**A primér alumíniumgyártás inputjai és kibocsátásai**

#### 4.2.1.1 Energia és egyéb fajlagos felhasználások

Az alumínium-előállítás energia- és alapanyag-felhasználása igen jelentős. 1 tonna timföld előállításához kb. 2 tonna bauxit szükséges, és abból kb. 0,53 tonna alumínium termelhető.

A szénanódból a fajlagos felhasználás kb. 0,4-0,45 t/t Al. Előállításához szükséges villamos energia ára az alumínium előállítási költségének 30 %-át teszi ki.

A timföldgyártás technológiájában a lúgzás és a kalcinálás fogyaszt sok energiát. Európai üzemekben ez 8-13,5 GJ/t (11 GJ középértékkel) [tm 90, Al Expert Group]. A felhasznált NaOH és a CaO mennyisége a bauxit minőségétől függ.

4.1. táblázat: A timföldgyártás alapanyag- és energiafelhasználása (Table 4.1.)

Megnevezés	Fajlagos felhasználás, kg/t timföld
Bauxit	1970-2250
NaOH (50%)	33-160
CaO	35-110
Víz	1000-6000
Elektromos energia, GJ/t	8,0-13,5

Az elektrolízis fajlagos energiafelhasználása igen nagy, a hagyományos Söderberg-anódos kádak esetében 63 GJ/t, de még a kiválóan működő CWPB kádak esetében is 53 GJ/t (beleszámítva az anódgyártást is).

4.2. táblázat: Az elektrolízis alapanyag- és energiafelhasználása (Table 4.2.)

Megnevezés	Blokk-anód	Söderberg-anód
Timföld, kg/t Al	1900-1940	1900-1940
Anód, kg/t Al	400-440	
Anódmassza, kg/t Al		500-580
AlF <sub>3</sub> , kg/t Al	15-25	15-25
Katód élettartama, év	5-8	5-8
Elektrolízis energiafelhasználása, kWh/kg Al	12,9-15,5	14,5-17,0
Öntöttvas anódrudazat, kg/t Al	1-3	
Döngölő és anódtüske rögzítő massa, kg/t Al	0-25	
Összes villamos energia	14,0-16,5	15-18

kWh/kg Al*		
<p><b>Megjegyzés:</b> * Tartalmazza az egyenirányítók veszteségét, és a külső felhasználást is.</p> <p style="text-align: center;">Az energiafelhasználás fajlagos értékei ipari adatokból származnak.</p> <p style="text-align: center;">Az anódgyártás energiafelhasználása 5500 MJ/t.</p>		

Az alumínium-hulladékok feldolgozása a primér alumíniumgyártás energiaszükségletének kb. csupán 5 %-át teszi ki [tm 29, PARCOM 1997].

#### 4.3. táblázat: Öntödei fajlagos adatok (Figure 4.3.)

Magnevezés	Érték
Keletkezett felzék, kg/t Al	10-25
Folyósítószer, kg/t Al	0-1,5
Gázok, kg/t Al	0-6
Forgács stb., kg/t Al	0-3
Víz, kg/t Al	200-12000
Homogenizálás energiaigénye, MJ/t Al	500-1200
Öntőüzem energiafelhasználása, MJ/t Al	800-1900*
<p><b>Megjegyzés:</b> * Nem tartalmazza a szilárd fém újraolvasztásához szükséges energiát.</p>	

#### 4.2.1.2 Légszennyezés

A szennyezők keletkezésének legjelentősebb öt forrása:

- a timföld kalcinálásakor keletkező gázok,
- az anód-előállításakor keletkező gázok,
- az elektrolíziskor keletkező gázok,
- csarnoki ventillációból származó gázok
- az alumínium finomítása és öntése során felszabaduló gázok.

Az elektrolízis lehetséges szennyezői:

- fluoridok,
- többszörösen flourozott szénhidrogének (perfluorokarbonátok, PFC),
- poliaromás szénhidrogének (PAH),
- kéndioxid és egyéb kénvegyületek,
- por,
- fémvegyületek,
- nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>),
- szén-monoxid,
- szén-dioxid.

##### 4.2.1.2.1 Gáz kibocsátás

###### a) Blokkánódos elektrolízis

A CWPB kádak teljesen zártak és gázgyűjtő rendszerrel vannak felszerelve. A gázgyűjtés hatásfoka 95-99 % attól függően, milyen a rendszer kialakítása, a kádfedelek záródása, és a gyűjtő-porleválasztó kialakítása. A gázgyűjtés hatásossága a gyűjtőharang jó tervezésén múlik, és azon, hogy az egyidőben nyitva lévő harangok száma jól összehangolt legyen. A nyitott és a rosszul záródó harangok miatt levegő áramolhat a leválasztó rendszerbe, és csökken a leválasztás hatásfoka

Az SWPB kádak általában csak részlegesen zártak, és a gázgyűjtés hatásfoka 85-95 % körül van. Ez a rossz harangelrendezésnek köszönhető, továbbá hogy a megszilárdult timföldréteg nem tökéletesen gázzáró. Némely SWPB kád teljesen zárt, de gyakrabban kell nyitni a timföldadagolás és anódcseré miatt.

#### b) Söderberg-anódos elektrolízis

A hagyományos felsőtüskés Söderberg-kádaknál az SWPB-hez hasonló a rendszer. A kéregtörő és timföldadagoló kocsira van szerelve, így a kádak csak időnként fedettek. A csekély automatizáltság miatt problematikus a pontos timföld-mennyiség adagolása. A kéregtörés és timföldadagolás közben a csarnok légkörében nő a légszennyezettség. Az anódtartó és árambevezető acélrudakat szabályos időközönként ki kell emelni és felsőbb pozícióban visszahelyezni. Eközben a kibocsátott PAH mennyiség megnövekszik. A gázgyűjtő harang körülveszi az anódköpenyt, és gázégető rendszerhez csatlakozik. Ez a szén-monoxid és a szénhidrogének elégetését szolgálja [tm 6, HMIP 1993].

A Söderberg-rendszerű kádak fejlesztése arra irányul, hogy megszüntessék az anódeffektust és a csarnok emisszióját csökkentsék. A módszerek a következők:

- automata pontadagoló rendszer használata és az elektrolízis szabályozása,
- az elektrolitkéreg teljes lefedése haranggal,
- "száraz anódmassza" alkalmazása (kevesebb szuroktartalom),
- jobb gázégető rendszer a PAH és szénhidrogének tökéletesebb elégetésére,
- az anódok tökéletesebb fedése haranggal.

Az SWPB és Söderberg kádakból származó szabályozatlan emisszió mennyisége jelentős, és emiatt sokszor vizes gáztisztító rendszert használnak a PAH és a fluoridok eltávolítására. A CWPB kádak sokkal hatásosabbak a gáz összegyűjtésében, de ennek alapfeltétele a jól tervezett és működtetett rendszer. A következő táblázat a kádból kijövő néhány gázkomponens koncentrációját mutatja be [tm 29, OSPARCOM 1997].

#### 4.4. táblázat: Szennyezők koncentrációi az elektrolizáló kád gázában (Table 4.4.)

Kádtípus	Összes fluorid, mg/m <sup>3</sup>	Por, mg/m <sup>3</sup>	Kéndioxid, mg/m <sup>3</sup>
Söderberg anódos, oldaltüskés	700-1700	500-1800	500-2000
Blokkanódos, fedett	75-500	150-500	50-400

##### 4.2.1.2.2 Fluoridok

Elektrolízis közben gázok és szilárd fluoridok emittálnak. A fő légszennyező a hidrogén-fluorid (50-80 %), a maradék fluorid szilárd (főleg alumínium-fluorid és kriolit). A hidrogén-fluorid az alumínium-fluorid és a kriolit hidrogénnes reakciójából származik, utóbbi a timföld kötött vizéből, az anódban maradt hidrogénből és a levegő nedvességtartalmából kerül a rendszerbe.

A modern kádak gyakran a sztöchiometrikus összetételtől eltérő, attól 12-13 %-kal nagyobb  $AlF_3$  felesleggel dolgoznak, ezáltal a fluoridképződés növekszik, és a gázgyűjtés jelentősége nő [tm 100, NL Al 1998].

Az üzemből kikerülő összes fluorid mennyisége 20-40 kg F/t Al. A kéményen távozó emisszió 98 %-nál nagyobb gázgyűjtési, és >99,5-99,9 % száraz gáztisztítási határfok esetében 0,02-0,2 kg összes F/t Al. A száraz gáztisztító timföld töltetű. A timföldet általában zsákos szűrőben vagy elektrofilterben gyűjtik, ahonnan közvetlenül az elektrolizáló kádba vihető.

A fel nem fogott emisszió kikerül a csarnok légterébe és a szellőzőrendszeren át távozik. Ez PARCOM számítása szerint 0,4-0,8 kg/t Al, a teljes fluorid emisszió 0,4-1,0 kg/t Al. [tm 29, PARCOM 1997].

A Skandináv országokban a Söderberg-üzemek többségében a száraz gáztisztító után nedves gáztisztítóval (tengervízzel vagy kausztikus szódával) nyeletik el a kéndioxidot. [tm 29, PARCOM 1997; tm 100, NL Al 1998]. Néhány üzemben a csarnok levegőjével kihordott fluoridokat, kéndioxidot és port is a szellőzőrendszer után telepített tengervizes gáztisztítóval kötik meg.

A gáztalanítás és a finomítás során is keletkezhet fluorid és klorid emisszió. Ennek mennyisége és összetétele az alkalmazott gáztalanító és finomító anyagok milyenségétől függ.

#### **4.2.1.2.3 Többszörösen fluorozott szénhidrogének (Perfluorkarbonok PFC)**

A PFC-k ( $CF_4$  és  $C_2F_6$ ) az anódeffektus közben képződnek, kb. 10:1  $CF_4:C_2F_6$  arányban. A meglévő technológiákkal nem lehet eltávolítani ezeket az anódgázból [tm 29, PARCOM 1997].

Az anódeffektus akkor következik be, amikor az elektrolit timföldtartalma 1-2 % alá csökken, és az anód felületén gázréteg képződik. Ez akadályozza az alumínium, leválását és a kádfeszültséget az addigi 4-5 V-ról 8-50 V-ra növeli. A PFC-k képződését az áramerősség és az anódeffektusok gyakorisága illetve időtartama befolyásolja. Az anódeffektust a

kádfeszültség ellenőrzésével és a timföldadagolás programozásával lehet szabályozni [tm 6, HMIP 1993].

A modern CWPB üzemekben az anódeffektus gyakorisága kevesebb naponta és kádanként 0,1-0,5 eseténél, amely 0,02-0,1 kg PFC/t Al emisszióval jár [tm 77, Al Expert Group 1998; tm 100, NL Al 1998]. Az automatikus timföld pontadagoló rendszer és modern folyamatszabályozó rendszer használatával mind a blokk-, mind a Söderberg-anódos üzemekben minimalizálható az anódeffektusok gyakorisága és időtartama [tm 29, PARCOM 1997; tm 77, Al Expert Group 1998].

#### **4.2.1.2.4 Kátrány és PAH (poliaromás szénhidrogének)**

A blokkanódos kádak esetében a kibocsátott kátrány és PAH emisszió elhanyagolható, mivel az anódokat előzetesen kiégetik. Néhány üzemben, ahol az anódtüske védelmére karbonmasszát hordanak fel, keletkezik egy csekély kátrány és PAH emisszió. [tm 100, NL Al 1998].

Anódgyártó üzemet is magában foglaló gyár esetében a technológia ezen része kátrány és PAH forrás. Az anódok előállítása a 12. fejezetben található

A Söderberg-üzemekben az elektrolízis során kátrány és PAH távozik. Az emisszió az anódmassza kokszosodása közbeni gőzölgésből származik és a túskehúzás során a legjelentősebb. A kádból távozó gázok kátrány- és PAH tartalmának hatékony eltávolítására száraz gáztisztítót használnak [tm 29, PARCOM 1997; tm 77, Al expert group]. A PAH emisszió csökkentésében a száraz anódmassza segíthet.

#### **4.2.1.2.5 Kén-dioxid és egyéb kénvegyületek**

A jelenleg használt anódok kéntartalma 1-3,5 %, amely az oxigénnel kéndioxidot vagy karbonil-szulfidot (COS) képez. A kéntartalom különbözősége miatt a kéndioxid kibocsátás 8-30 kg/t Al között változhat 0,4 t/t Al anófelhasználás esetén. Az anód kéntartalmának 10%-a alakul COS-dá, vagyis az anód 2,5%-os kéntartalma esetén a COS-emisszió 2 kg/t Al.

A csarnoki légtérből a kéndioxid kibocsátás 0,2-0,6 kg/t (a koncentráció 0,1-3 mg/m<sup>3</sup>). A kádakból távozó gázban a kéndioxid koncentrációja 50-400 mg/m<sup>3</sup> [tm 29, PARCOM 1997; tm 100 NL Al 1998]. Nedves gáztisztítással a kéndioxid-tartalom 5-40 mg/m<sup>3</sup> koncentrációra csökkenthető.

Az anódban levő kén kompenzálja a nátrium kedvezőtlen hatását az anódmaradvány újrafeldolgozásakor [tm 77, Al Expert Group 1998].

#### **4.2.1.2.6 Por**

Az elektrolízis folyamán a timföld- és a kriolitpor távozik a kádakból. A fluoridok megkötésére használt timföld is emittálhat, amennyiben a porleválasztó rendszer nem elég hatékony. Ez a timföld ráadásul a felületén adszorbeált HF-ot is tartalmaz. Az összes képződött por mennyisége a timföld minősége és a technológiától függően 0,6-10 kg/t Al. A csarnok szellőzőrendszerében a por koncentrációja 0,5-5 mg/m<sup>3</sup>, a kádakból kijövő gázban porleválasztás előtt 150-500 mg/m<sup>3</sup>, porleválasztás után 1-20 mg/m<sup>3</sup> [tm 100, NL Al 1998].

A por keletkezésének másik helye az öntöde. Az üzem gázait zsákos porleválasztóval tisztítják.

A timföld és az alumínium-fluorid csak nyomokban tartalmaz fémeket, ezek az elektrolízis folyamán emittálódhatnak. Kevés adatunk van e szennyezők (nyomelemek) környezetre gyakorolt hatásáról, emittált mennyiségük azonban csekély [tm 100, NL Al 1998].

#### 4.2.1.2.7 *Nitrogén-oxidok*

A nitrogén oxidjai (NO<sub>x</sub>), az anódban levő nitrogén oxidációja révén keletkeznek. Az anód nitrogéntartalma általában 0,2-0,4 %. Az NO<sub>x</sub> kibocsátás jelenlegi mennyisége vita tárgyát képezi. Két norvég blokkánódos üzemben végzett ellenőrző mérések szerint a kibocsátás 0,1-0,2 kg NO<sub>2</sub>/t Al [tm 100, NL Al 1998]. Az öntödei pihentető és olvasztó kemencék füstgázai szintén nitrogén-oxid források.

#### 4.2.1.2.8 *Szén-monoxid*

Az elektrolízis során képződő szén-monoxid az anódon lejátszódó Boudouard-reakció:  $C + CO_2 = 2CO$  és az elektrolitban oldott fémalumíniumnak az anódon képződött szén-dioxiddal való reakciójából származik:  $2 Al + 3 CO_2 \rightarrow Al_2O_3 + 3 CO$ . Az utóbbi csökkenti az elektrolízis hatásfokát. A modern üzemben a fajlagos CO képződés 100-150 kg/t Al. A CO mennyisége az anódeffektus közben is megnő [tm 6, HMIP Al 1993; tm 100, NL Al 1998].

#### 4.2.1.2.9 *Szén-dioxid*

A szén-dioxid az anód égése közben keletkezik. Blokkánódos kádak esetében a fajlagos anódfogyás mintegy 0,4 t/t Al, amelynek 1,4-1,7 t CO<sub>2</sub>/t Al fajlagos érték felel meg. Az öntödei olvasztó, pihentető kemencék is emittálnak szén-dioxidot.

#### 4.2.1.2.10 *Fontosabb légszennyezők összefoglalása*

A fontosabb légszennyezőket és azok forrásait irodalmi adatok alapján az alábbi táblázatok szemléltetik.

### 4.5. táblázat: A primer alumínium-előállítás meghatározó kibocsátásai (Table 4.5.)

Komponens	Az elektrolizáló kád gázai	Csarnoki szellőztetés	Gáztalanítás és pihentetés
Fluoridok: gázok és összes fluorid	•	•••	• (kloridok)
PFC	•••	•	
Kátrány és PAH	•**	••**	
SO <sub>2</sub> (nedves gáztisztítás nélkül)* és COS	••*		•
CO <sub>2</sub>	••		
Por	•	•	•
<p><b>Megjegyzés:</b> * A skandináv országokban az SO<sub>2</sub> eltávolítására a száraz gáztisztítás után nedves gáztisztítást használnak, melyben a gáztalanító közeg tengervíz.</p> <p>** A kátrány és PAH emissziók olyan Söderberg és blokkánódos üzemre vonatkoznak, ahol anódggyártás is történik. Néhány olyan blokkánódot használó üzem is létezik, ahol az anódtüske védelmére masszát használnak, ekkor szintén van kátrány és PAH kibocsátás.</p> <p>••• Nagyon jelentős.....• Kevésbé jelentős</p>			

4.6. táblázat: Az alumínium-elektrolízis légszennyezői (Table 4.6.)

Megnevezés	Blokkánód	Felsőtüskés Söderberg-anód
HF, kg/t Al	0,15-2,0	0,2* -3,5
Összes fluorid, kg/t Al	0,3-4,0	0,5* -4,0
Por, kg/t Al	0,6-7,0	1,5* -10,0
SO <sub>2</sub> , kg/t Al	10-30	10-30
SO <sub>2</sub> , kg/t Al – nedves gáztisztítást is alkalmazva	1,0-3,5	1,0-3,5
CF <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> , kg/t Al	0,02-1,0	0,2-1,0
CO <sub>2</sub> , t/t Al	1,4-1,6	1,6-1,9
B(a)P, g/t Al	-	5-20
<b>Megjegyzés:</b> * Nedves gáztisztító alkalmazásával.		

A csarnok légteréből származó emisszió a gázgyűjtés 98%-os hatásfokából adódik. A CWPB kádak elérik ezt a hatásfokot, de ha ez a hatásfok kisebb, pl. SWPB vagy Söderberg típusú kádak esetében, a csarnoki emisszió jelentősége megnő [tm 77, Al Expert Group 1998; tm 100, NL Al 1998]. Az alumíniumkohók csarnokából elszökő gázok mennyiségét számítással megbecsülték [tm 29, PARCOM 1997]. A számítás alapja a gázkomponensek koncentrációja, és a gázgyűjtés hatásfoka.

4.7. táblázat: Primer-alumínium öntöde légszennyezői (Table 4.7)



Megnevezés	Emisszió kg/t Al
Por	0,02-0,3
NO <sub>x</sub>	< 0,1-0,4
SO <sub>2</sub>	0-3

#### 4.2.1.2.12 Klimatikus gázok

Az alumíniumelektrolízis velejárója a szén-dioxid képződés, mely az anód anyagából, a timföldgyári kemencék működtetéséből, és a szükséges villamos energia előállításából adódik. Az anódeffektus során PFC vegyületek (pl. CF<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>) képződnek. Mindkét típusú gáz felelős a globális felmelegedésért. Az európai alumíniumkohók számításai azt mutatják, hogy a kibocsátott PFC vegyületek CO<sub>2</sub>-vel ekvivalens mennyisége 1990-ben 15 millió tonna volt. Az elektrolízis jobb automatizáltságának eredményeképpen csökkent az anódeffektusok száma és időtartama. A PFC kibocsátás így jelentősen csökkent az elmúlt 10 évben, és számítások szerint 2000-re CO<sub>2</sub>-vel ekvivalens mennyisége 6 millió tonna alá megy.

A hatékonyság növekedés a gyártás egyéb szakaszaiban szintén a szén-dioxid kibocsátás csökkenését eredményezi, így a klimatikus gázok mennyisége is kevesebb. A 4.5 táblázatban a különböző technológiákhoz tartozó fajlagos PFC emissziók találhatók.

Az anód anyagának inert anyaggal történő kiváltása a szén-dioxid és a PFC képződés elkerülésére még kísérleti fázisban levő technológia.

#### 4.2.1.3 Vízzennyezés

A primer alumíniumgyártás alapvetően nem vizes technológia, ezért a vízkibocsátás szerepe csekély.

#### 4.8. táblázat: Az alumínium-elektrolízis kibocsátása a vízrendszerbe (Table 4.8)

Megnevezés	Blokk-anód	Söderberg-anód
Fluorid, kg/t Al	0-3	0-5
Szuszpendált szilárd szemcsék, kg/t Al	0-6	0-6
PAH (Boneff 6), g/t Al	0-0,01	8-15

#### 4.2.1.4 Az alumínium-előállítás hulladékai

A fémelőállítás közben melléktermékek, maradványok és hulladékok keletkeznek, melyek az Európai Hulladék Katalógus listáján szerepelnek (Council Decision 94/3/EEC).

##### 4.2.1.4.1 Vörösiszap

A vörösiszap a timföldgyártás mellékterméke. Lerakása súlyos probléma, mivel a vörösiszap lúgos, 3-12 kg NaOH-ot tartalmaz 1 tonna előállított alumíniumra vonatkoztatva. A jelenlegi

gyakorlat szerint hányóra vagy jól szigetelt mesterséges tóba helyezik. A tóból túlfolyó vizet általában a technológiába viszik.

A kikeverés utáni lúgtisztításból vanádiumot tartalmazó só marad vissza, amely elsődleges forrása a vanádiumnak.

#### **4.2.1.4.2 *Katódbélés maradvány***

5-8 év katód élettartamot véve alapul, a katódbélés maradvány mennyisége 20-30 kg/t Al. A katódbélés-maradvány szénből és tűzálló anyagokat tartalmazó részből áll. A katódmaradvány különféle anyagokkal szennyezett: olvadék tapadvánnyal, acél árambevezető rudakkal, és penetrálódott fém alumíniummal. Ezt a részt hasznosítani lehet. A szén elég homogénnek tekinthető, a többi különböző típusú tűzállóanyagot és egyéb szigetelő anyagokat tartalmaz.

A következő táblázat egy tipikus katódbélés maradvány összetételt mutat be [tm 134, EAA 1998].

4.9. táblázat: A katódbélés-maradvány összetétele (Table 4.9)

Vegyület	Szén bélés	Falazat
	Összetétel %	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0-10	10-50
C	40-75	0-20
Na	8-17	6-14
F	10-20	4-10
CaO	1-6	1-8
SiO <sub>2</sub>	0-6	10-50
Fém alumínium	0-5	0
CN	0,01-0,5	0-0,1
CN, szabad	0-0,2	0-0,05

A problematikus alkotók az oldható fluoridok és cianidok. Nedvesség hatására NH<sub>3</sub> és PH<sub>3</sub> szabadul fel. A PAH nem okoz problémát, mivel a szén katódbélést 1250 °C felett már kiégették, és a döngölőmassza a kádban 900 °C felett kiégett. Az említett veszélyes alkotók, ahogy a táblázatból látszik, kisebb mennyiségben vannak a tűzállóanyag maradványban.

A katódbélés maradványa hasznosítható, kezelhető vagy lerakható [tm 134, EAA 1998].

#### Hasznosítás

- Újrafelhasználás pirometallurgiai kemencékben.
- Újrafelhasználás a kriolitgyártásban.
- Újrafelhasználás a cementiparban.
- Újrafelhasználás tüzelőanyagként.

#### Kezelési módszerek

- Reynolds Metals forgó csökemencében.
- Elkem piro-hidrolízis eljárásban (szintén kriolitot állít elő).
- Comalco Comtor eljárásban.
- Vortec/Ormet eljárásban.
- Alcoa/Ausmelt eljárásban.

#### Lerakási módszerek

- Tengerparti lerakás.
- Veszélyes hulladékként földbe.

#### 4.2.1.4.3 Egyéb anyagok

A folyékony alumínium pihentetési és kezelési felzéke 15-20 kg/t Al mennyiségű. 30-80 % alumíniumot tartalmaz, és az oxidáció elkerülésére inert gáz alatt hűtik le. A felzéket a szekunder alumíniumipar alapanyagként használja. A gáztisztításból származó szilárd hulladékok (por és iszap) újrahasznosíthatók [tm 77 & 90, Al Expert Group 1998]. Az öntökemence és az anódot kiégett kemence bélése feldolgozható illetve lerakható.

4.10. táblázat: Hulladékcsökkentés lehetőségei az alumíniumkohóban (Table 4.10)

Hulladékforrás	Felhasználási/kezelési lehetőségek
Al-felzék	Visszajáratás
Filter por	A technológiába vihető
SPL	Karburizáló, salakképző anyagként, illetve kemencebélésként használható
Anódüzemi téglá	Újrafelhasználás
Acél	Visszaforgatás
Anódüzemi szénpor	Újrafelhasználás

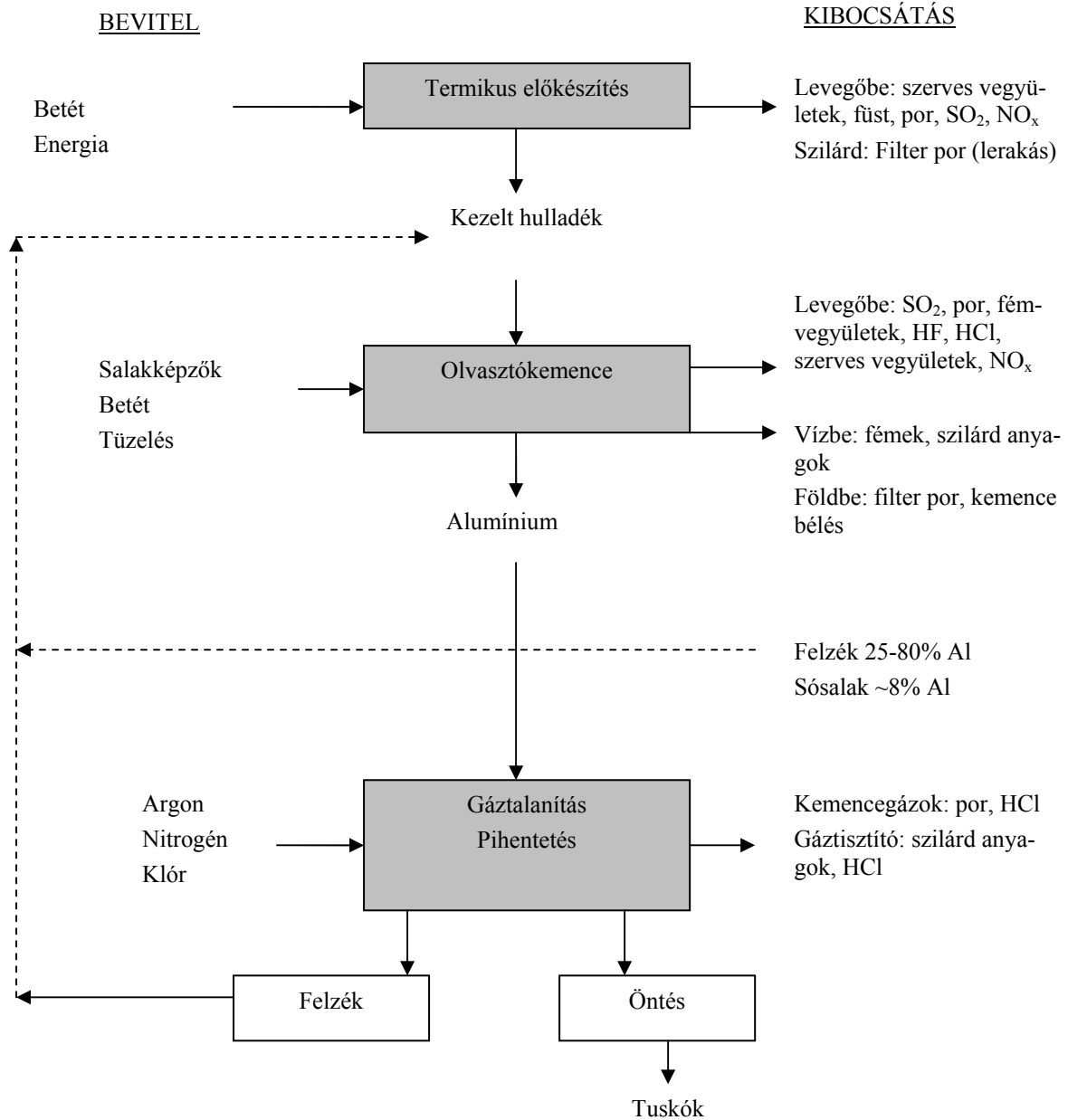
4.11. táblázat: Primer alumínium előállításakor keletkező hulladékok (Table 4.11)

Forrás	Mennyiség, kg/t Al
Al felzék	15-25
SPL	20-30
Egyéb veszélyes hulladék	7-15
Nem veszélyes hulladék	12-14

Az anódüzemből származó acélrudakat általában indukciós kemencében átolvasztják. A fluoriddal szennyezett acél további lehetséges emisszióforrás, ezért feldolgozásakor megfelelő gázgyűjtés és kezelés szükséges.

#### 4.2.2 Szekunder alumínium

A szekunder alumíniumgyártás során por, fémvegyületek, kloridok, HCl, dioxinok és egyéb szerves vegyületek emittálhatnak. A dioxinképződés a kemence égési zónájában illetve a gázkezelő rendszer (de-novo szintézis) hűtőzónájában lehetséges. A szennyező-kibocsátás az üzem korszerűségétől és az alkalmazott technológiától függően a kéményen keresztül illetve szökő emisszióként történhet. A kéményen keresztül eltávozó szennyezőket folyamatosan vagy periodikusan, de rendszeresen ellenőrzik, és jelentik a szakhatóságoknak.



4.5 ábra (Figure 4.5)

**A másodlagos alumíniumgyártás inputjai és kibocsátásai**

Megjegyzés: a por és a gáz magával vihet szerves vegyületeket, mint pl.a VOC és a dioxin Ammónia és egyéb gázok emittálhatnak a felzék helytelen tárolása, kezelése és szállítása során [tm 33, Mantle 1998]. Por is kerülhet a levegőbe. Az anyag vagy a termék nem megfelelő szállításakor kikerülhet vízben szuszpendált szilárd anyag illetve fém, és olaj is.

Az emisszió potenciális forrásai az előkészítés, olvasztás, gáztalanítás és a pihentetés.

Az előkészítés módszerei a 2.5 fejezetben részletesen szerepelnek. A szekunder alumíniumipar főként forgácsaprítást, szárítást és termikus tisztítást használ a hulladékok előkészítésére, és hengerlést vagy más mechanikai módszert a felzék és sósalak tömörítésére.

Sósalak keletkezik, amikor nátrium- és kálium-klorid keverékével fedik be az olvadékot, hogy a fémeket az oxidációtól megóvják. Ezek a salakok általában forgókemencében keletkeznek és

környezetre veszélyesek, ha lerakásra kerülnek. Néhány olyan kemencében, amely többféle típusú betéttel üzemel, lehetőség van a sómentes működésre. A sósalak visszaforgatására szintén lehetőség van.

#### 4.2.2.1 Légszennyezés

A lehetséges kibocsátások:

- por és füst,
- fémvegyületek,
- szerves vegyületek (VOC és dioxinok) és CO,
- nitrogén-oxidok (NO<sub>x</sub>),
- kén-dioxid,
- kloridok, HCl és HF.

Ezen anyagok emissziójának jelentős része a tüzelőanyagból és a betét szennyezőiből képződik. A porképződést a finom porszerű hulladék és a fedőso okozza [tm 77&90, Al Expert Group 1998].

4.12 táblázat: A lehetséges lénszennyezők jelentősége

Komponens	Előkészítés	Olvasztás	Finomítás és gáztalanítás
HCl, HF és egyéb kloridok	*	**	***
Fémek és vegyületeik	**	**	**
A nitrogén oxidjai	*	**	* (füstgázokban)
SO <sub>2</sub>	* (megfelelő tüzelőanyag esetében)	* (megfelelő tüzelőanyag esetében)	* (füstgázokban)
Szerves vegyületek (VOV, dioxinok)	***	***	
Por	***	***	**
<b>Megjegyzés:</b> *** jelentős.....* kevésbé jelentős			

##### 4.2.2.1.1 Gázgyűjtés

A 2.7 fejezet tárgyalja a gázgyűjtési technológiákat. A füstgáz kezelés fontos eleme a szekunder alumíniumgyártásnak, mivel por és füst keletkezik a betét szennyezőiből, a tüzelés és olvasztás során [tm 33, Mantle 1988]. A kemencének több olyan helye lehet, ahonnan emisszió távozhat, így ezen helyek ismerete szükséges. A betét adagolásakor szökő emisszió különféle gázgyűjtő rendszerek beépítésével csökkenthető.

Az előkészítés illetve az olvasztás során a szerves bevonatok elégnak, így ezen kibocsátások felfogására jól tervezett gázkezelő rendszer szükséges.

#### 4.2.2.1.2 *Por és fémek*

A porok és fémporok a gázból, hulladékból és salakképzőből keletkezhetnek. Némely szennyező fém az olvasztás során kiéghet, és szállóport alkothat. A jelen levő szén és kloridok dioxinok képződését okozhatják, melyek a gáz szilárd alkotóihoz kapcsolódhatnak. Az égéstérbe kerülő szerves anyagok roncsolására mészkő, nátriumbikarbonát vagy szén adagolható. Zsákos szűrő vagy kerámiaszűrő beépítésével a kibocsátás a 0,6-20 mg/m<sup>3</sup>-re csökkenhet. A hőenergia visszanyerésére leggyakrabban rekuperátor használatos.

**4.13 táblázat: A szekunder alumíniumgyártás filterporának összetétele**

Komponens	Tipikus mennyiség (%)	Tartomány (%)
CaO	25	0-50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15	6-25
NaCl, KCl	35	20-50
Szén	6	1-6
Nehézfémek*	-	0,01-10
Fémalumínium	3	2-7
PCDD/F	5 µg/kg	3-10 µg/kg
<b>Megjegyzés:</b> * Zn, Pb, Cu, Mn, V, Cr, Ni, Sn, (nyomokban Co, As, Tl, Be, Sb)		

#### 4.2.2.1.3 *Szerves vegyületek (VOC, dioxinok), és CO*

A tüzelőanyag tökéletlen égése vagy a betét szervesanyag tartalma eredményezi a szerves vegyületek emisszióját. Jó hatásfokú égők és kemence alkalmazásával optimalizálható az égés. Ha a kemencében szerves anyagok kerülnek, a tökéletes égés eléréséhez számításba kell venni azokat is. A hulladék előkészítése, tisztítása a szerves anyagok nagy részét eltávolítja és javítja az olvasztás hatásfokát [tm 122, ETSU 1998]. A gáztalanításra és magnézium eltávolításra használt klór keverékek, és a kloridok (fedősó) alkalmazása elősegíti a dioxinok képződését.

Az előkészítés és az olvasztás folyamán képződő szerves anyagokat utánégetőkkel lehet szétroncsolni. A szilárd felületekhez kötődő szerves anyagokat aktív szénrel és jó hatásfokú porszűrő rendszerrel távolítják el.

#### 4.2.2.1.4 *Kén-dioxid és nitrogén-oxidok*

Mindkét vegyület a kemence tűzterében képződik. A kibocsátás általában nem jelentős. Kis kéntartalmú tüzelőanyag és kevés  $\text{NO}_x$ -ot termelő égők alkalmazásával az emisszió minimalizálható. A kibocsátás értékek 10-900 g  $\text{NO}_x$ /t Al tartományban helyezkednek el, a konkrét értékek a kemencetípustól függenek [tm 116, ALFED 1998].

#### 4.2.2.1.5 HF, HCl és egyéb kloridok

Az alumínium-olvadékot öntés előtt klórozással finomítják (hidrogén és magnézium eltávolítás). Forgó kemence alkalmazásával a magnéziumot további klórbevitel nélkül is el lehet távolítani. Klórfelesleg esetében alumíniumklorid képződik, amely vízgőzzel érintkezve hidrolizál, és HCl képződik. A HCl megkötésére száraz, félszáraz illetve nedves gáztisztító rendszert használnak. A HCl-képződés csökkentése klór és inert gáz keverékének használatával oldható meg. Az olvasztó kemencében használt salakképző anyagokból fémkloridokat tartalmazó finom füst keletkezik. Ha a magnézium eltávolítására, vagy salakképzőként fluoridokat használnak, kis mennyiségű HF és egyéb fluoridok képződnek.

#### 4.2.2.1.6 Légszennyezés

4.14 táblázat: Forgács szárításakor keletkező emissziók

Emisszió	Tartomány
Szemcsés anyag, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	<5-50
HF, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	<5
Kloridok, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	<5
HCl, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	3-40
$\text{SO}_2$ , $\text{mg}/\text{Nm}^3$	15-530
$\text{NO}_2$ , $\text{mg}/\text{Nm}^3$	40-420
Dioxinok, $\text{ng}/\text{Nm}^3$	<0,1-1
VOC, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	10-57
<b>Energia felhasználás, MJ/t forgács</b>	3500-5200

4.15 táblázat: Emissziók indukciós kemencében történő olvasztáskor

Emisszió	Tartomány
Szemcsés anyag, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	<1-35
HF, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	0,1-5
Kloridok, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	1-5
HCl, $\text{mg}/\text{Nm}^3$	0,1-40
Dioxinok, $\text{ng}/\text{Nm}^3$	<0,1-1



<b>Energia felhasználás, MJ/t forgács</b>	2000-8000
---	-----------

4.16 táblázat: Emisszió forgódos kemencében való olvasztáskor

Emisszió	Tartomány
Szemcsés anyag, mg/Nm <sup>3</sup>	1-30
HF, mg/Nm <sup>3</sup>	0,1-5
Kloridok, mg/Nm <sup>3</sup>	<1-5
HCl, mg/Nm <sup>3</sup>	0,1-40
SO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	5-520
NO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	50-450
Dioxinok, ng/Nm <sup>3</sup>	<0,1-1
VOC, mg/Nm <sup>3</sup>	5-90
<b>Energia felhasználás, MJ/t forgács</b>	<b>4000-12000</b>

4.17 táblázat: Emisszió lángkemencében és oldalaknás kemencében való olvasztáskor

Emisszió	Tartomány
Szemcsés anyag, mg/Nm <sup>3</sup>	<0,1-35
HF, mg/Nm <sup>3</sup>	0,1-5
Kloridok, mg/Nm <sup>3</sup>	<1-5
HCl, mg/Nm <sup>3</sup>	0,5-40
SO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	0,5-515
NO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	15-450
Dioxinok, ng/Nm <sup>3</sup>	<0,1-1
VOC, mg/Nm <sup>3</sup>	2-55
<b>Energia felhasználás, MJ/t forgács</b>	<b>3300-8000</b>

4.18 táblázat: Emisszió gurítókemencében való olvasztáskor

Emisszió	Tartomány
Szemcsés anyag, mg/Nm <sup>3</sup>	<5-50
HF, mg/Nm <sup>3</sup>	<5
Kloridok, mg/Nm <sup>3</sup>	1-5
HCl, mg/Nm <sup>3</sup>	30-40
SO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	10-530
NO <sub>2</sub> , mg/Nm <sup>3</sup>	20-420
Dioxinok, ng/Nm <sup>3</sup>	<0,1-1
VOC, mg/Nm <sup>3</sup>	5-57
<b>Energia felhasználás, MJ/t forgács</b>	<b>2300-3800</b>

#### 4.2.2.2 Vízzennyezés

A szekunder alapanyagokból történő alumínium előállítás alapvetően száraz technológia, így a vízkibocsátás jelentősége csekély.

#### 4.2.2.3 Az eljárás hulladékai és maradványai

A pihentetés és olvadékkezelés felzék fajlagos tömege 15-20 kg/t Al, és jelentős mennyiségű alumíniumot tartalmaz. A felzék gyors kezelésével, pl. préssel vagy inert gáz alatti hűtésével az oxidáció mértéke csökken. Tárolás közben a felzék reakcióba léphet a levegő nedvességével és ammónia, vagy egyéb gáz keletkezhet.

Az olvadékkezelés utáni szűrőmaradványt legtöbbször lerakják. Ha nátriumbikarbonátot használtak a gáztisztításhoz, a szilárd maradvány fedősóként felhasználható [tm 2, HMIP Al 1993; tm 33, Mantle 1988; tm 145, Winter 1998]. A filterpor a dioxinok hőbontására is felhasználható.

A kemencebélés és a por a sósalak kezelő eljárásba visszaforgatható vagy lerakható.

4.19 táblázat: A szekunder alumíniumgyártás maradványai

Maradvány	Eredet	Mennyiség	Kezelés	Megjegyzés
Sósalak	Forgódobos kemencében történő olvasztáskor	<500 kg/t Al	Feloldás és kristályosítás útján újrahasznosítható anyagok kinyerése (ha lehetséges Al granulátum, sókeverék, és $Al_2O_3$ ).	A lerakás elkerülése a cél.
Filterpor	Gáztisztító kimerülésekor	<35 kg/t Al (0,1-10 kg/t Al*)	Földalatti lerakás. Sósalakkal való részleges rekondicionálás. Acélipari felhasználás.	Néhány államban tilos nyílt térre lerakni. Hőkezelés (semlegesíthető $NaHCO_3$ -mal vagy $Na_2CO_3$ -mal → sósalakkal együtt használható)
Kemencebélés	Olvasztó kemencéből	~2 kg/t Al	Felzékkel részlegesen rekondicionálható, egyébként mosás+lerakás.	Néhány államban tilos lerakni. Fröccsöntésre szánt anyagokba keverhető.

Maradvány	Eredet	Mennyiség	Kezelés	Megjegyzés
Felzék	Salakképzőt nem használó kemencékből	~25 kg/t Al (40-80 kg/t Al <sup>**</sup> )	Átolvasztás forgódobos kemencében. Újrafelhasználás, pelletezés forgódobos kemencében, a sósalak újrafelhasználásában a maradék por bekeverhető.	A lerakás elkerülése a cél.
<b>Megjegyzés:</b> * zárt aknájú kemence esetében ** nemfémek anyagok (az alumíniumhulladék oxidos része)				

#### 4.20 táblázat: Emisszió a felzék kezelésekor

Emisszió	Tartomány
Szemcsés anyag, mg/Nm <sup>3</sup>	10-40
*Por, kg/t	300-700
Energia felhasználás, MJ/t	300-800
<b>Megjegyzés:</b> * A por mennyisége a kezeletlen felzék eredeti fémek tartalmától függ.	

A szabványos salakképző összetevői NaCl, KCl és kalciumfluorid. Maximum 5% egyéb fluorid is adható a salakképző keverékbe. Amikor a használt salakképzőt lehúzzák (ekkor már sósalaknak nevezik), nagy mennyiségű alumínium-oxidot tartalmaz. A sósalak tömegének maximum 8-10 %-a fémalumínium. Az alumínium, a nátrium- és káliumklorid elválasztási és kristályosítási eljárással kinyerhető és további használatra vihető. Néhány üzemben az oxidos részeket mosás után eladják, vagy rekultivációs célra fedőréteggént lerakják.

### 4.3 A legjobb elérhető technológiák

E fejezet tanulmányozásához a Bevezetésre, főként a „Hogyan értelmezzük és használjuk ezt a dokumentumot” című részre hivatkozunk. Az e fejezetben bemutatott technológiák és a kapcsolódó emisszió és/vagy fajlagos értékek, vagy értéksávok az alábbi lépéseket tartalmazó iterációval lettek kiszámítva:

- az alumínium gyártáskor kibocsátott anyagok azonosítása: fluoridok (HF is), por, SO<sub>2</sub>, COS, PAH, VOCs, füst, csarnok-gázok (PFCs, CO<sub>2</sub>), szekunder dioxinok, kloridok, HCl és maradványok, pl. bauxit maradványok, SPL, filter-por, és sósalak.
- a technológia áttekintése abból a célból, hogy megállapíthatók legyenek a leglényegesebb szempontok:
- az EU-ban és a világban rendelkezésre álló adatok alapján meghatározni a legkedvezőbb emissziós értékeket,

- megvizsgálni azokat a körülményeket, melyeket az így kapott értékek mellett kaphatunk, pl. költség, a technológia kivitelezésében szerepet játszó főbb hajtóerők,
- a legjobb elérhető technológia és a kapcsolódó emisszió és fajlagos értékek kiválasztása a 2(11) bekezdés és a Direktíva IV. Melléklete alapján.

A teljes fejezetben megkülönböztetjük az „elérhető érték”-et a „BAT szerinti érték”-től. Ahol a technológia során egy „elérhető érték” szerepel, az azt jelenti, hogy az érték a technológia végzése során egy olyan időintervallumban kapható, amikor a technológia hibátlanul és tökéletesen működik.

A kívánt eljárás vizsgálatának módszertana és egy sor más tényező határozza meg a legjobb elérhető technológiát.

- A konkrét helyen rendelkezésre álló alapanyagtól erősen függ a technológia kiválasztása. Az anyag összetétele, szennyezői, méreteloszlása (a porképződés szempontjából fontos) és szervesanyag tartalma jellemzi annak minőségét.
- A technológia rendelkezzen az elérhető legjobb gázgyűjtő és kezelő rendszerrel. A füstgázgyűjtő rendszer kiválasztása a fő technológiától függ. Néhány technológiában a zárt rendszer kivitelezése egyszerű.
- A víz és hulladék kibocsátást is figyelembe kell venni. Ez a hulladék minimalizálását jelent, és a maradványokat és a vizet lehetőség szerinti mértékben visszaforgatni a technológiába, esetleg más eljárásba.

A következő pontok szerint javasolt a módszertan felépítése:

- Az eljárás iparilag kipróbált és használható?
- Behatárolt-e a felhasználandó alapanyag minősége?
- A termelési szint korlátozott-e? pl. van-e felső vagy gazdaságosság szempontjából alsó határ.
- Használható-e az eljáráshoz a legmodernebb és leghatásosabb gyűjtő és kezelő rendszer?
- Elérhető-e a legalacsonyabb kibocsátási szintek az eljárásban és a kezelési technológiákban?
- Vannak-e az eljáráshoz kapcsolódó egyéb aspektusok (pl. biztonság)?

#### **4.3.1 Anyagok kezelése és tárolása**

- Különböző irányelvek vannak minden tagországban. A tároló területeket úgy kell megtervezni, hogy a tartály felső részéből és a szállító rendszerből történő szivárgást fel lehessen fogni. A tartály tartalmát és a vonatkozó figyelmeztető jelzéseket fel kell tüntetni. A tartályok túlsordulásának elkerülésére automatikus ellenőrző rendszert kell alkalmazni.
- A kénsavat és az egyéb reaktív anyagokat dupla falú vagy kémiailag ellenálló tartályban kell tárolni. Javasolt a szivárgást érzékelő és riasztó rendszer felszerelése is. Ha a talajba jutás lehetősége fennáll, az egész területet a tárolt anyagnak ellenálló és vízhatlan burkolattal kell ellátni.
- Összeférhetetlen anyagokat (pl. oxidálószer, szerves anyagok) elkülönítve kell tárolni inert gázzal töltött tartályokban.

- Robusztus, jól tervezett nyomástartó edényekben kell a gázokat tárolni, a tartályokon nyomásjelzővel és a szivárgást elvezető csőrendszerrel.
- Nem porzó, oldhatatlan anyagok tárolhatók csatornázott, zárt felületen.
- Olajjal vagy olajemulzióval szennyezett anyagokat (pl. forgács) fedéllel zártan kell raktározni, hogy az esővíz ne moshassa ki az olajat.
- Az anyagok mintavétele és elemzése a raktár területre legyen integrálva, hogy az alapanyag minőségének meghatározása és a technológia kiválasztása helyben történjen.
- A szén, kokszt és faforgács raktárterületét jól megfigyelhető helyre kell telepíteni, hogy az öngyulladás okozta tűz felfedezhető legyen.

4.26 táblázat: Az alumíniumhoz kapcsolódó kezelési és raktározási módszerek

Anyag	Tárolás	Kezelés	Előkészítés	Megjegyzés
Tüzelőanyag és egyéb olajok	Tartályokban és hordókban.	Biztonságod csővezetékeken.	Fűtött tároló és szállító rendszer.	A kiszorított gázok visszaáramlása.
Salakképzők	Porzás esetén zárt silókban.	Zárt konvektorok porgyűjtő rendszerrel.		
Finom por (felzék), stb.	Porzás esetén zárt silókban.	Zártan, porgyűjtő rendszerrel.	Préselés és sűrűség szerinti elválasztás.	
Forgács	Oldható vagy emulgeált olajok esetében zárt árkokban.	Mechanikai adagolás.	Forgács szárítás. Centrifugálás.	Ojalgyűjtés-ha szükséges.
Durva por	Nyitott vagy zárt árkokban.	Mechanikai adagolás.	Forgács szárítás-ha szükséges.	Ojalgyűjtés-ha szükséges.
Darabos anyag (alapanyag vagy salak)	Szabadtéri.	Mechanikai adagolás.		Ojalgyűjtés-ha szükséges.
Fóliák, lemezek	Nyitott vagy zárt árkokban.	Mechanikai adagolás.		Ojalgyűjtés-ha szükséges.
Klór, vagy klórtartalmú gázkeverékek	Nyomástartó edényekben.			
Termékek-táblák, tuskók, lemezek és bugák	Szabadtéri.		Előmelegítés.	
Visszaforgatható technológiai maradványok, pl. felzék, sósalak, bélés	Szabadtéri vagy zárt-a porképződéstől függően.	Minőségtől függően.	Elválasztás őrléssel és/vagy kioldással. Viszonylag nagy porképződés.	A felzék és sósalak szárazon tartása. Megfelelő csatornázás.
Lerakásra szánt	Az anyagtól	Minőségtől		Megfelelő

Anyag	Tárolás	Kezelés	Előkészítés	Megjegyzés
hulladékok	függően nyitott vagy zárt árkokban, zárt konténerekben.	függően.		csatornázás.

## 4.3.2 A technológia kiválasztása

### 4.3.2.1 Primer alumínium

A pontadagolós blokkanos rendszer tekinthető a primer alumínium gyártás legjobb elérhető technológiájának figyelembe véve a következőket:

- Az energia felhasználás és az anódeffektusok minimalizálása automatikus, számítógépes szabályozási rendszerrel megvalósítható.
- A kádak teljes fedése gázgyűjtő haranggal megvalósítható. Az anódhűtés is zárt rendszerű.
- 99 %-nál nagyobb hatásfokú füstgázgyűjtés a kádakból. A kádfedél nyitása és az anódcseré a lehető legkevesebb ideig tart.
- Ha a környezetvédelmi rendelkezések megkívánják a kéndioxid mennyiségének a csökkentését, lehetőség van alacsony kéntartalmú szén anódmassza felhasználására, és a kéndioxid a gáztisztító rendszerrel is csökkenthető.
- A gyártásból származó gázok timföld alapú gáztisztítóval kezelhetők, így a por, a fluoridok és a HF eltávolítható a gázból. A fluorid eltávolításának hatásfoka >99,8%, a timföld pedig az elektrolizáló kádba adagolható.

### 4.3.2.2 Szekunder alumínium előállítás

Az alapanyagtól függően a szekunder alumínium gyártás legjobb elérhető technológiái a láng-, forgódobos-, indukciós kemencében történő olvasztás.

#### 4. 27 táblázat: A szekunder alumíniumgyártásban elérhető legjobb technológiák

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
Lángkemence kemence	Félig zárt	Nagy kapacitás	Kis hatékonyság, szigorú követelmények az alapanyaggal szemben	Zárt adagoló rendszer
Oldalaknás lángkemence, kettős munkaterű csurogtató lángkemence	Félig zárt	Változatos betét minőség	Rossz hőkihasználás	Zárt adagoló rendszer
Forgódobos kemence	Félig zárt	Jó hőkihasználás	Viszonylag sok sósalak	
Buktatható forgódobos kemence	Félig zárt	Jó hőkihasználás. Alacsony fémtartalmú	Behatárolt kapacitás	Kevés salakképző szükségesség

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
		nyersanyag is adagolható.		
Indukciós kemence	Nyitott, gázgyűjtő haranggal ellátott	Nincs füstgáz	Behatárolt alapanyag és fém kapacitás	Kis mennyiségű tiszta fém előállítására
Aknás kemence	Félig zárt	Adag előmelegítése		Tiszta fém előállítására

### 4.3.2.3 Egyéb technológiai lépések

Az előkészítés finomítás, timföldgyártás, integrált anódgyártás legjobb elérhető technológiai a 4.28 táblázatban található.

**4.28 táblázat: A primer alumíniumgyártás BAT szerinti technológiai lépései**

Technológiai lépés	Módszer
Timföldgyártás	Bayer eljárás
Finomítás	Klór és argon/nitrogén keverék, vagy $AlF_3$ használata
Pihentetés, gáztalanítás	A kemencefüstök gyűjtése, hűtés, szükség szerint zsákos szűrő.
Anódgyártás	Lásd a 12. fejezetet

**4.29 táblázat: A szekunder alumíniumgyártás BAT szerinti technológiai lépései**

Technológiai lépés	Módszer	Megjegyzés
Finomítás	Klór és argon/nitrogén keverék, vagy $AlF_3$ használata	Inert gáz alatt
Felzék kezelés	Inert gáz alatt, zárt dobban való hűtés	Nedvesség hatására ammónia képződik
Pihentetés, gáztalanítás	A kemencefüstök gyűjtése, hűtés, szükség szerint zsákos szűrő.	

### 4.3.3 Gázgyűjtés és kezelés

Mind a primer, mind a szekunder alumínium gyártásban a füstgázgyűjtő rendszere a kád vagy kemence záró rendszerét használja ki. A gázgyűjtő rendszerben uralkodó nyomást megfelelően alacsony értéken kell tartani, így elkerülhető a szivárgás és a szökő emisszió.



4.30 táblázat: A primer alumíniumgyártás gázkezelése

Technológiai lépés	Füst gyűjtés	Zsákos szűrő	PAH kezelés	VOC kezelés
Alapanyag	* (ha poros)	* (ha poros)		
Olvadék elektrolízis	*	* (száraz gáztisztító rendszerrel)	*	
Anód gyártás	*	*	*	*
Timföldgyártás	*	*(vagy elektrofilter)		
Pihentetés, gáztalanítás	*	*		

4.31 táblázat: A szekunder alumíniumgyártás gázkezelése

Technológiai lépés	Füst gyűjtés	Utánégetés	Porleválasztás	Savas gázok eltávolítása	VOC kezelés
Alapanyag	* (ha poros)		* (ha poros)		
Átolvasztás	*	* (szükség esetén)	*	* (szükség esetén)	* (szükség esetén)
Forgács szárítás és felület tisztítás	* (szükség esetén)	* (szükség esetén)	* (szükség esetén)	* (szükség esetén)	* (szükség esetén)
Pihentetés, gáztalanítás	* (szükség esetén)		* (szükség esetén)		
Sósalak és felzék kezelés	*	* (*	*		

4.32 táblázat: A lehetséges légszennyezések és azok csökkentésének módszerei

Technológiai lépés	Komponens	A csökkentés lehetőségei
Alapanyag kezelés	Por	Helyes tárolás, megelőzés. Porleválasztás.
Alapanyag előkészítés	Por Szerves anyagok*	Megfelelő előkészítés. Porleválasztás.
Olvadékelektrolízis	Por, fluorid, PFC, (szénhidrogének és PAH**), kéndioxid	Gázgyűjtés. Zsákos szűrő és timföldes gáztisztító. Szükség esetén nedves gáztisztító rendszer.

Olvasztás (szekunder alumíniumgyártásban)	Por és fémek Savas gázok/halogenidek Szerves anyagok*	
Pihentetés, finomítás	Por, halogenidek és fémek Szerves anyagok*	
Sósalak és felzék kezelés	Por, ammónia, foszfén és fémek	

#### 4.3.3.1 A BAT alkalmazásával elérhető légszennyezések

A primer alumíniumgyártáskor az összes légszennyezés az:

- anyagátvétel, tárolás, keverés és mintavétel,
- elektrolízis, pihentetés és finomítás
- felzék kezelés,

a szekunder alumíniumgyártáskor az:

- anyagátvétel, tárolás, keverés, mintavétel és előkészítés,
- olvasztás, pihentetés és finomítás,
- felzék és salak hűtés és kezelés

helyekről származik.

A szökő emisszió gyakran nagyobb mennyiségű, mint a felfogott és csökkentett (kezelt) kibocsátás.

#### 4.33 táblázat: A primer alumíniumgyártás BAT szerinti légszennyezései

Légszennyezés	A BAT szerinti értéksáv	Az alkalmazható módszer	Megjegyzés
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Zsákos szűrő.	A por jellemzőitől függ.
SO <sub>2</sub>	n.a.	Az anód kéntartalmának ellenőrzése.	A SO <sub>2</sub> minimalizálása a cél.
Polifluoridos szénhidrogének	<0,1 anódeffektus/kád/nap	Az eljárás szabályozása.	<0,1 kg/t Al
HF Összes fluorid	<0,2 mg/Nm <sup>3</sup> <0,5 mg/Nm <sup>3</sup>	Timföldes gáztisztító és zsákos szűrő.	Az anódüzemben (lásd a 12. fejezetet).
<b>Megjegyzés:</b> A táblázat csak a felfogott emissziókat tartalmazza.			

**4.34 táblázat: A primer és szekunder alumíniumgyártás pihentetés és gáztalanítás fázisaiban kibocsátott BAT szerinti légszennyezések**

Légszennyező	A BAT szerinti értéksáv	Az alkalmazható módszer
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Zsákos szűrő
Kloridok, fluoridok, és savas gázok	SO <sub>2</sub> <50-200 mg/Nm <sup>3</sup> Kloridok <5mg/Nm <sup>3</sup> Fluoridok <1mg/Nm <sup>3</sup>	Nedves vagy félszáraz lúgos gáztisztító rendszer
NO <sub>x</sub>	<100 mg/Nm <sup>3</sup>  <100-300 mg/Nm <sup>3</sup>	Alacsony NO <sub>x</sub> kibocsátású égővel  Oxigén tüzelésű égővel
<b>Megjegyzés:</b> A táblázat csak a felfogott emissziókat tartalmazza.		

**4.35 táblázat: A szekunder alumíniumgyártáskor olvasztás és előkészítés közben kibocsátott BAT szerinti légszennyezések**

Légszennyezés	A BAT szerinti értéksáv	Az alkalmazható módszer	Megjegyzés
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Zsákos szűrő	Jó hatásfokú zsákos szűrővel a nehézfémek alacsony szinten tarthatók.
Kloridok, fluoridok, és savas gázok	SO <sub>2</sub> <50-200 mg/Nm <sup>3</sup> Kloridok <5mg/Nm <sup>3</sup> Fluoridok <1mg/Nm <sup>3</sup>	Nedves vagy félszáraz lúgos gáztisztító rendszer	
NO <sub>x</sub>	<100 mg/Nm <sup>3</sup>	Alacsony NO <sub>x</sub>	

	<100-300 mg/Nm <sup>3</sup>	kibocsátású égővel Oxigén tüzelésű égővel	
Szén	<5-15 mg/Nm <sup>3</sup> <5-50 mg/Nm <sup>3</sup>	Utánégetés. Optimalizált égéssel.	A másodnyersanyagok előkezelésével a szerves bevonatok eltávolíthatók.
Dioxinok	<0,1-0,5 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	Jó hatásfokú porleválasztással (pl. zsákos szűrő), gyorshűtést követő utánégetés.	
<b>Megjegyzés:</b> A táblázat csak a felfogott emissziókat tartalmazza.			

#### 4.3.4 Szennyvíz

Minden keletkező szennyvizet kezelni kell, amely a szilárd anyagok és olaj eltávolítását, az oldott savas gázok (pl. SO<sub>2</sub>, HF, HCl) semlegesítését jelenti. A hűtővizeket és a kezelt szennyvizeket (az esővizet is) legtöbbször visszajaratják a technológiába.

A primer és szekunder alumínium gyártás vízkibocsátása a:

- timföld gyártásból,
- raktározásból,
- a transzformátor hűtésből,
- a ( nedves) gáztisztító rendszerből

származik.

**4.36 táblázat: Anódüzemmel rendelkező primer alumíniumkohó BAT szerinti vízkibocsátása**

<b>Komponens</b>	<b>Koncentráció, mg/l</b>	<b>Megjegyzés</b>
Szuszpendált szilárd anyag	14	Az anódüzemi kibocsátással együtt
COD	37	Az anódüzemi kibocsátással együtt
Fluorid	17	Az anódüzemi kibocsátással együtt
Hidrogénkarbonátok	0,8	Az anódüzemi kibocsátással együtt

**Megjegyzés:** Az Alumínium Dunkirk üzem kibocsátás értékei (napi átlagértékek)

#### 4.3.5 A technológia maradványai

A keletkező maradványok mennyisége az alapanyag minőségétől, főleg annak nátriumtartalmától, a másodnyersanyagok fémtartalmától (pl. Mg) és az egyéb szennyezők jelenlététől függ.

A lerakásra kerülő szilárd anyagok mennyisége emiatt nagyban függ az egyes üzemektől. Ezért az alapanyag jellemzése nélkül nem lehet táblázatba foglalni valós és jellemző értékeket. A BAT ezért a hulladékmentes technológiákat, a hulladékmennyiségének a minimalizálását és, ha lehetséges a maradványok visszajáratását ajánlja.

**4.37 táblázat: Primer alumíniumkohó maradványainak kezelési lehetőségei**

Forrás	Felhasználási, kezelési lehetőségek
Al felzék	Visszaforgatás a technológiába
Filter por	Visszaforgatás a technológiába
Katódbélés maradvány	Karburizáló, salakképző és kemencebélés anyagaként
Téglák	Az anódégető kemencéből. Újrafelhasználás.
Acél	Visszaforgatás
Szénpor (az anódüzemből)	Újrafelhasználás

**4.38 táblázat: A szekunder alumíniumgyártás maradványainak kezelési lehetőségei**

Maradvány	Származási hely	Kezelés	Megjegyzések a kezeléshez
Sósalak	Olvasztásból	Őrlés, oldás és kristályosítás után újrafelhasználás. Alumínium granulátum, sókeverékek, és oxidok kinyerése.	Az eljárásnak szigorú környezetvédelmi előírásoknak kell megfelelnie. A szökő emissziókat fel kell fogni, és kezelni kell. El kell kerülni a lerakást.
Filter por	Gáztisztítóból	Földalatti lerakás. Sósalakkal való részleges rekondicionálás. Acélipari	Néhány államban tilos nyílt terepre lerakni. Hőkezelés (semlegesíthető NaHCO <sub>3</sub> -mal vagy

Maradvány	Származási hely	Kezelés	Megjegyzések a kezeléshez
		felhasználás.	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> -mal→sósalakkal együtt használható)
Kemencebélés	Olvasztó kemencéből	Felzékkel részlegesen rekondicionálható, egyébként mosás+lerakás.	Néhány államban tilos lerakni. Fröccsöntésre szánt anyagokba keverhető.
Felzék	Salakképző anyagot nem használó kemencékből	Átolvasztás forgódobos kemencében. Újrafelhasználás, pelletezés forgódobos kemencében, a sósalak újrafelhasználásában a maradék por bekeverhető.	A lerakás elkerülése a cél.

## 5 Eljárások az ólom, cink és kadmium (+Sb, Bi, In, Ge, Ga, As, Se, Te) előállítására

### 5.1 *Alkalmazott eljárások és technikák*

Ezek a fémek gyakran együtt fordulnak elő az ércekben és dúsítmányokban. Számos módszert használnak a kinyerésükre és az elválasztásukra. A kémiai állapot (szulfidos, vagy oxidos) és a fémek viszonylagos mennyiségei általában meghatározza a használható pirometallurgiai, hidrometallurgiai, vagy kombinált módszert. Némely technológiát használnak szekunder, vagy kevert primer/szekunder nyersanyagokra is [tm 12, HMIP Zn 1993; tm 102, DFIU Zn 1999]. Bizonyos esetekben a szekunder anyagokat szétválsztják és egyes frakciókat más üzemekbe szállítanak, ahol az illető anyagot fel tudják dolgozni.

#### 5.1.1 **Primér ólom**

Alapvetően két pirometallurgiai eljárás áll rendelkezésre az ólomnak a ólom-szulfidos, illetve a komplex ólom és cink-szulfidos dúsítmányokból: oxidáló pörkölés/redukáló olvasztás, illetve a közvetlen reagáló olvasztás. Az eljárásokat szekunder nyersanyagokkal kevert dúsítmányokra is lehet alkalmazni.

##### 5.1.1.1 **Pörkölés/redukáló olvasztás aknáskemence, vagy Imperial Smelting (IS) kemence használatával**

Az ólom dúsítmányt keverik a finom szemcsés pörköléssel, másodnyersanyaggal és más technológiai anyaggal, majd forgó dobokban pelletezik. A pelleteteket egy átfűvósos, vagy átszívósos zsugorító-pörkölő berendezésre adják fel, ahol a felső réteget begyűjtik. A pörkölődő pelletet egy sor fűvó, vagy szívó szélszekrény felett haladnak el a rostélyszalaggal, amin keresztül levegőáramlik át. A kén kén-dioxiddá oxidálódik, és a reakció elég hőt termel a pelletet részleges olvasztásához és szinterelődéséhez [tm 12, HMIP Zn 1993; tm 102, DFIU Zn 1999].

A szinterelt pörköléket törik és a kemencébe adagolható mérettartományt szitálással kiválasztják. Az aprószemcsés frakciót a gáztisztító berendezésből származó szárított iszappal keverve hűtik és a keverőtérre járatják vissza.

A kén-dioxidot kinyerik a zsugorító-pörkölő berendezésből távozó gázokból, amelyeket a kénsavgyártás előtt lehűtenek és tisztítanak. A jelenlévő kadmiumot és higanyt vagy a pörkölési gázokból, vagy pedig a termelt kénsavból nyerik ki.

A zsugorított pörköléket az aknáskemencébe adagolják koksszal együtt. A kemence fúvókáin át levegőt és/vagy oxigénben dúsított levegőt fújnak be, ami reagál a koksszal szén-monoxid képződése mellett. Ez elegendő hőt termel a betétanyag olvasztásához. A betétben tartalmazott meddő anyag a beadott salakképző pótlékokkal salakot képez.

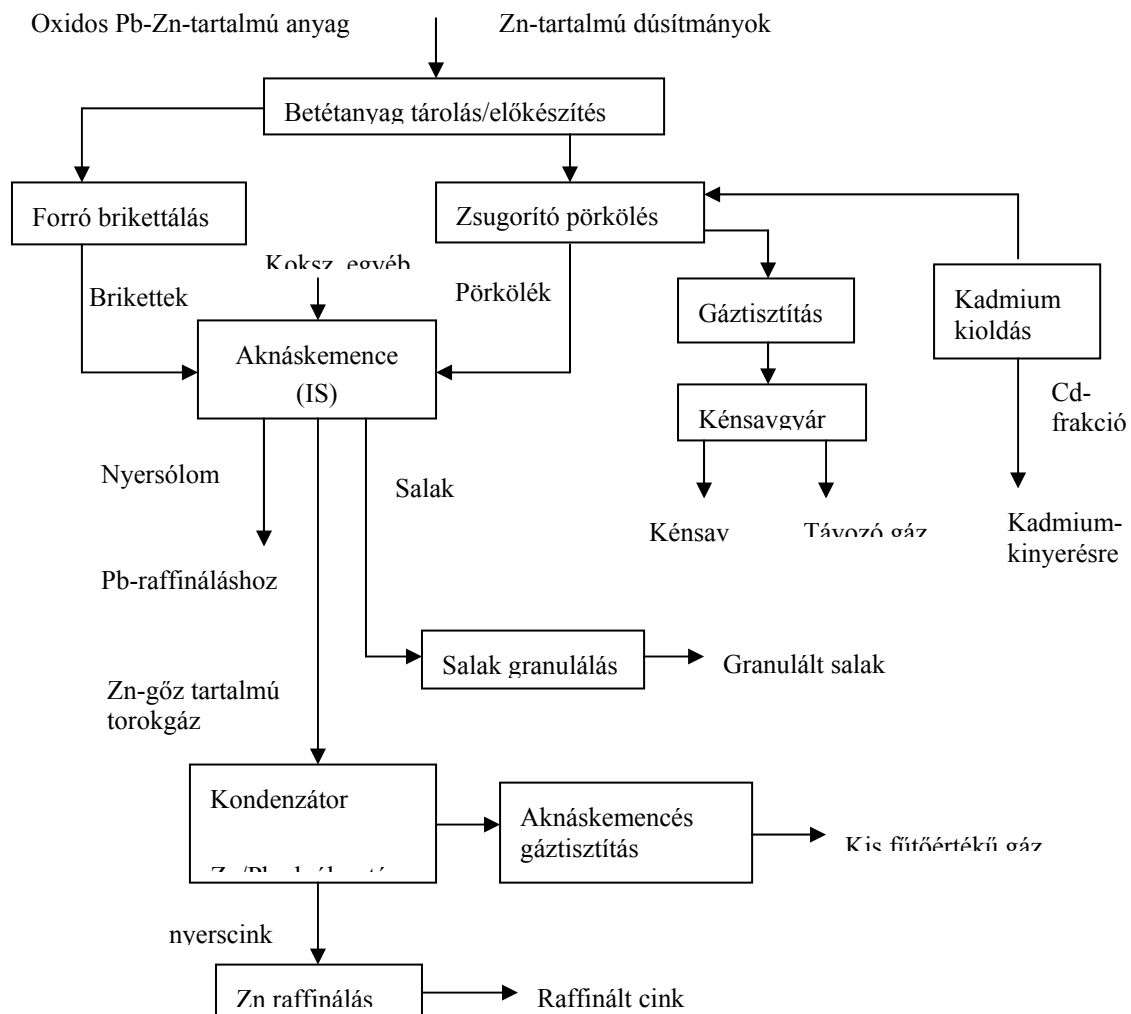
A szén-monoxid redukálja a betét fém-oxidjait. A salakot és az ólomolvadékot a kemence fenekén kialakított medence gyűjti, ahonnan periódikusan, vagy folyamatosan csapolható. A salakot vízbe eresztve granulálják, vagy hagyják lassan kihűlni, ami után törik, a további felhasználástól függően.

Komplex ólom-cink dúsítmányok, illetve másodnyersanyagok feldolgozására egy speciális aknáskemencét, az Imperial Smelting (IS) kemencét alkalmazzák. Itt forró zsugorított pörköléket, előhevített kokszot és forró briketteket adagolhatnak. Ugyanakkor felhevített levegőt, néha oxigénben dúsítva, fújnak be. A redukcióval nemcsak ólom és salak, hanem cink is képződik, ami a kemence munkahőmérsékletén illan és az IS kemence torokgázával távozik. A távozó gázok szintén tartalmaznak ólmot és kadmiumot is.

A kemencegázok egy kondenzátor egységbe kerülnek, ahol az olvadt ólom nagyerejű keverésével képzett függöny lehűti őket és a fémek beoldódnak az olvadt ólomba. A keletkező ötvözet-olvadékot hűtik, amikor a cink felzékben koncentrálnak és az ólomtól elválasztható. A nyers cinket desztillálással raffinálják, amely folyamat az alábbiakban szerepel a fejezetben belül. Az ólmot a kondenzátorba járatják vissza [tm, 12, HMIP Zn 1993; tm 102, DFIU Zn 1999].

A kondenzátorból távozó kis fűtőértékű és szén-monoxidot és hidrogént tartalmazó kemencegázokat tisztítják és elégetik a levegő és a koksz előhevítésére.





5.1 ábra Jellemző IS-eljárás a cink és az ólom előállítására [tm 102, DFIU Zn 1999]

### 5.1.1.2 Közvetlen reagáló olvasztás

Több eljárás is használatos az ólom dúsítmányok és másodnyersanyagok közvetlen reagáló olvasztására, amely nyersólmot és salakot eredményez. Erre a célra a fürdőbe injektálásos olvasztási technika különböző változatai jellemzőek: az ISA Smelt/Ausmelt kemencék (néha aknáskemencével kombinálva), a Kaldó (TBRC) konverter-kemence és a QSL integrált eljárás, melyeket az EU-ban és világszerte elterjedten használnak. Ezek mellett, a Kivcet röptében pörkölő-olvasztó integrált eljárás is használatos. Ezeket a kemencéket a 2.6 fejezet, illetve a 2. fejezet elején megjelölt egyéb irodalmi források ismertetik. Az ISA Smelt/Ausmelt és a QSL kemencékbe nedves, pelletezett formában lehet adagolni a nyersanyagot, míg a Kaldó- és a Kivcet-kemencék esetében szárítani kell a nyersanyagot.

Ebben az esetben a pörkölő lépést nem külön hajtják végre. Az ólom-szulfid dúsítmányokat és a másodnyersanyagokat közvetlenül a kemencébe adagolják, ahol oxidálódnak és meg is olvadnak. Kén-dioxid képződik, amelyet összegyűjtenek, és tisztítás után kénsavvá alakítják. Karbon-tartalmú redukálóanyagot (koksz, illetve gáz) és elsalakító pótlékokat adnak az

olvadékhoz, és az ólom-oxid ólomra redukálódik, miközben salak képződik. Valamennyi cink és kadmium elgőzölög a kemencében, az ennek megfelelő oxidokat a gáztisztításnál leválasztják és fémkinyerésre hasznosítják [tm 120 TU Aachen 1999].

Ezzel a módszerrel nagy ólomtartalmú salak keletkezik, de a QSL és a Kivcet kemencék hez tartozik egy redukciós zóna is, ahol elfogadható szintre csökken a salak ólomtartalma, a Kaldo-eljáráshoz pedig egy csatolt salak-kezelő (redukáló illósító) eljárás kapcsolódik. Jelenleg a QSL-eljárás szilikát alapú salakját építőanyagként fogadják el. Ezeknél az eljárásoknál szintén szerepel a gáz hőtartalmának hasznosítása és a kén-dioxidnak a kénsavvá alakítása. A gáztisztításnál kapott szállóport visszajaratják a folyamatokhoz, és a halogenid-, illetve a Zn/Cd- tratalom csökkentése érdekében mosásnak/kioldásnak vethetik alá [tm 120 TU Aachen 1999].

Az indítás után bizonyos időre volt szükség mindezen eljárások esetében, hogy elérjék a tervezett teljesítményt és hatásfokot. A Kaldo-eljárás egy két-lépcsős művelet [tm 12 HMIP Zn 1993; tm35, LRTAP 1995; tm 102, DFIU Zn 1999] és megbízhatóan működik. A QSL-eljárás is túl van a kezdeti nehézségeken és hatékonyan működik. Az ISA/Ausmelt -eljárásnak azonban csak az első oxidáló olvasztási lépése működik jelenleg, és a salakredukciós lépcső még nincs beüzemelve. A Kivcet-kemence 1990 óta sikerrel üzemel [tm 120 TU Aachen 1999].

<b>Eljárás</b>	<b>Salak Pb-tartalom, %</b>	<b>Megjegyzés</b>
QSL	<3	Hatékony, megvalósítható eljárás
Kivcet	3 - 5	Sikerkes működés
Ausmelt/ISA Smelt	Nincs adat	Csak az oxidáló olvasztás működik
Kaldo-kemence	2 - 4	Hatékony üzemelés - kevert Pb/Cu anyag

## **5.1 táblázat Közvetlen reagáló olvasztási eljárások**

### **5.1.2 Szekunder ólom**

#### **5.1.2.1 Ólomkinyerés használt akkumulátorokból**

A használt gépkocsiakkumulátorok (normál, hajtó, készenléti) a szekunder ólom fontos forrása. A savas ólomakkumulátor jellemző összetételét a következő táblázat adja meg [tm 102, DFIU Zn 1999]:

<b>Alkotó</b>	<b>Koncentráció, %</b>
Ólom (ötvozet) alkatrészek (rács, pólusok, ...)	25 - 30
Elektróda massa (ólom-oxid és -szulfát finom szemcséi)	35 - 45
Kénsav (10 - 20 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	10 - 15
Polipropilén	4 - 8
Egyéb műanyag (PVC, polietilén, stb.)	2 - 7
Ebonit	1 - 3
Egyéb anyag (üveg, ...)	< 0,5

## 5.2 táblázat A gépkocsik savas ólomakkumulátorának jellemző összetétele

A gépkocsiakkumulátorokból történő ólomkinyerésre két alapvető típusú eljárás létezik [tm 12, HMIP Zn 1993; tm 35, LRTAP 1995; tm 102, DFIU Zn 1999]:

a) Az akkumulátorokból kiengedik és összegyűjtik a savat és egészben adagolják egy aknáskemencébe (Varta-eljárás).

Az egész akkumulátorokat, salakképző pótlékokkal együtt adagolják egy aknáskemencébe zsilipes torokzáron keresztül, és oxigénben dúsított levegővel fúvatnak. Antimontartalmú nyersólom képződik a szilikát-alpú salak és egy ólom/vas kéneskő mellett, amelyet egy primér ólomkohóba lehet visszajáratni [tm 120 TU Aachen 1999].

A kemencéből távozó torokgáz szerves alkotóit egy utánégetőben oxidálják. A gázokat ezután hűtik és szövetzsákos szűrővel tisztítják. A kiszűrt szállóport klórtalanítják és visszajáratják a kemencébe.

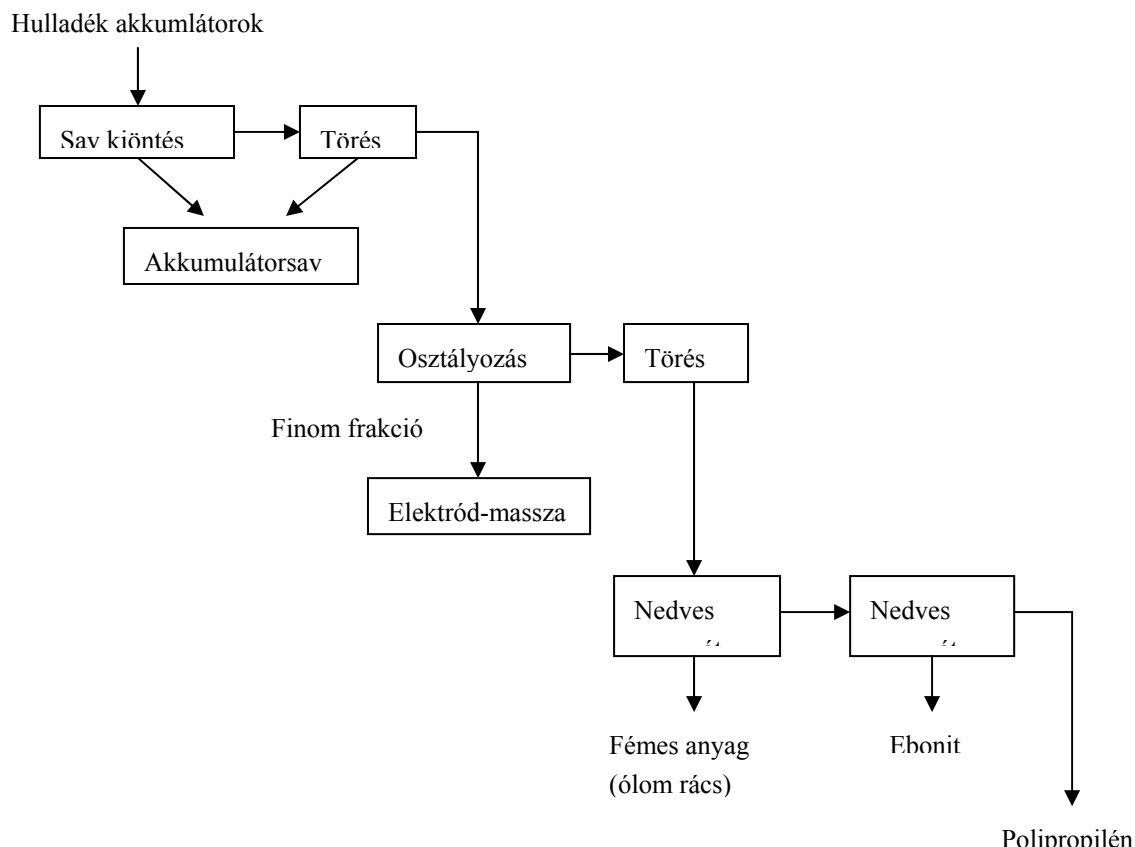
b) Az akkumulátorokból kiengedik és összegyűjtik a savat, ami után törés és szeparálás következik különböző frakciókat képezve. Ehhez szabadalmaztatott automatikus berendezést alkalmaznak (MA és CX eljárások)

Mind az MA, mind pedig a CX (Engitec) eljárások kalapácsos malmokat használnak az egész akkumulátorok törésére. Az összetört anyag ezután egy sor szitán, nedves osztályozón és szűrőn megy keresztül, bontják különböző frakciókra, amelyek a fémes alkotókból, a az ólom-oxid-szulfát pasztából, a polipropilénből, a vissza nem járatható műanyagokból, gumiból és a híg kénsavból állnak [tm 106, Farrell 1998]. Néhány eljárás egy második őrlést is alkalmaz, mielőtt a műanyagfrakció végső kezelése megtörténik. A polipropilént visszajáratják, amennyire lehetséges. Az akkumulátorokból kiersztett kénsavat semlegesítik, hacsak nincs egy helyi felhasználási lehetőség erre, és a keletkező nátrium-szulfát kristályosítás után értékesíthető. Ezek a lehetőségek erősen függenek a piactól.

Több alternatívát használhatnak az akkumulátor-anyagok kéntartalmának a kezelésére.

- Az olvasztás előtt, az ólom-szulfát iszap kénteleníthető nátrium-karbonáttal, vagy nátrium-hidroxiddal reagáltatva (a CX és hasonló eljárások szerint).
- Az ólom-szulfát elkülöníthető és egy olyan üzembe küldhető, ahol a képződő gázok kéntartalmát kezelni tudják. Ilyen lehetőséget jelent például egy közvetlen reagáló olvasztással működő primer ólomkohászati eljárás.
- A kén megköthető a salkaban is, vagy egy Fe/Pb kéneskőben.

Az olvasztást megelőző iszap-kéntelenítés csökkentheti a képződő salak mennyiségét, és az alkalmazott olvasztási módszertől függően, a légköri kén-dioxid kibocsátás mértékét.



**5.2 ábra** Egy jellemző akkumulátorfeldolgozó eljárás vázlatja [tm 102, DFIU Zn 1999]

Az olvasztási művelet az alábbi berendezésekben végezhető [tm 102, DFIU Zn 1999]:

- Forgódobos kemence,
- Láng-, aknás-, vagy elektromos kemence,
- Forgó csőkemence,
- ISA Smelt kemence
- Elektromos kemence.

A forgódobos és a lángkemencék lehetnek gáz-, vagy olajtüzelésűek. Több helyen használnak oxigéndúsítást is. Az olvasztás általában szakaszos, a salakot és a fémolvadékot külön csapolják és a salak-adagokat kezelik további ólom kinyerése és stabil végsalak képzése céljával. Az adag kéntartalmának zömét megkötik a salakban egy nátrium-vas-kén vegyület formájában, amely kevés ólomot és egyéb fémeket is tartalmaz.

Az ISA Smelt-eljárásban a kéntelenített pasztát és a redukálószeret folyamatosan adagolják a kemencébe és a nyersólmot periódikusan csapolják. Amikor a kemence a legnagyobb térfogatú salakot tartalmazza, redukálószeret és salakképzőket adnak, hogy egy nagy antimontartalmú nyersólmot és hányóra vihető salak képződjön [tm 41, Ausmelt 1997; tm 102, DFIU Zn 1999]. A salakot lehet egy különálló kemencében is redukálni.

Az elektromos ellenállásfűtésű kemencét komplex másodnyersanyagokra használják, és egy nyílt salakfürdőt tartalmaz, amelyet koksszal fednek. A nyersanyagokat a fürdő tetejére adagolják, ahol reagálva fémeket és salakot adnak. Az olvadékokat szakaszosan csapolják. A távozó gáz CO-t tartalmaz és utánégetik, a szállóport összegyűjtik, amelyből cinket nyernek

ki. A működtetés kampány jellegű, és szekunder rézelőállítással változtatva történik egy rézkohóban.

A valamely módszerrel előállított nyersólmot az alábbiakban ismertetett módszerekkel raffinálják.

### **5.1.2.2 Az ólom kinyerése egyéb hulladékból és maradványokból**

A fémes ólomhulladék számos alakban fordulhat elő. Szennyezheti műanyag, bitumen és lehet ötvözve egyéb fémekkel, nevezetesen ónnal, antimonnal és ezüsttel. Ezt az anyagot általában a fent leírt eljárásokkal dolgozzák fel, mivel az egyszerűbb olvasztóberendezések nem tudják a füstgáz részlegesen elégett alkotóit kezelni. Az elektromos kemencét használják a komplex ólom/réz és ólom/nemesfém másodnyersanyagokból történő ólomkinyerésre. A CO és a szénhidrogének - ezek között a dioxinok - roncsolására.

A tiszta hulladékot különleges üstökben olvasztják, amelyeket közvetett módon fűtenek olaj-, vagy gáztüzeléssel. A hulladékot az üst felett elhelyezett surrantóval adagolják. A felzékot és a bekerült ideghen anyagokat a fémolvadék felszínéről lekanalazzák, majd egy rosta felületre juttatják, ahol elválasztják a finom és a durva frakciókat. A felzék a finomabb anyag, és nemfémes maradványként visszajárattják. A darabos idegen anyag általában az ólomnál nagyobb olvadáspontú fém, és máshol lesz kezelve.

A maradványokat, amelyek nagymértékben nemfémes jellegűek, de sokszor keverednek fémes ólomhulladékkal, forgódobos kemencében olvasztják salakképző pótlékok jelenlétében. A tetra-alkil-ólmó gyártásának ólomtartalmú maradványait gáztüzelésű lángkemencékben olvasztják.

A hulladékból, vagy maradványokból visszanyert ólmot, vagy ólomötvözetet raffinálják, ha szükséges, az alábbiakban leírt módszerekkel.

### **5.1.3 A primer és szekunder ólom raffinálása**

A nyersólmó változó mennyiségben tartalmazhat rézet, ezüstöt, bizmutot, antimont, arzént és ónt. A másodnyersanyagokból visszanyert ólmó hasonló szennyezőket tartalmazhat, de általában az antimon és a kalcium dominál. Kétféle módszerrel lehet a nyersólmó raffinálni: elektrolitos raffinálás, vagy tűzi raffinálás. Az elektrolitos raffinálás réztelenített nyersólmó anódokat és tiszta ólmó katód alaplemezeket alkalmaz. Ez egy költséges eljárás és ritkán használják.

A tűzi raffinálást egy sor üstben végzik, amelyeket közvetve fűtenek olajjal, vagy gázzal [tm 4, HMIP Pb 1993, tm 102, DFIU Zn 1999]. A réz az első eltávolított szennyezőelem, és szulfidos felzékben különül el. Ha a nyersfémekben nincs elég kén, további mennyiséget kell pótolni kénpor, illetve pirit formájában. A szulfidos felzékot mechanikus lehúzó szerszámokkal távolítják el a fémolvadék felületéről és tárolóedényekbe juttatják.

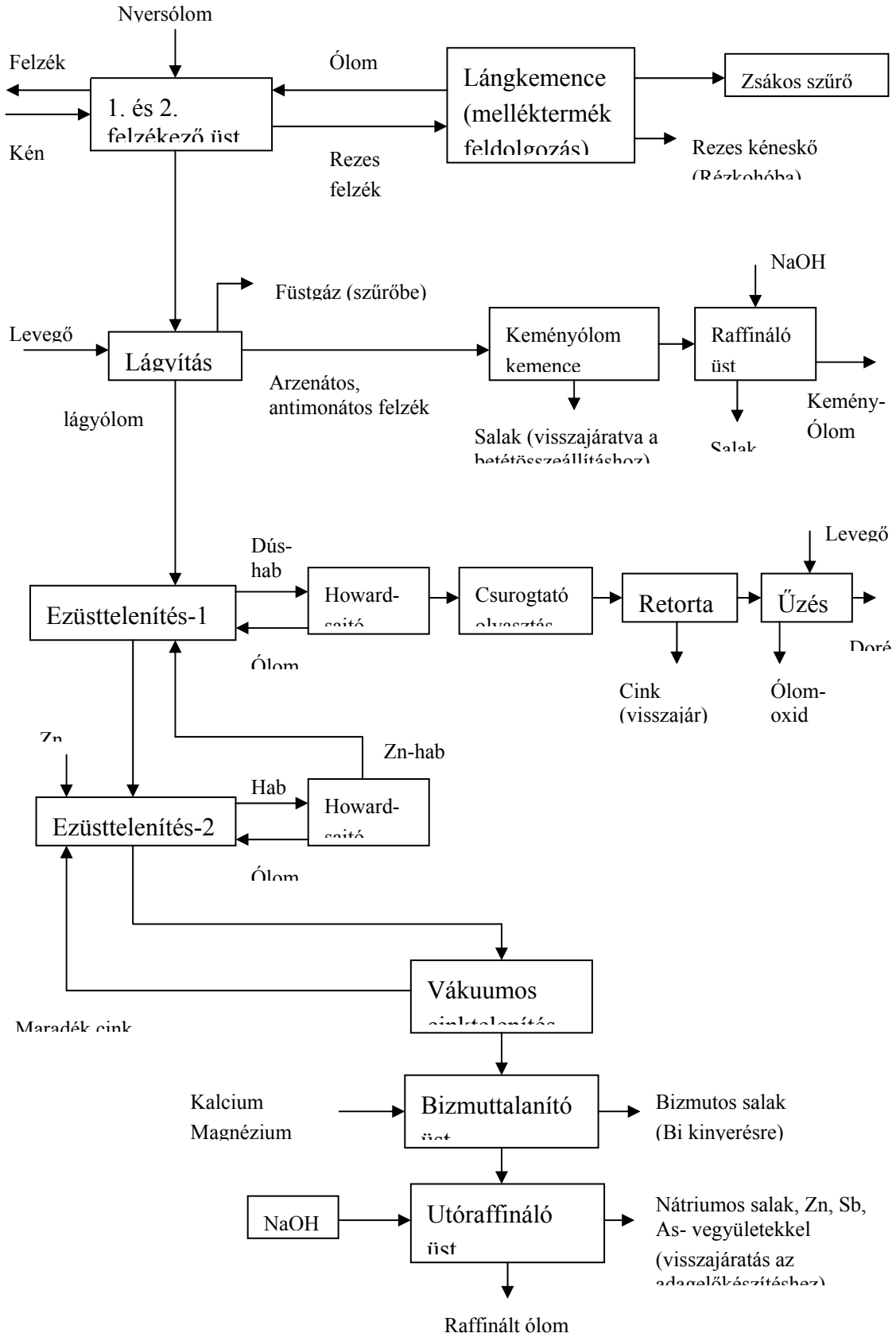
Az arzént, antimont és az ónt oxidációval különítik el. Az ólmó „lágyításaként” ismert hagyományos módszer szerint egy nátrium-nitrát és nátrium-hidroxid keverékével reagáltatják a nyersfémot, amit követ az oxidos felzék mechanikus eltávolítása. Oxidálószerként

levegő/oxigén is használható. A nyersólom összetételétől, vagyis a szennyezők mennyiségétől függően, az olvadt sókeveréket vízben granulálhatják, a szennyezőket hidrometallurgiai úton eltávolítva.

Az ólomból a szennyező ezüsttartalmat a Parkes-eljárással távolítják el, amely az ezüstnek a cinkben való jobb oldhatóságán alapul. A 470 °C hőmérsékletű nyersólomhoz adják a cinket. Ezután a keveréket hagyják 325 °C-ig hűlni. A keletkező ezüst-ólom-cink ötvözet kérges habot képezve különül el az olvadék felszínén. Az eltávolított habból a cinket vákuumos desztillációval különítik el. A kapott ezüst-ólom ötvözetet oxigénnel tovább raffinálják, hogy nyersezüst álljon elő. Az ezüstitelenített ólomba került cinket előbb vákuumos desztillációval, majd nátrium-hidroxidos oxidációval távolítják el.

A bizmutot kalcium és magnézium egyidejű beadásával távolítják el a Kroll-Betterton eljárással. A kalcium-magnézium-bizmut ötvözet az ólom felszínén felzék formájában képződik, ahonnan lehúzzák. A leszedett felzéket oxidálják, ólom-klorid, klór gáz, vagy nátrium-hidroxid/nátrium-nitrát keverékkel, a képződő kalcium-magnézium-oxidokat a felszínről eltávolítják. A kapott bizmut-ólom ötvözetet további raffinálással bizmutra dolgozzák fel.

A tisztított ólomból tömböket, vagy tuskókat öntenek. Az összegyűjtött szállóport, felzégeket, ólmos salakot és az egyéb maradványokat egy kis aknáskemencében, vagy egy forgódobos kemencében olvasztják nyersólomra, amely a raffinálási folyamatba kerül vissza.



### 5.3 ábra Az ólomraffinálás eljárása [tm 102, DFIU Zn 1999]

#### 5.1.4 Az ólom beolvasztási és ötvözési eljárásai

A beolvasztást és az ötvözést általában közvetett elektromos-, olaj, vagy gázfűtésű tégelyes kemencékben, vagy üstökben hajtják végre. A raffinált ólmot egy üstben olvasztják meg, ahová adják az ötvöző elemeket is. Az olvadék hőmérsékletszabályozása fontos lehet. Az ólmot és az ólomötvözeteket általában öntöttvas formákba öntik [tm 4, HMIP Pb 1993].

A különböző alakú tuskók, bugák és tömbök gyártására álló kokillákat, vagy öntőlancos berendezést alkalmaznak. A dróthúzásra alkalmas rudak gyártására folyamatos öntőgépeket használnak. A csapoló- és átfolyócsatornáknál, valamint a csapolónyílásoknál füstgázgyűjtés működik.

#### 5.1.5 Primér cink

Primer nyersanyagokból a cinket piro-, vagy hidrometallurgiai módszerekkel lehet kinyerni. Az egyszerű cink-dúsítmányok esetében a az EU üzemei nem használják a világ más tájain még működő pirometallurgiai módszereket. Meghatározó jellemző, hogy csak egy külön desztilláló lépéssel lehet jó minőségű, tiszta cinket előállítani, és hogy a cink kihozatali határfoka viszonylag alacsony. A pirometallurgiai Imperial Smelting (IS) kemence azonban továbbra is fontos technológiát képvisel az EU-ban, mivel ez lehetővé teszi a komplex ólom-cink dúsítmányok és másodnyersanyagok együttes feldolgozását, eladható cinket és ólmot előállítva. Továbbá, egyéb eljárások maradványainak feldolgozására is alkalmas [tm 12, HMIP Zn 1993; tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999].

##### 5.1.5.1 A pirometallurgiai út

A pirometallurgiai módszert kevert cink/ólom dúsítmányokra és másodnyersanyagokra alkalmazzák és erre a célra az Imperial Smelting kemencét működtetik, amely ismertetése fentebb már az ólomelőállításban szerepelt. A világ egyéb részein használják az elektro-termikus kemencét is. Az Imperial Smelting (IS) kemencével gyártott cink változó mennyiségben tartalmazhat kadmiumot, ólmot, rezet, arzént, antimont és vasat. Az eljárás során egy raffináló lépésre is szükség van.

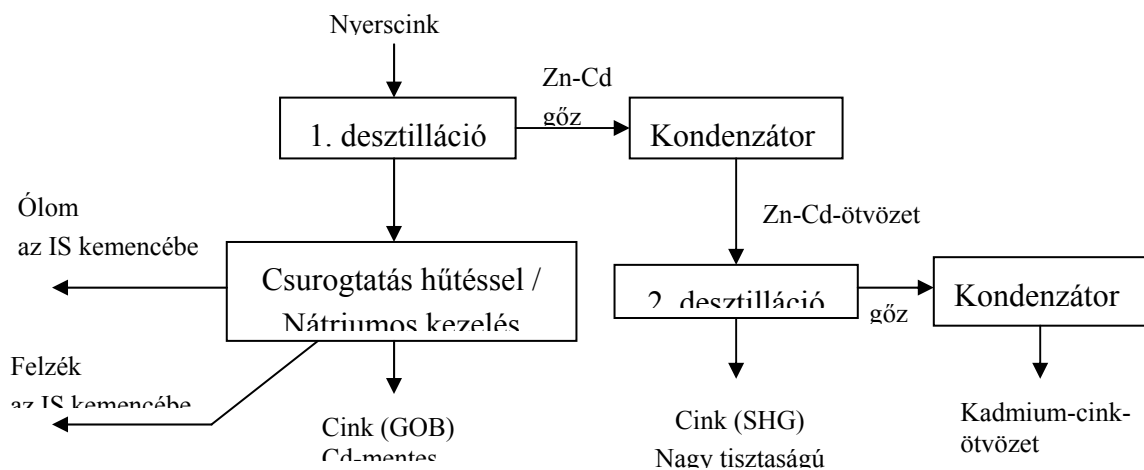
Az IS kemencéből kapott cinket frakcionáltan desztillálják, nagy számú tűzálló tányért tartalmazó oszlopokban (New Jersey Desztilláló berendezés). Az oszlopok alsó végét külső gáztüzeléssel fűtik. Az oszlopok felső végét nem fűtik, és ott elég kis hőmérséklet alakul ki ahhoz, hogy a nagyobb forráspontú fémek visszafolynak, mielőtt a gőzök a kondenzátorba távoznak [tm 12, HMIP Zn 1993; tm 102, DFIU Zn 1999]. Használják a New Jersey desztilláló oszlopot a cink másodnyersanyagai esetében is [tm 120 TU Aachen 1999].

A desztilláció két lépésben folyik; az először a cinket és a kadmiumot választják el az ólomtól, majd a második lépésben a kadmiumot a cinktől. Az első lépésben az olvadt nyerscinket egy desztilláló oszlopba vezetik, ahol az összes kadmium és a cinknek a nagy része elpárolog. A gőzkeveréket kondenzáltatás után egy második oszlopba vezetik, amelyet kissé alacsonyabb hőmérsékleten működtetnek. Itt főleg a kadmium gőzölöghet el, és



kondenzáltetés után egy cink-kadmium ötvözetet eredményez. Ezt az ötvözetet egy kadmiumfinomító üzembe szállítják. A második oszlop fenekén kifolyó cink nagy tisztaságú (SHG) 99.995% Zn-tartalmú fém [tm 120 TU Aachen 1999].

Az első oszlop alján kivezetett fémolvadék ólommal, ónnal, arzénal, vassal, antimonnal és rézzel nagymértékben szennyezett cink. Ezt az ötvözetet hűtik. Az elkülönített ólomot az IS kemence után kapcsolt keverőtestes kondenzátorba vezetik vissza. Az elválasztott vas-cink-arzén intermetallikus vegyületet magába az IS kemencébe járatják vissza. A szennyezett cinket nátriummal kezelik a maradék arzénnek és antimonnak arzenidek és antimonidok formájában történő elválasztása érdekében, amelyeket szintén visszajáratnak az IS kemencébe. Az itt kapott cink rosszabb minőségű (GOB), de kadmiumot nem tartalmaz és horganyzási célra megfelel.



5.4 ábra A cink/kadmium desztilláció vázlata [tm 102, DFIU Zn 1999]

### 5.1.5.2 A hidrometallurgiai út

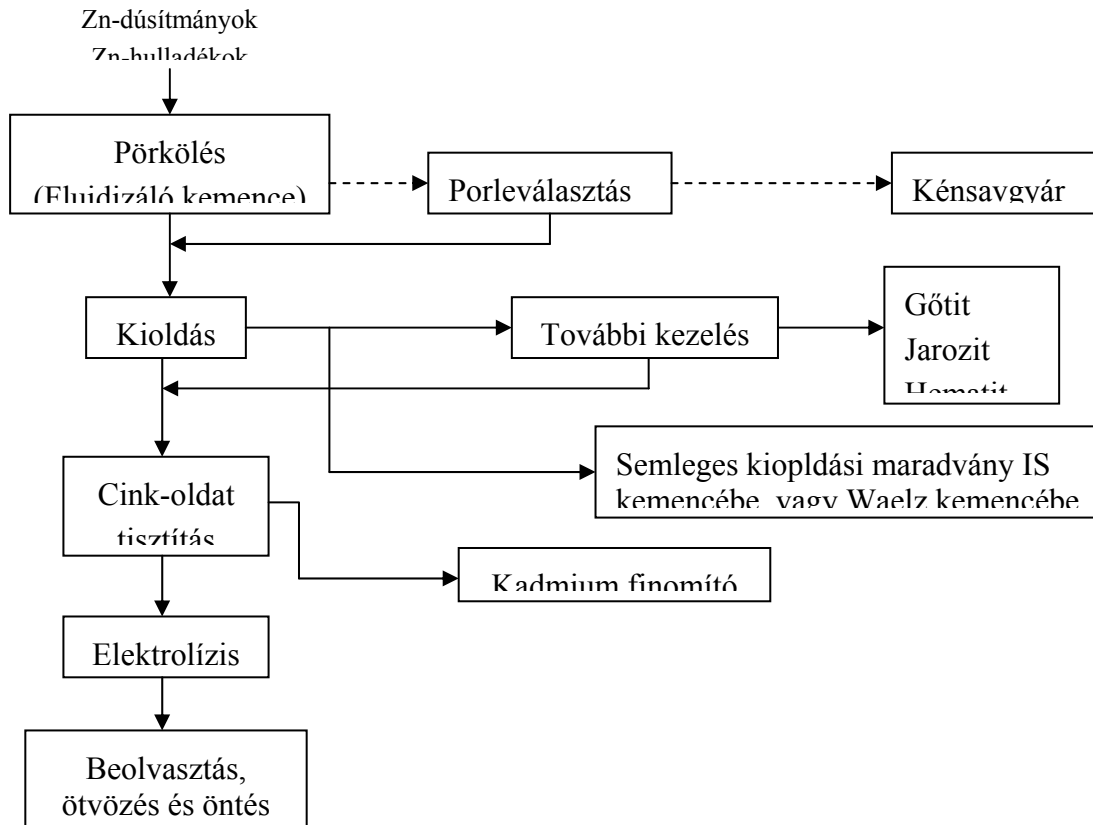
A hidrometallurgiai módszert a szulfidos, oxidos, karbonátos, vagy szilikátos cinkdúsítványokra is fel lehet használni, és jelenleg kb. 80%-át jelenti a világ teljes cinktermelésének [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999]. Az EU termelőkapacitásainak a többsége az elektrolitos eljárást használja, amely teljes termelése 1665000 t/a volt 1997-ben.

A szulfidos dúsítványokat először fluid ágyas pörkölöberendezésekben kezelik, amely módon cink-oxidot és kén-dioxidot kapnak. A pörkölés egy exoterm folyamat, ami nem igényel semmilyen külső fűtőanyagot, valamint a keletkező hőt hasznosítják és a keletkezett cink-oxid pörköléket lehűtik. A pörkölési gázokat forró elektrosztatikus porleválasztókban tisztítják, a leválasztott port pedig a pörkölékhez keverik. További port, amely illó fémeket, mint például Hg és Se, tartalmaz egy gáztisztító soron távolítanak el, amely gázmosó rendszerekből és nedves elektrosztatikus porleválasztókból áll. Ezután a kén-dioxidot kénsavvá alakítják a hagyományos technológiával [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999; tm 12, HMIP Zn 1993; tm 101, NL Zn 1998; tm 120, TU Aachen 1999].

A pörkölékből a fém kioldása több egymást követő lépésben megy végbe, amely során a forró kénsav töménysége fokozatosan emelkedik. Az első fokozatokban nem oldódik jelentős mennyiségű vas, míg a későbbi fokozatokban igen. A kioldási eljárást többféle reaktorban

hajthatják végre, felhasználva nyílt tartályokat, zárt, vagy nyomásos tartályokat, vagy ezek kombinációját [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999].

A kioldást be lehet fejezni már a semleges oldási fázis után is. Ilyenkor a kioldási maradványt egy IS kemencéhez járatják, amelynek a zsugorított pörkölék-betétanyagába kerül. A cinket, ólmot és az ezüstöt fémes állapotban, a kenet  $H_2SO_4$  formájában nyerik ki. Az IS kemence helyett egy Waelz-típusú forgó csőkemence is alkalmazható, azonban ilyenkor a gáz  $SO_2$  tartalmát el kell nyeletni.



### 5.5 ábra A cink hidrometallurgiai előállításának vázlata

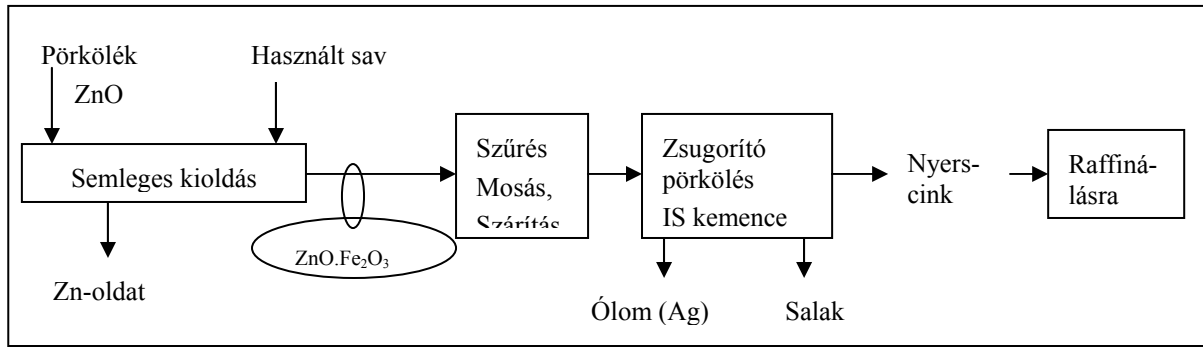
A folyamat során más fémek is oldódnak, amelyeket a kioldási lépés után el kell távolítani. A fő szennyező a vas, amit három alapvető formában csaphatnak le az oldatból: jarozitként, gőtítként, vagy hematitként. Az eljárás nevét is ezek a csapadékformák adják [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999]. A precipitációs lépések a következők:

- A jarozitos eljárás során ammóniát és cink pörköléket használnak a semlegesítésre. Akár három lépést is hajthatnak végre az Ag/Pb kinyerés igényétől függően. Egylépéses eljárásként az úgynevezett "konverziós eljárás" is használatos.
- A gőtites eljárás során cink-szulfidot használnak elő-redukcióra, oxigént a visszaoxidációra és cink pörköléket a semlegesítésre.
- A hematitos eljárás során kén-dioxidot, vagy cink-szulfidot használnak az elő-redukcióra. És a precipitációt autoklávban végzik oxigén adagolásával. Ebben az esetben kén- és vasmaradványok keletkeznek.

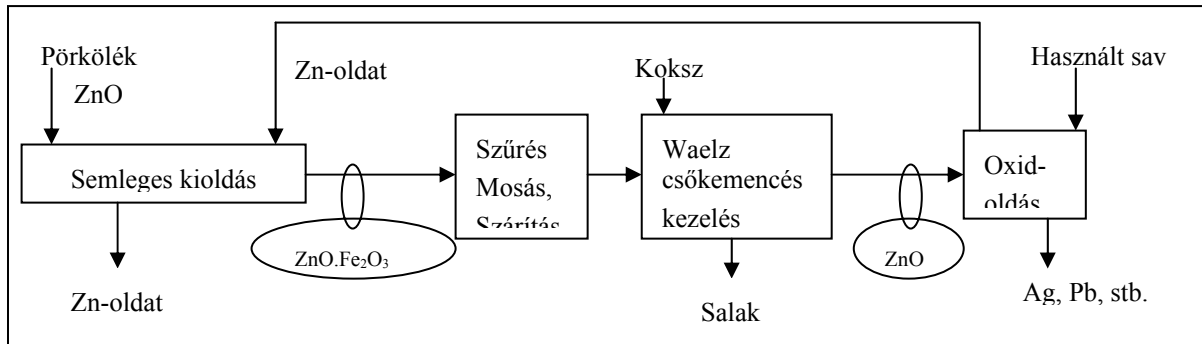
A különböző vas-precipitátumok közötti fő különbség a térfogatukban és a szűrhetőségükben áll. Szintén nagyok a különbségek az eljárások beruházási és működési költségeiben [tm 120 TU Aachen 1999]. Az eredeti elképzelés szerint a Hematitos eljárás tűnt a legvonzóbbnak, mivel itt a legkisebb a maradvány térfogata, és a hematit egy lehetséges vas-alapanyag.

Azonban az eljárás mégsem bizonyult a gyakorlatban kivitelezhetőnek, a keletkező hematit pedig nem felelt meg a vas- és acélipar számára.

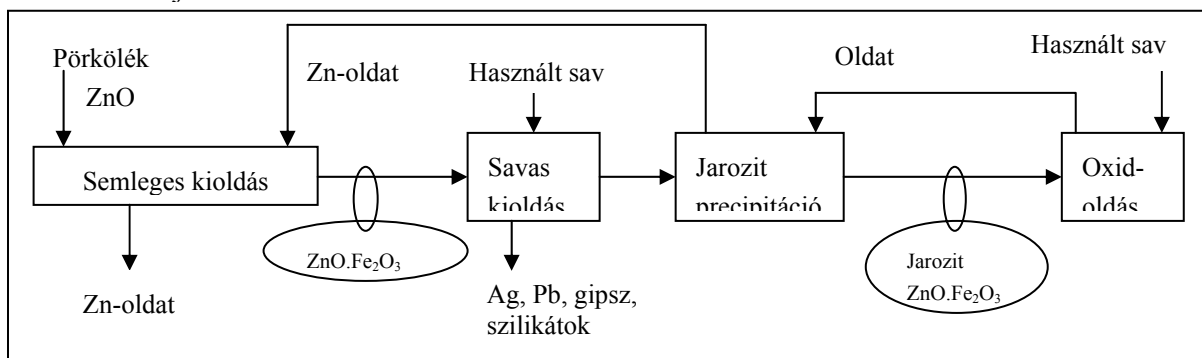
Semleges kioldás - IS kemence módszer



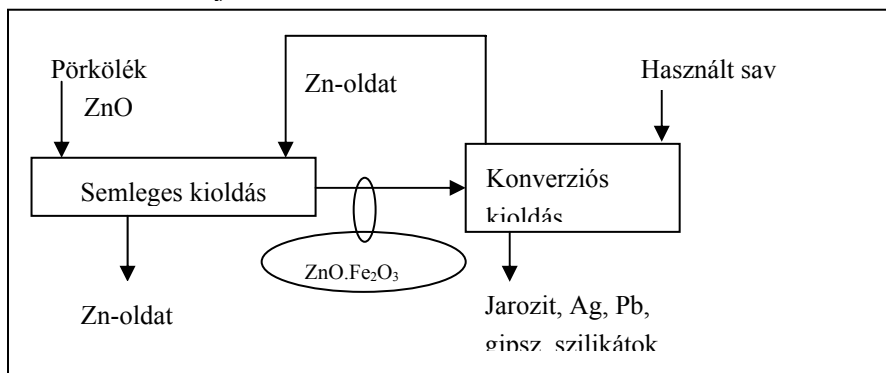
Semleges kioldás - Waelz kemence módszer



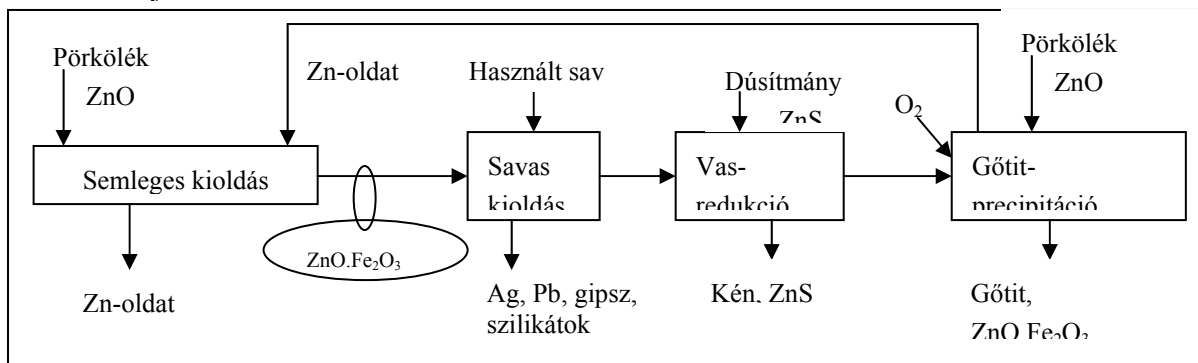
Jarozitos-eljárás



Konverziós eljárás



## Gőtites-eljárás

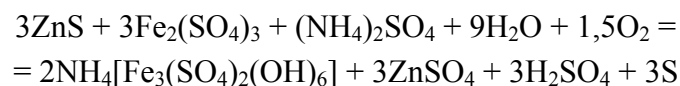


## 5.6 ábra Néhány egyszerűsített folyamat a vas eltávolítására

Publikált adatok szerint [tm 139, Finland Zn 1999], a Jarozitos eljárás jó cink-kihozattal tud elérni még 10% Fe-tartalmú dúsítványok esetében is. Hasonlóan jó kihozattal a Gőtites eljárás akkor tud elérni, ha kicsi a vastartalom a precipitációnál alkalmazott pörkölék (vagy ZnO) anyagban.

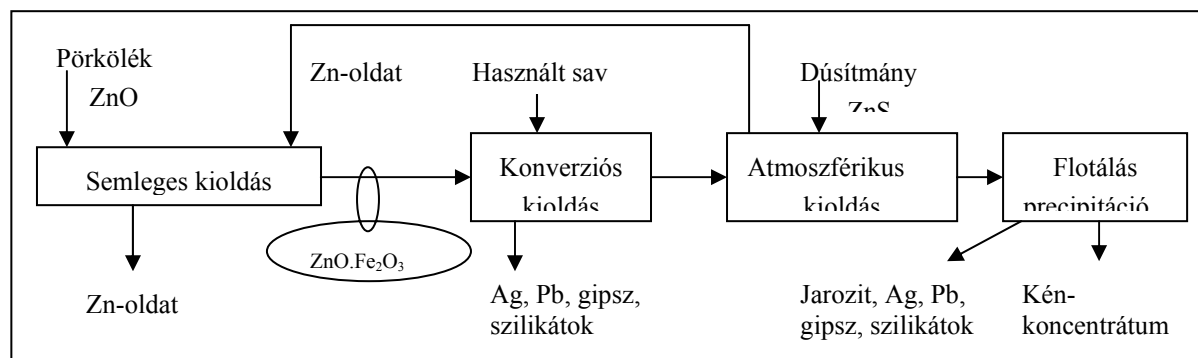
Két alkalmazás ismeretes, ahol a dúsítványból közvetlenül - pörkölés nélkül - oldják ki a cinket, a Korea Zinc és az Outokumpu Zinc üzemében. A Korea Zinc eljárása során a vasat az oldatban hagyják a kioldási műveletnél, és később, egy külön műveletben távolítják el gőtít formájában. Az Outokumpunál pedig a szulfidok oldása közben precipitálják a vasat, jarozit formájában.

A dúsítványt a Konverziós-eljárásból származó iszappal együtt, valamint az elektrolízis cinkben elszegényedett végoldatát a reaktorokba adagolják, ahol a fém kioldása oxigénnek a zagyba történő befűvése mellett zajlik le. A konverzióból az oldatban maradt, valamint a dúsítványból kioldott vas jarozit alakban csapódik ki:



A zagyból egy kén-koncentrátumot választanak el flotálással, amit elkülönítve tárolnak a jarozit maradványanyagtól. Ezt a kén-koncentrátumot nem használják  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gyártására, és a gőtítethez, illetve a jarozitához hasonlóan veszélyes hulladék. A folyamatban használt berendezések hasonlóak a cink-hidrometallurgiában hagyományosan használtakhoz. Az Outokumpu Zinc által működtetett eljárás folyamatábrája az alábbi [tm 139, Finland Zn 1999]

Bármilyen maradvány is keletkezik a különböző eljárásváltozatokban, a cink-kihozattal a maradvány mosásával igyekeznek maximalizálni. Az egyéb oldott fémeket hidroxid-, vagy szulfid-csapadék formájában lehet eltávolítani. A maradványokat talajfeltöltési területeken tárolják, általában az üzemi területen, a felszíni- és a talajvizektől elszigetelve. A tárolóterület vizeit visszajáratják a folyamathoz. A fejlesztések a maradványok elkerülésére, illetve legalább inertebb, stabilabb állapotúvá alakításukra irányulnak.



**5.7 ábra Dúsítmány közvetlen hidrometallurgiai kezelése**

Az utolsó kioldási lépésből kikerülő zagyot üleptik és a túlfolyó oldatot tisztítják. Az alul távozó szilárd anyagot szűrik és közben mossák. A szűrő lepenyt eltávolítják, letárolják, és a szűrletet visszajáratják a folyamatba. A vastalanítási eljárástól és a kapcsolódó szennyező-kinyerési eljárástól függően különböző összeállítású folyamatokat alkalmazhatnak.

Például a kioldási maradványt különböző mértékben kezelhetik további kioldási, vagy fizikai elválasztási lépésekkel, mielőtt eltávolítanák letárolásra [tm 120 TU Aachen 1999]. Ez tükröződik a kihozatali hatásokban és a lehetséges ólom, vagy ólom/ezüst melléktermékek összetételében.

A cink-oldat tisztítása több egymást követő lépésben történik. Az alkalmazott eljárások a dúsítványban megtalálható fémek koncentrációjától függenek. Az alapvető eljárások cinkporral cementálják a legtöbb oldott szennyezőt: Cu, Cd, Ni, Co és Tl. A Co és a Ni cementálása egy második reagenst, As- és Sb-oxidot is használnak. A hőmérséklet üzemenként eltérő lehet. Egyéb reagensek, mint például bárium-hidroxid és di-metil-glioxim, is használható az ólom és a nikkeltávolítására. A réztartalmú melléktermék hasznosítási útvonala is befolyásolhatja az eljárás megválasztását.

Az oldatkezelési műveletek közben hidrogén is fejlődhet, és a képződő arzin, vagy stibin vegyületeket figyelni kell. A gázgyűjtés és -kezelés módszere a keletkező gázok minőségétől és a műszaki feltételektől függ. A berendezések lehetnek nyílt térben, vagy zárt épületben elhelyezve. Közlések szerint, a reaktorokból összegyűjtött gázok mosására az arzin eltávolítására alkalmas oxidáló oldattal a leghatékonyabb.

A tisztított oldat az elektrolízis üzembe kerül, ahol a cinket inert ólom anódokkal és alumínium katódokkal nyerik ki elektrolitikusan. A cink a katódlemezekeken válik ki, az anódokon pedig oxigén fejlődik, miközben kénsav is képződik. A regenerált kénsavat a végelektrolittal visszajáratják a kioldási fázishoz. Az elektrolízis közben savkőd is képződik, és ennek minimalizálására kádak tetjén különböző fedőelemeket alkalmaznak. A elektrolizáló üzem szellőztetési levegőjéből a savkődöt leválasztják és újrahasznosíthatják. A nagy áramsűrűségű elektrolízis során hő termelődik, amit egy hűtőkörrel vonnak el. Ezt úgy tervezik, hogy a folyamat víz-egyensúlyát biztosítsa, de további ködök forrása is lehet.

A termelt katódfémet automatikusan, illetve kézi úton fejtik le az alaplemezekről és elektromos kemencékben olvasztják, ötvözik [tm 120, TU Aachen, 1999]. A termelt cinknek egy kis részéből cink port állítanak elő az oldattisztítás számára. Ezt az olvadt cink-sugárnak levegős, vizes, vagy centrifugális porlasztásával, illetve cink gőznek inert atmoszférában történő kondenzáltatásával állítják elő.

A hidrometallurgiai eljárás egyik fő kérdése a vasas csapadék letárolása, illetve hasznosítása. Jelenleg speciális tárolóhelyeket használnak, de a talajfeltöltés lehetősége iránt egyre nagyobb az érdeklődés és az igény. Ez a tényező később kerül sorra, a lehetőségek értékelésével együtt.

Több fejlesztés van folyamatban a maradványok újrahasznosítása érdekében, amelyeket a kifejlesztés alatt álló technológiák fejezete tárgyal.

Alternatív megoldásként a hidrometallurgiai eljárást lehetne a semleges kioldási lépésre korlátozni, amely módon elkerülhetőek lennének a nehezen kezelhető hulladékanyagok. Ebben az esetben a vas a kioldási maradványban maradna, a cinktartalom jelentős részével együtt. Ezt a maradványt egy pirometallurgiai eljárásnál lehet hasznosítani, amely kinyerheti a cinket, ólmot, ezüstöt és a kenet, miközben a vas elsalakul.

### **5.1.6 Szekunder cink**

Európa éves cinkfelhasználásának kb- 30%-a szekunder, vagy visszajáratott cink. Ennek a szekunder cinknek kb. 50 %-a fogyasztóktól és felhasználóktól származik. Ez különösen jelentős a horganyzás és a sárgarézgyártás esetében, ahol a termelés és feldolgozás során keletkező hulladék szinte közvetlenül visszajárátható.

A szekunder cink-ipar számára fontos maradványok és hulladékok az alábbiak:

- Rézötvözet-gyártási szállópor
- Öntészeti maradványok
- Horganyzóipari hamuk, fenék- és fej-kiválások (keményhorgany),
- Elhasználdott burkolatok és egyéb lemez-anyagok,
- Autóroncsok és más acélalapú termékek színesfém frakciója,
- Elektroacélgyártási és öntöttvasgyártási szállóporok,
- A cink vegyipari felhasználásánál képződő maradványok és elégetett gumiabroncsok.

A cink kinyerés módszere függ a cinkelőfordulás formájától és koncentrációjától, és a szennyezettség mértékétől függ [tm 120 TU Aachen 1999].

#### **5.1.6.1 Általános eljárások**

Fizikai szeparálás, valamint olvasztás és más nagyhőmérsékletű technikákat használnak. A kloridokat eltávolítják és a maradék anyagból újra használható cink fém, vagy ötvözeteket, illetve a primér eljáráásokban továbbtisztítható szennyezett fém, vagy oxidot állítanak elő. Alternatív lehetőség a továbbfeldolgozás kereskedelmi minőségű cink-oxidra, illetve különböző porokra [tm 120 TU Aachen 1999; tm 206 TGI 1999]. Az eljárások részletei nagyon gyakran bizalmasak, de néhány példa ismeretes:

- A darabok, huzalok és csövek horganyzásnál keletkező hamuk alapvetően cink fém és cink-oxid keveréke, amelyet ammónium- és cink-klorid szennyez. Ezt az anyagot golyósmalomban őrlik a különböző fázisok feltárására, kiszabadítására. Az elválasztáshoz a malmon levegőt fúvatnak keresztül, ami magával ragadja a nem-fémes alkotókat és végül egy szövetzsákos szűrőben foghatóak fel. Másik lehetőségként, egy szitát építenek be a malomba, amely átengedi a finom nem-fémes frakciót, de visszatartja a durvaszemcsés fémes anyagot. Mindkét esetben, a fémes frakciót összegyűjtik a

malomból, beolvasztják és tuskókat öntenek eladásra, újrahasznosításra, vagy további kezelésre.

- A szakaszos tűzi horganyzásnál használt kemencékben keletkező üledék (keménycink) egy cink-vas ötvözet, amely tartalmaz ólmot is. A káros eltömődések elekerülésére automatikus eltávolító rendszereket alkalmaznak. A folyamatos tűzi horganyzásnál felzék keletkezik, amely egy cink-vas-alumínium ötvözet. A formaöntészetben képződő felzék és egyéb maradványok cink fémeket és cink-oxidot tartalmaznak, kevés, vagy elhanyagolható mennyiségű kloridokkal. A fent összefoglalt kezelési módszerek mindegyike használható ezekre az anyagokra is. Hasonló igaz az elhasználódott tetőfedő és egyéb lemezekre, valamint a cink vegyipari felhasználásainál képződő maradványokra is.
- Az autóroncsok több fokozatú őrlése során shredder-maradvány képződik. A nem-fémes frakció eltávolítása után, a szinesfém frakciót az acél-alapú anyagtól mágneses szeparálással különítik el. Ezt követően nehézkegű szeparálást és más módszereket alkalmaznak akezelésre, majd szelektív olvasztással (csurogtatással) kinyerik a cinket.

A maradványt két lépésben olvasztják egy gáztüzelésű lángkemencében. Az első lépésben az ólom olvad meg a 340 °C-os hőmérsékleten, amelyet csapolnak és tuskókba öntenek. A második lépésben a hőmérsékletet 440 °C-ig növelik, amikor a cink megolvad és csapolható, és tuskókat öntenek belőle. Egy alternatív megoldásban egy közvetett fűtésű forgó csökemencét használnak, amelynek perforált belső héja van. A megolvadó cink átfolyik a perforált bélésen, és egy tartókemencében meggyűjtik, majd tuskókat öntenek belőle. További raffinálásra mindig szükség van.

A maradványokból, elsősorban az elektroacélgyártás szállóporából, cink-oxidot is állítanak elő. Erre a célra Waelz-csökemencét, vagy salak-kezelő redukáló-illósító kemencét használnak.

### 5.1.6.2 Waelz csökemencék

Az eljárás célja a cink (és az ólom) elválasztása az egyéb anyagoktól redukció, illósítás és visszaoxidáció útján [tm 102, DFU Zn, 1999; tm 120, TU Aachen, 1999].

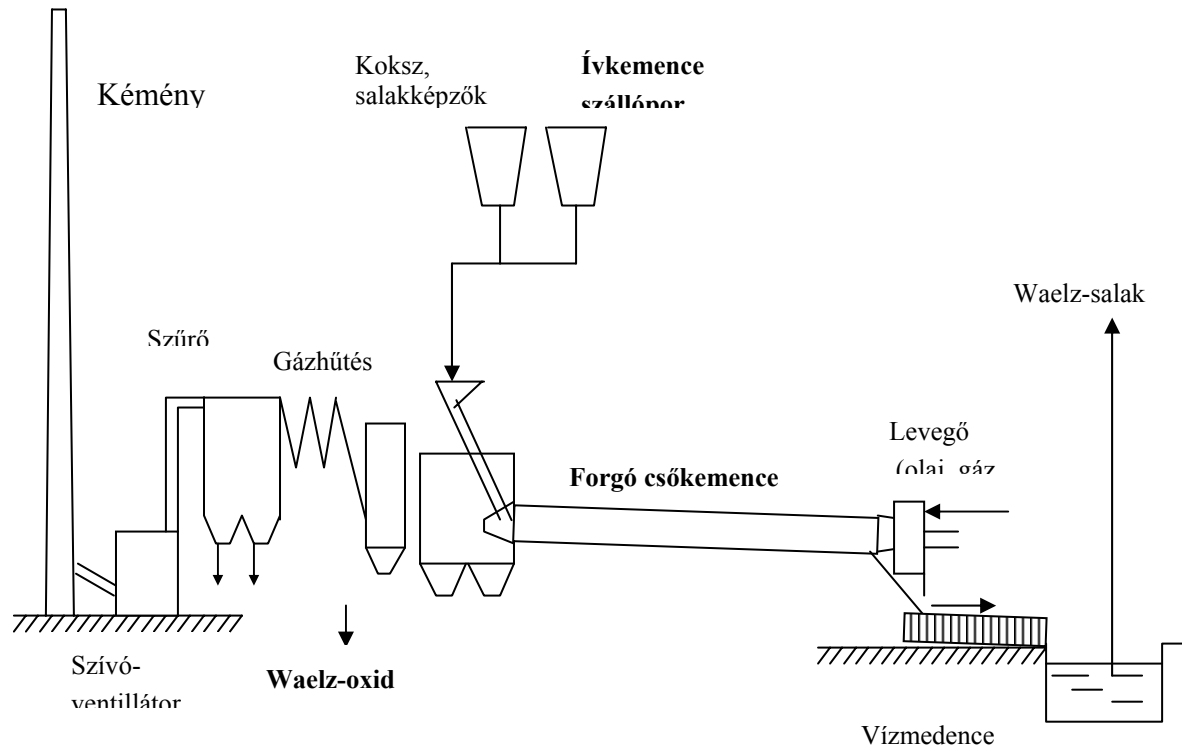
A fémtartalmú port, egyéb másodnyersanyagokat és finom koksport bunkerekben tárolnak. Az anyagokat összekeverik és pelletezhetik is. Ezután közvetlenül a kemence adagolórendszeréhez, vagy közbenső tárolásra kerül. Mérlegeléssel lehet biztosítani, hogy a redukálószer (koks) a nyersanyag cink-tartalmával arányban legyen, és a megfelelő tulajdonságú salakhoz a szükséges mennyiségű pótlékok legyenek adagolva.

A szokásos munkahőmérséklet a Waelz-kemencében kb. 1200 °C. A kemencében a szilárd anyagok először kiszáradnak, ezután tovább hevülnek a az ellenáramban áramló forró füstgázokkal és a tűzállóanyag falazattal érintkezésben. A csökemence dőlésszögétől, hosszától és a forgási sebességétől függően, az anyag átlagos tartózkodási ideje a kemencében 4 és 6 óra közötti. A szilárd anyagokból álló rétegben a cink, az ólom és más szinesfémek redukálódnak. A redukálódott (fémes) cink és ólom elpárologva a kemence atmoszférájába kerül; A kloridok és az alkálifémek (a salak bázicitásától függően) szintén elpárolognak.



Mivel légszerűleg van a kemence atmoszférájában, a fémgőzök visszaoxidálódnak. A keverék oxidok a kemencegázokkal távoznak és a gáztisztító rendszerben választhatóak le.

A gáztisztító rendszer jellemzően tartalmaz egy üleptető kamrát a mechanikusan kihordott durvaszemcsés por eltávolítására, egy vizes gázhűtő fokozatot és egy elektrosztatikus porleválasztót, ahol a Waelz-oxidot távolítják el a gázból. A gázhűtés után használhatnak szövetzsákos szűrést is. A dioxinok minimalizálását és eltávolítását biztosító technikákat alkalmazzák, ahol szükséges, ezekről a 2.8 fejezetben található információ.

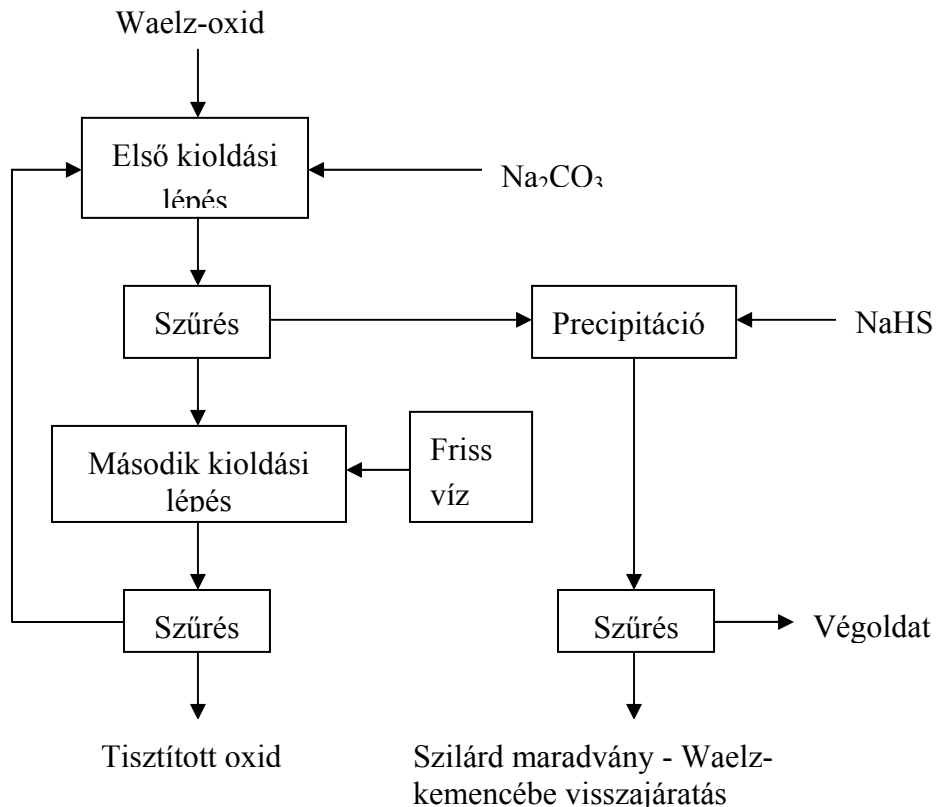


### 5.8 ábra Waelz-kemence

A csókemencében képződött salak folyamatosan távozik a kemence alsó végén és egy gyors-hűtő rendszerbe kerül. Hűtés, osztályozás és törés után a salak felhasználható az építőiparban, például útépitésre. Továbbá, a salak alkalmas lehet a cementgyártásnál, vagy vashordozó nyersanyagként a vas-és acéliparban.

A termelt Waelz-oxid számos módszerrel dolgozható fel. A legalapvetőbb eljárás a forró brikettálás, vagy zsugorítás, ami megfelelő fizikai állapotú nyersanyaggá alakítja a port a pirometallurgiai cinkkohók - pl. az IS-eljárás - számára. Ha az ólom-oxid tartalom nagy, egy kalcináló illósítással az ólomoxid eltávolítható.

A Waelz-oxid kezelhető egy két lépcsős kioldási módszerrel is, ahol az első lépésben nátrium-karbonát oldatot, amásodikban pedig vizet használnak a kloridok, fluoridok, nátrium, kálium és a kén eltávolítására. A tisztított végterméket szárítás után fel lehet használni a hidrometallurgiai - elektrolízises cinkelőállítás nyersanyagként.



**5.9 ábra** Nedves eljárás a Waelz-oxid tisztítására

### 5.1.6.3 Kigőzöltető eljárás

Ezt az eljárást is használják a cinknek a maradványokból történő kinyerésére. Az elektroacélgyártás szállópora, a legtöbb ólomkohászati salak és egyéb cinkkohászati maradványok ólmot és cinket tartalmaznak, ami elvesz, ha ezeket az anyagokat nem kezelik tovább. Ezekből az anyagokból az értékes Zn- és Pb- tartalom illósítható és hő fejlesztető karbonhordozó anyag, mint például szén beadásával [tm 120 TU Aachen 1999].

Ciklon, vagy konverter típusú kemencéket használnak a hőmérsékletnek 1200 °C fölé emelésére, amikor az előzőekben tárgyalt mechanizmushoz hasonló módon a fémek elgőzölögnek, majd visszaoxidálódnak és a kemencegázokból a gáztisztító szűrésnél nyerhetőek ki. A ciklonkemencét oxigénben dúsított levegővel, a konverter típusú kemencét viszont oxigénhiányos levegővel működtetik. A termelt hő hőhasznosító kazánban nyerik ki és elektromos energia fejlesztésére fordítják. A termelt végszalakot útépitési célokra hasznosítják.

### 5.1.7 A cink beolvasztási és ötvözési eljárásai

A beolvasztást és ötvözést általában közvetett fűtésű tégelyes kemencékben, vagy indukciós kemencékben végzik. Megfelelő hőmérsékletszabályozás hivatott biztosítani, hogy a cink ne gőzölögjön el. A használt tüzelőanyag általában gáz, vagy olaj. A gáz-, vagy olajégőt az olvasztótégelyen kívül helyezhetik el, amikor a tégely egy égéskamrába illeszkedik, illetve belül is elhelyezhetik, amikor bemerülő fűtőcsövet kell alkalmazni [tm 13, HMIP Zn 1993; tm 101, NL Zn 19989].

Mindkét esetben kritikus a hőmérsékletszabályozás, mivel az öntési hőmérséklet nem haladhatja meg a 450 °C-t a legtöbb ötvözet összetétel esetében, hogy elkerülhető legyen a gőzölögés miatti fémvesztés. Az ötvözőket általában szilárd állapotban adják be, de bizonyos esetekben olvadt alumíniumot adnak egy szomszédosan elhelyezett olvasztókemencéből.

Amikor szennyezett nyersanyagokból készítik az ötvözetet, a szennyezők felvételére salakképző pótlékokra is szükség van. Az itt szokásos salakképző pótlék cink-kloridot, magnézium-kloridot és nátrium-sziliko-fluoridot tartalmaz. Az ilyen pótlékanyag használatával szilícium-tetrafluorid gáz emissziója jár együtt, amelyet nedves gázmosással távolítanak el. A tetra-fluorid hidrogén-fluoridot képezve bomlik, amelyet a gázmosó közeg elnyel.

### 5.1.8 A cink öntési eljárásai

A cinket elektromos kemencékben megolvasztják, miközben a hőmérséklet szabályozásával akadályozzák meg az elgőzölögést. A cinkfürdő felszínéről periódikusan lehúzzák a szilárd anyagokat (felzék: cink-oxid és cink-klorid). Salakképző pótlékok (fedősót) gyakran adnak, hogy csökkentsék a felzékkel jelentkező cinkvesztést. A felzékot az IS kemencéhez, illetve a hidro-elektrometallurgiai eljárás pörkölkemencéjébe járathatják vissza.

A fémeket általában maradandó formákba öntik, amelyeket szokásosan öntöttvasból készítenek. Álló és mozgószalagos öntőgépek használatosak a tömbök és a tuskók előállítására. A folyamatos öntőgépeket a huzalgyártáshoz szükséges rudak gyártására használják.

### 5.1.9 Cinkpor előállítása

A cinkport más ipari eljárások számára, valamint a cink hidrometallurgiai eljárásának az oldattisztító lépése számára állítják elő. A fentiekben vázolt módon előállított cinkolvadékot nagy nyomással engedik ki egy porlasztó fűvókán, majd gyorsan lehűtik egy inert atmoszférában, hogy por képződjön [tm 120 TU Aachen 1999]. Ehhez hasonlóan, egy cinkolvadék áramnak a levegővel, vízzel, vagy centrifugálisan végzett porlasztása is használható a por előállítására. A port egy zsákos szűrőrendszerrel gyűjtik, és a felhasználó folyamathoz járattják, vagy csomagolják.

### 5.1.10 Kadmium

#### 5.1.10.1 Kadmium kinyerése az ólom és a cink eljárásaiból

A kadmium sok fémkinyerési eljárás melléktermékeként állítják elő. A fő forrást a cink- és az ólomkohászat jelenti [tm 120, TU Aachen 1999].

Az Imperial Smelting (IS) kemencével két különböző úton nyerhetik ki a kadmiumot. Valamennyi kadmium kíséri a cinket és végül a raffinálás második desztilláló lépésének kondenzátumaként kaphatják meg. A másik része a kénsavgyár előtti gáztisztításnál leválasztott szállóporból nyerhető ki. Ezt az anyagot kénsavval kezelik, és a kadmiumot az így keletkezett oldatból választják le.

A cink-oldatok tisztításánál kapott cementált kadmiumot szintén hidrometallurgiai módszerekkel tisztítják. Ennek során a cementált anyagot kénsavaas közeggel kezelik, a kapott oldatot tisztítják és a kadmium fémet elektrolízissel nyerik ki a katódon. A tisztított  $ZnSO_4$  oldatot a cink-hidrometallurgia fő ágába járatják vissza.

A kadmiumot kloridos és szulfátos oldatból is kinyerhetik az ionok kontak-redukciós leválasztásával. A folyadékot egy bemeztett nagytisztaságú cinkszalagból készített dobszítába vezetik, ami egy reakciót hajt végre, amiben kadmium szivacs és cink-klorid oldat keletkezik. A szivacsot nátrium-hidroxid darabokkal keverve olvasztják meg, ami a maradék cink eltávolítására szolgál, és a terméket öntik és értékesítik, illetve további kadmium raffináláshoz irányítják, ha szennyezett. A kadmium karbonátos alakban is kinyerhető, és az elektrolízis ilyenkor is járható út.

A kadmium-finomítóban egyesítik az eltérő módon kinyert kadmiumot és nagy hőmérsékleten desztillálják. A kondenzátum kb. 1% cink-tartalmú kadmium, és a kifolyó olvadék termék nagy tisztaságú cink. A desztillált kadmiumot olvasztják nátrium-hidroxid és nátrium-nitrát jelenlétében a maradék cink eltávolítására. A hidrometallurgiai eljárásokból kapott kadmiumot hasonlóan kezelik, de vákuumos desztillációt is használnak.

#### **5.1.10.2 Kadmium kinyerése szárazelemekből**

A kadmium másik fő forrása a Ni-Cd elemek újrahasznosítása. Számos kezdeményezés létezik az elemek visszajáratására. A Ni-Cd elemeket először hőkezelik a műanyag bevonat eltávolítására és az elem tartóhéjának a felnyitására. A kinyitott elemeket ezután egy retortában izzítják, ahol a kadmiumot elgőzöltetik, majd kondenzáltatják. A fémolvadékot ezután formákba öntik. A nikkel- és a vas-maradványokat visszajáratják. Mindegyik eljárási lépés jó minőségű gáztisztító rendszert alkalmaz a por, a fémgőzök, az illó szerves vegyületek - dioxinok - eltávolítására. Az eljárás száraz és el van szigetelve a csatornarendszertől.

#### **5.1.11 Egyéb fémek előállítása (In, Ge, Ga, As, Te, Sb, Bi)**

A cink és az ólom előállítására használt dúsítmányokban néha egyéb fémek is előfordulnak. Ezek általában a salakban, a felzésekben, a szállóporban és a feldolgozás során keletkező maradványokban hajlamosak dúsulni, és ezekből nyerhetőek ki.

A kinyerési eljárások nagyon összetettek is lehetnek, és legtöbbször titkosak. Az eljárások több módszert is kombinálnak, mint pl. a kioldás, cementálás, oldószeres extrakció, klórozás, elektrolitos kinyerés és vákuumos desztilláció. Ezeket az eljárásokat követheti az ultra tiszta fémek előállítását szolgáló zónás olvasztás és a szabályozott kristálynövesztés.

## 5.2 A jelenlegi Emissziós és felhasználási szintek

A cink- és ólomipar fő környezeti kérdései a levegő- és vízszennyezés, valamint a veszélyes hulladékok keletkezése. A termelő üzemeknek általában megvan a saját hulladékvíz-kezelő egységeik és a hulladékvíz-visszajáratás általános. Sok hulladékanyagot újrahasznosítanak, de a legfőbb tétel a kioldási maradvány, amelynek nagy környezeti hatása van [tm 101, NL Zn 1998; tm 102 DFIU Zn 1999]. Vannak helyi tényező, mint például a zaj is. Néhány szilárd és folyékony hulladékanyag veszélyes természete miatt jelentős a talajszennyezés veszélye is.

Az alábbi táblázatok néhány európai ólom- és cinküzemre vonatkozóan ad meg anyagmérleg adatokat.

Beérkező	[t/a]	Távozó	[t/a]
Primér nyersanyagok	125000	Cink	100000
Másodnyersanyagok	125000	Nyersólom	35000
Koksz	100000	Kénsav	125000-200000
		IS-kemence salak	70000
		Kadmium-karbonát	Nincs adat

### 5.3 táblázat Egy IS üzem anyagmérleg adatai (1998) [tm 102, DFIU Zn 1999]

Beérkező	[t/a]	Távozó	[t/a]
Akkumulátor-iszap	82000	Ólom	90000
Ólom dúsítmányok	40000	Kénsav	25000
Visszajáratott szállóporok	34000	Salak	10000
Salakképző pótlékok	3500	Higany maradvány	20
Szén és koksz	7100	Szállópor (kemencébe visszajáró)	34000
Oxigén	13300		

### 5.4 táblázat Az ISA Smelt kemence anyagmérleg adatai [tm 102, DFIU Zn 1999]

Beérkező	[t/a]	Távozó	[t/a]
Ólomtartalmú anyagok	130000	Nyersólom	90000
Salakképzők (mészke, ...)	20000	Salak	50000
Nitrogén	12500	Kénsav	60000
Oxigén	46000	Doré ezüst	250
Szén (por)	12000	Kalomel	2 - 5
Földgáz	1300	Cink-kadmium-karbonát	100 - 150

### 5.5 táblázat A QSL üzem anyagmérleg adatai (1997) [tm 102, DFIU Zn 1999]

Beérkező			Távozó		
<i>Olvasztott anyagok</i>	[t/t Pb]	2,12	<i>Termékek</i>		
Akkumulátor hulladék	%	63	Ólom és ötvözetei	[t/t Pb]	1
Egyéb anyag	%	21	Akkumulátor iszap	[t/t Pb]	0,5
Nyers-Pb, Pb-hulladék	%	16	Polipropilén	[t/t Pb]	0,07
<i>Reagensek</i>	[t/t Pb]	0,14	<i>Maradványok</i>		
Acél forgács	%	46	Maradék műanyagok	[t/t Pb]	0,1
Petrolkocsz	%	32	Salak	[t/t Pb]	0,23
Szóda	%	22	<i>Egyebek</i>	[Nm <sup>3</sup> /t Pb]	
<i>Egyebek</i>	[MWh/t Pb]		Távozó gázok		70000
Elektromos energia		0,2			
Földgáz	[MWh/t Pb]	1,19			
PP darabkák (külső)	[t/t Pb]	0,04			

**5.6 táblázat Egy kéntelenítés nélkül működő akkumulátorhulladék feldolgozó üzem anyagmérleg adatai (1998) [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Beérkező			Távozó		
<i>Olvasztott anyagok</i>	[t/t Pb]	1,41	<i>Termékek</i>		
Akkumulátor hulladék	%	79,0	Ólom és ötvözetei	[t/t Pb]	1
Egyéb anyag	%	3,8	Nátrium-szulfát	[t/t Pb]	0,096
Nyers-Pb, Pb-hulladék	%	16,6	Polipropilén darabkák	[t/t Pb]	0,051
Égetési szállópor	%	0,6	<i>Maradványok</i>		
<i>Reagensek</i>	[t/t Pb]	0,307	Maradék műanyagok	[t/t Pb]	0,108
NaOH	%	49,8	Kohászati salak	[t/t Pb]	0,18
Acélforgács	%	9,4	<i>Egyebek</i>	[Nm <sup>3</sup> /t Pb]	
Petrolkocsz	%	17,6	Távozó gázok		37000
Szóda	%	23,1			
<i>Egyebek</i>	[MWh/t Pb]				
Elektromos energia		0,20			
Földgáz	[MWh/t Pb]	0,73			
Gőz	[MWh/t Pb]	0,84			

**5.7 táblázat Egy kéntelenítéssel működő akkumulátorhulladék feldolgozó üzem anyagmérleg adatai (1998) [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Beérkező	[t/a]	Távozó	[t/a]
Akkumulátorhulladék	65000	Raffinált ólom és ötvözetei	28000
Akkumulátor lemezek	4000	Akkumulátor iszap	32500
Ólomhulladék	6000	Polipropilén finom szemcse	2750
		Ebonit és szeparátorlemezek	3500
		Salak	3300

**5.8 táblázat Egy iszapeltávolítással működő akkumulátorhulladék feldolgozó üzem anyagmérleg adatai (1998) [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Beérkező	[/ t nyers-Pb]	Távozó	[/ t nyers-Pb]
Hulladék akkumulátor, száraz	1100 kg	Nyersólom	1000 kg
Egyéb ólomhulladék	320 kg	Szállópor	32 kg
Salakképzők (mészke)	14 kg	Végسالak	50 kg
Koksz (öntödei)	109 kg	Visszajáró salak	500 kg
Egyéb betét (vas)	67 kg	Távozó gáz	18200 Nm <sup>3</sup>
PbCO <sub>3</sub> (szállóporkezelésből)	40 kg	Vas/ólom-kéneskő	140 kg
Salak (visszajáratott)	500 kg		
Oxigén	43 Nm <sup>3</sup>		
Földgáz	15 Nm <sup>3</sup>		
Elektromos energia	107 kWh		

**5.9 táblázat Egész hulladék-akkumulátorokat feldolgozó üzem anyagmérleg adatai (1998) [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Anyag	Jellemzők
Betét	Dúsítmányok (50 - 55% Zn)
Termékek	Cink (99,99%) Kadmium Kénsav
Hulladék	Gőtít, vagy jarozit 30000 - 40000 t/a Sav-semlegesítési iszap (különleges hulladék, vagy visszajáratás)
Melléktermékek	Pb/Ag maradvány 12000 t/a Cementált csapadékok Semleges kioldási maradvány
Jellemző termelékenység	Zn 100000 t/a Kénsav 175000 t/a Cd 300 t/a

**5.10 táblázat Egy cink hidro-elektrometallurgiai üzem jellemző adatai. Pörkölés - Kioldás - Oldattisztítás - Elektrolízis [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Fém %	Zn-dúsítmány	Semleges kioldási maradvány*	Cement-réz	Pb/Ag maradvány*	Jarozit**	Gótit**
Zn	53	16 - 27	5,9	5,8	2 - 6	4 - 9
Fe	7,3	15 - 35		9	20 - 32	31 - 43
Pb	1,6	3,6		10 -25	< 2	< 2
S	32	3 - 11		4	10 - 13	2 - 5
Cu	0,6	0,3 - 2,4	55	0,1	< 0,2	< 0,3
Cd	0,24	0,1 - 0,3	0,3	0,2	< 0,1	< 0,1
Ag	0,016	0,036		0,115	< 0,01	< 0,01
SiO <sub>2</sub>	1,7	4,0		12		

**Megjegyzés.** \* Az összetétel változhat a betétanyag összetételétől és a kezelés módjától.

\*\* A mennyiségek a nyersanyag Fe-tartalmától függenek.

### 5.11 táblázat Egy hidro-elektrometallurgiai cink üzem betétanyagainak és termékeinek jellemző összetétele

Beérkező	t/a	Távozó	t/a
Zn maradványok (ívkemence por, stb.)	90000	Waelz-oxid	33000
Kokszpor	25000	Salak	70000
Kvarchomok	13000	Kemencegáz (m <sup>3</sup> /a)	30000
Nátrium-karbonát	3300	Kezelt víz (m <sup>3</sup> /a)	150000
NaHS (m <sup>3</sup> /a)	11		
Ipari víz (m <sup>3</sup> /a)	300000	Kezelt oxid	30000
Földgáz (Th000/a)	7900	Cinktartalom	19500
Elektromos energia MWh/a	5700		
Gázolaj (m <sup>3</sup> /a)	440		

### 5.12 táblázat Egy waelz-kemencével kapcsolt két lépcsős oxid-kioldó eljárás anyagmérleg adatai

Beérkező	t/a	Távozó	t/a
Retorta maradvány, száraz	27700	Waelz-oxid	17000
Cinkhordozó, száraz (ívkemence por, ...)	33700	Salak	48200
Kokszpor	10800	Tiszta gáz [Nm <sup>3</sup> /h]	70000-90000
Kvarc	7500		
Törmelék, sepredék	2100		
Levegő [Nm <sup>3</sup> /h]	5000 - 10000		
Mész	1000		
Elektromos energia [MWh/a]	4620		
Földgáz [Nm <sup>3</sup> /a]	92000		

### 5.13 táblázat Egy Waelz-üzem anyagmérlegének adatai [tm 102, DFIU Zn 1999]



### 5.2.1 Energia

A különböző ólom- és cinkkohászati eljárások energiaigénye nagymértékben különbözik. Ez a nyersanyag és a termékek minőségétől, a kémiai és a hulladék hő hasznosításától, és a melléktermékek keletkezésétől függ. A következő két táblázat a különböző eljárások átlagos energiaigényét mutatják.

Eljárás	Elektr. kWh/t Pb	Koksz kg/t Pb	Szén kg/t Pb	Földgáz Nm <sup>3</sup> /t Pb	Olaj l/t Pb	O <sub>2</sub> Nm <sup>3</sup> /t Pb	Vas kg/t Pb
Aknáskemence Primér Pb	180-300	150-225		50-70			120- 170
Aknáskemence Szekunder Pb	50	100-140		35	1		65- 110
Forgó csőkemence Szekunder, CX, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> -termelés	1600		60	65		90	30
QSL	*		100	20		330	
Kivcet	250*	105			25	450	
TBRC	450-550	40			30	140	

\*Teljesen, vagy részlegesen hulladék hő hasznosítására épül

### 5.14 táblázat Különböző ólomkohászati eljárások energiaigénye

Eljárás	Vonatkoztatási alap:	Elektromos KWh/t	Koksz Kg/t	Földgáz Nm <sup>3</sup> /t
Cink elektrolízis	t cink	4100		
IS kemence és New Jersey desztilláció	t cink t Fém	1050 750	1100 785	220 160
Waelz-kemence	t kezelt Waelz- oxid	200	850	20
Salak kigőzölés	T salak	150	250	

### 5.15 táblázat Különböző cinkkohászati eljárások energiaigénye

### 5.2.2 Légköri emissziók

Az üzem korától és az alkalmazott technológiától függően, az eljárásból kéményen keresztül, vagy illanó (elszökő) formában távozhatnak a gázokkal kibocsátott anyagok. A kéményen keresztül távozó emissziót általában folyamatosan, vagy periodikusan regisztrálják és jelentik. A cink- és az ólom-előállítás emissziójának fő alkotói:

- Kén-dioxid (SO<sub>2</sub>), egyéb kén-vegyületek és savkődök;
- Nitrogén-oxidok és egyéb nitrogén-vegyületek;
- Fémek és vegyületeik;
- Por;
- Illó szerves vegyületek és dioxinok.

Az egyéb szennyezők elhanyagolható jelentőségűek, mivel vagy nincsenek jelen a termelőeljárásban, vagy azonnal semlegesítődnek (pl. klór), vagy nagyon alacsony koncentrációban fordulnak elő. A károsanyag kibocsátás nagyrészt por alakú (kivéve a kadmiumot, arzént és a higanyt, amelyek gőz állapotban is jelen lehetnek) [tm 101, NL Zn 19978].

Az emisszió forrásai:

- Pörkölés (az emisszió nagy része a nem tervezett leállásokkor lép fel);
- Egyéb előkezelés (akkumulátor törés);
- Anyagmozgatás;
- Olvasztás és raffinálás;
- Kioldás és oldattisztítás;
- Elektrolízis;
- Öntés;
- Kénsavgyár.

Alkotó	Pörkölés Zsugorítás kohósítás	Kioldás Oldat- tisztítás	Elektrolízis	Akkumulátor- törés	Öntés Stb.	Kénsavgyár
Kén-oxidok	++ <sup>*</sup>					
Nitrogén- oxidok	+ <sup>*</sup>				+	+
Por és fémek	+++ <sup>*</sup>	+	+	+++	+++	
Illó szerves és dioxinok	+(++) <sup>**</sup>				+ <sup>*</sup>	

Megjegyzés: +++ jelentősebb .....+ kevésbé jelentős

\* A pörkölési és a kohósítási lépések közvetlen kibocsátásait a gáztisztítási lépések és a kénsavgyártás során kezelik, vagy dolgozzák fel; A kénsavgyár maradék kén-dioxid és nitrogén-oxid emissziói is léteznek. Az elillant (elszökött) és össze nem gyűjtött kibocsátás is jelentkezik. Az akkumulátor-iszap szekundér kohászati feldolgozása SO<sub>2</sub>-forrást jelent.

\*\*Dioxinok és illó szerves vegyületek lehetnek jelen, ha dioxin tartalmú, vagy szerves anyagokkal szennyezett másodnyersanyagokat dolgoznak fel. Szerves vegyületek illanhatnak a Ga, Ge, stb. előállításakor használt oldószeres extrakció során.

### **5.16 táblázat Az ólom, cink és kadmium előállításához kapcsolódó potenciális emisszió mértéke**

A fő illanó (elszökő) emissziós források [tm 101, NL Zn 1998]:

- A dúsítmányok mozgatásából és tárolásából származó por (10 t/év);
- A pörkölő és olvasztó kemencék szivárgásai;
- A kioldó és az oldattisztító tartályokból távozó gázok (1t/év);
- A kioldó és oldattisztító egységek hűtőtornyaiból távozó gázok (0,7 t/év);
- Az elektrolízis hűtőtornyaiból távozó gázok (0,8 t/év);
- Az öntökemencékből távozó gázok portartalma (1,8 t/év);
- Egyéb (0,7 t/év).

Noha az elszökő emissziót nehéz mérni, vagy becsülni, vannak sikeresen alkalmazott módszerek. Egy ólomkohászati eljárásnak az aknáskemencéről ISA Smelt technológiáras történt átállítása alapján, a következő táblázat néhány emissziós adatot közöl [tm 102, DFIU Zn 1999], szemléltetve az illanó-elszökő emisszió potenciálisan magas értékét.

Kibocsátás	Hagyományos üzem (1990)			ISA Smelt üzem (1997)			Csökkenési arány		
	[kg/a]			[kg/a]			[%]		
	Gyűjtött	Elszökő	Összes	Gyűjtött	Elszökő	Összes	Gyűjtött	Elszökő	Összes
Pb	5236	19555	24791	911	540	1451	83	97	94,1
Cd	330	242	572	3,81	0,24	4,05	99	>99	99,3
Sb	151	309	460	25,8	1,77	27,52	83	>99	94
As	77,6	141,5	219,1	4,03	1,55	5,58	95	99	97,5
Tl	21,9	16,1	38	1,27	<0,01	1,27	94	>99	96,7
Hg	16,7	0,4	17,1	0,87	<0,01	0,87	95	>97	95
SO <sub>2</sub> [t/a]	7085	-	7085	140,4	-	140,4	98	-	98

**Megjegyzés:** Az ISA Smelt üzem előzetes adatai. Ólomtermelés: 1990 - 96724 t; 1997 - 86941 t.

## 5.17 táblázat Az üzemfejlesztés hatása az illanó (elszökő) emisszióra

### 5.2.2.1 Kén-dioxid és egyéb kén-vegyületek

A kén-dioxid emisszió fő forrása az oxidációs lépés elszökő emissziói, a kénsavgyár közvetlen emissziója és az olvasztáshoz kerülő pörkölék maradék kéntartalma. A kemencék jó zárása és a gázok jó eltávolítása meggátolja az elszökő emissziót. Az oxidációs fázisból összegyűjtött gázokat egy tisztító üzembe, majd a kénsavgyárba vezetik.

A zsugorítás, pörkölés, vagy a közvetlen kohósítás lépéseiből származó tisztított gázok kén-dioxid-tartalmát kén-trioxidá (SO<sub>3</sub>) alakítják. A konverziós hatásfok általában 95 - 99,8% között van, az alkalmazott kénsavgyári technológia (egyszeres, vagy kétszeres abszorpció), a beérkező gáz kén-dioxidtartalma, valamint a kén-dioxid koncentráció stabilitása függvényében. A távozó gázban 200 - 2300 mg/Nm<sup>3</sup> szinten lehet a kén-dioxid emisszió. Egy

nagyon kis része a kén-trioxidnak nem abszorbeálódik, és szintén megjelenik a távozó gázban a kén-dioxid mellett. Az üzem indítása és leállítása idején romlik az átalakítási határfok és előfordulhat kis koncentrációjú gázok kibocsátása. Ezek a tényezők az adott üzemre jellemzőek, és sok helyen fejlesztették a folyamatszabályozást az ilyen típusú emisszió csökkentésére [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999].

A zsugorított ólompörkölék és némely másodnyersanyag is tartalmaz maradék szulfidot és szulfátot. Közlések szerint [tm 129, Madelin 1991] az ólom-dúsítmány kéntartalmának a 10%-a is benne maradhat a zsugorított pörkölékben, ami bekerül az olvasztókemencébe. Továbbá, az akkumulátorhulladék szulfáttartalma is jelentős lehet, attól függően, hogy milyen az előkészítés, és hogy a iszapos anyagot is tartalmazza-e. A legtöbb esetben a kén az olvasztási salakban, vagy más melléktermékekben kötődik meg. A kénmegkötés mértéke az alkalmazott salakképző pótlékoktól és a folyamatban szereplő egyéb fémtartalomtól függ, például rezes kéneskő fázis is képződhet amikor a Pb/Cu dúsítmányokat is dolgoznak fel. Pb/Fe kéneskő is képződik redukáló körülmények között, amikor vasforgácsot adagolnak. Más esetekben SO<sub>2</sub> emisszió léphet fel, és ez további kezelést tesz szükségessé.

Az elektrolízis során aeroszokok (híg kénsav és cink-szulfát) emissziója lép fel az üzemcsarnok légterébe, ahonnan a (természetes) ventilációval, vagy a hűtőtornyokon keresztül hagyhatja el az elektrolízis üzem. Ez az emisszió kisebb mint a kénsavgyárból származó. Az aeroszol megjelenési forma lehetővé teszi a ködcsapda, illetve porleválasztó technika alkalmazását [tm 101, NL Zn 1998]. Néhol befedik az elektrolizáló kádakat műanyag habbal, vagy műanyag golyócskákkal, amely módon csökkenthető a savköd képződése [tm 139, Finland Zn 1999]. Egy nem régi példa esetében módosításokat hajtottak végre a pörkölés javítására és az egész eljárásból elszökő emisszió csökkentésére. A kén-dioxid emisszió 3000 g/t-ról 1200 g/t értékre csökkent a termelt fém tömegére vonatkozóan. Az egyéb eljárások emisszióját az alábbi példa szemlélteti.

<b>Eljárás</b>	<b>termék</b>	<b>Fémtermelés, t/év</b>	<b>Képződött SO<sub>2</sub>, g/t fém</b>
Pörkölés, kioldás, elektrolízis	Cink	105000-235000	2500-5500
Zsugorítás, IS-kemence	Zn+Pb	100000 + 45000	5000-9000
QSL	Ólom	90000	1000
ISA	Ólom	90000	7500
Egész akkumulátor olvasztás	Ólom	35000	7800
Kéntelenített akku. iszap	Ólom	35000-40000	1070-2000
Iszap nélküli akkumulátor	Ólom	35000	3200
Akkumulátor + több iszap	Ólom	10000	210 (FGD rendszer)
Zsugorítás, Pb-aknaskemence	Ólom	110000	10000-45000
Akkumulátor -MA-eljárás	Ólom	33000	6600

### **5.18 táblázat Különböző cink- és ólomkohászati eljárások kén-dioxid termelése**

Az akkumulátortörésnél keletkező savköd is okozhat hasonló emissziót. A hulladék akkumulátorokból származó anyagot feldolgozó üzemek emissziója tartalmaz kén-dioxidot,

amely koncentrációja attól függ, hogy az akkumulátoriszap közvetlenül bekerül-e a kemencébe, vagy előzetesen kintelenítették, vagy hogy mennyi kén kötődik meg a salakban. A jellemző emissziós érték 50 - 500 mg/Nm<sup>3</sup> [tm 102, DFIU Zn 1999].

### 5.2.2.2 Nitrogén-oxidok

A pörkölési és kohósítási lépések potenciális nitrogén-oxid (NO<sub>x</sub>) forrást jelentenek. Az NO<sub>x</sub> képződhet a dúsítmányban jelenlévő nitrogéntartalomtól, illetve termális NO<sub>x</sub> alakjában képződhet. A termelt kénsav elnyelheti az NO<sub>x</sub> egy jelentős részét, ami hatással van a kénsav minőségére is. Ha a pörkölési fázisok után magas NO<sub>x</sub>-tartalom van jelen, a pörkölési gázok kezelésére szükség lehet a termékminőség és a környezetvédelem szempontjai miatt. Más oxigénes égőkkel működő kemencék esetében is elérhető NO<sub>x</sub>-csökkenés. Az összes eljárást jellemző értéktartomány 20 - 400 mg/Nm<sup>3</sup>.

### 5.2.2.3 Por és fémgőz

A pörkölési és a kohósítási folyamatoknál fellépő porkihordás közvetlen és elszökő formában jelentkező por- és fémgőz-emissziót okozhat. A gázokat összegyűjtik és a kénsavgyár gáztisztító műveletével kezelik. A leválasztott port visszajaratják a folyamatba.

Az IS kemencék kondenzátorából, a desztilláló oszlopokból és a csapolónyílásoktól távozó gázok szintén lehetséges források. Ezekon a pontokon jó gázeelvontást és jó gáztisztítást kell alkalmazni, hogy az elszökő (illanó) emisszió csökkenjen. A salakkezelés és -granulálás szintén okoz porképződést. Ezen jól kézmentartható forrásokból < 1 - 20 mg/Nm<sup>3</sup> mértékű poremisszió származik. Az akkumulátorok ólomtartalmának hasznosításakor képződő salakok és felzékelt tartalmazhatnak antimont, és ha ezek a maradványok nedvességet vesznek fel, fellép a stibin - mérgező gáz - keletkezésének a veszélye.

Eljárás	Termék	Termelés (t)	Cink-emisszió g/t fém	Ólom-emisszió g/t fém
Pörkölés	Cink	130000 Zn	10	
Pörkölés	Cink	215000 Zn	45	
Pörkölés	Cink	235000 Zn	45	
Pörkölés	Cink	235000 Zn	11	
Zsugorítás és IS Kemence	Cink és ólom	100000 Zn 45000 Pb	30 - 90	5 - 40
QSL	Ólom	90000 Pb	7,2	10 - 20
ISA Smelt	Ólom	90000 Pb	-	10 - 30
Akkumulátor (egészben)	Ólom	35000 Pb		< 15

Akkumulátor (kémentenített iszap)	Ólom	40000 Pb		10
Akkumulátor (kémentenített iszap)	Ólom	35000 Pb		5 - 25
Akkumulátor (oxidos massza eladás)	Ólom	35000 Pb		5 - 25
Akkumulátor (+ további iszap)	Ólom	10000 Pb		5 - 25
Akkumulátor (MA)	Ólom	33000 Pb	-	20
Zsugorítás és Pb- aknáskemence	Ólom	110000 Pb	< 20	60 - 130
Pörkölés	Cink	21000 Zn	70	2

### 5.19 táblázat Néhány európai eljárás fémemissziói (csak a gyűjtött gázzal, kéményen keresztül)

A hidrometallurgiai kioldás és oldattisztítás során, a tartályok kilevegőztetése is okozhat fém- és poremissziót. A cink tisztítási lépéseinél arzin gáz is keletkezhet. A desztillálási lépéseknél és a kadmiumüzemből kadmiumkibocsátás, az elektrolízis üzemből és az akkumulátorok törésénél aeroszolos kibocsátás is felléphet. A savköd és a por emissziós szintje ezeknél a forrásoknál 0,1 - 4 mg/Nm<sup>3</sup>.

A beolvasztási, ötvözési, öntési és a cinkpor előállítási eljárások a fémek és szállópor kibocsátásának potenciális forrásai. A porkibocsátásra közölt értéktartomány: 200 - 900 mg/Nm<sup>3</sup> a nyersgázban [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999]. Füstgázgyűjtő és tisztító rendszerek használatával a tisztított gázban a portartalom 10 mg/Nm<sup>3</sup> alatti [tm 102, DFIU Zn 1999].

A kibocsátott fémek a porban jelentkeznek, kb. 50%-ot tesz ki a cink. A tiszta cink olvasztásakor ötvözésekor és öntésekor nincs jelen kadmium és ólom.

#### 5.2.2.4 Illó szerves vegyületek és dioxinok

Dioxinok képződhetnek az égéstérben, illetve a kemencegáz-kezelőrendszer hűtőjében (de-novo szintézis) néhány eljárásnál, különösen, ha a beadott másodnyersanyagok tartalmaznak műanyag komponenseket. Dioxinokat kimuttatnak még az ívkemence szállóporokat feldolgozó Waelz-kemence esetében is.

### 5.2.3 Vizes közegű emisszió

A vizekbe kibocsátott szennyezők főleg fémekből, és vegyületeikből, valamint szuszpendált anyagokból állnak. Az érintett fémek: Zn, Cd, Pb, Hg, Se, Cu, Ni, As, Co és Cr [tm 26, PARCOM 1996; 28, WRC 1993 tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999]. Egyéb jelentős kibocsátott anyagok a fluoridok, kloridok és szulfátok.

A lehetséges hulladékvizek fajtái az alábbiak:

- Hulladékvíz a nedves gázmosókból;
- Hulladékvíz a nedves elektrosztatikus porleválasztókból;
- Hulladékvíz a higany-eltávolítás műveletéből;
- Hulladékvíz az akkumulátor-törésből és osztályozásból;
- Hulladékvíz a salakgranulálásból;
- Hulladékvíz különböző hidrometallurgiai eljárásokból;
- Anód- és katódmosás távozó oldatai;
- A szivattyúk záróvizei;
- Általános műveletek, ide értve a berendezések, felületek tisztítását is;
- A hűtővízkörökből származó kibocsátások;
- Nagy felületekről - főleg tároló- és tetőfelületekről) összegyűlő esővíz.

A legfontosabb kibocsátási forrás az olvasztókemencék és a fluidágyas pörkölés gáztisztításából eredő hulladékvíz. További jelentős források az elektrolízis, akkumulátor-törés és elválasztás.

#### 5.2.3.1 A gáztisztító üzemek hulladékvizei

Általában a nedves gáztisztító rendszerek oldatvisszajáratással működnek. A rendszerből történő ellenőrzött oldatelvétellel meghatározott korlátok között tartható az oldott sók és a szuszpendált szilárdanyagok mennyisége. A kivezetett folyadékot kezelhetik külön, illetve egy integrált víztisztító műben, ahol a szilárdanyagokat és az oldott vegyületeket eltávolítják mielőtt a vizet kibocsátják. Az elkülönített anyag sorsa a hulladékvíz eredetétől függ.

A pörkölési művelet után telepített nedves gázmosók egy  $\text{SO}_2$ -vel telített savas oldattal működnek. A gázmosó eltávolítja a fluoridokat, kloridokat, a legtöbb higanyt és szelént és azokat a szilárd szemcséket, amelyek átjutnak a mechanikus gázkezelésen. A szennyezőfelhalozódás elkerülése érdekében valamennyi folyadékot állandóan ki kell eresztetni a gázmosóból. Az oldott  $\text{SO}_2$ -t eltávolítják a kezelés során, mielőtt kiengednék az oldatot.

A nedves elektrosztatikus porleválasztók szintén termelnek egy savas mosófolyadékot. Ezt visszajaratják szűrés után. A szennyőfelhalmozódás elkerülésére valamennyi folyadékot ebből a körből is ki kell venni. Ezt a kivezetett folyadék részt kezelik és elemzik, mielőtt kibocsátanák [tm 101, Personal Discussions 1998].

A higany-eltávolító lépésben használt gáz-folyadék érintkeztető edény folyadéka egy olyan reagenst tartalmaz, amely vegyül a higannyal és eltávolítja azt. Gyakran higany-kloridot ( $\text{HgCl}_2$ ) alkalmaznak, amely reagál a gázzal kihordott fémes higannyal szilárd  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  csapadék (un. "kalomel") képződése mellett. A viszonylag tiszta folyadékot ezután további kezelésen keresztül bocsátják ki. A szilárd  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ -t higany kinyerésére értékesítik, illetve ismét reakcióképes higany-kloriddá alakítják. A következő táblázat bemutatja gáztisztító folyadékok kezelés előtti állapotát jellemző összetételét.

<b>Alkotó</b>	<b>Koncentráció (oldott)</b>	<b>A szuszpendált szilárdanyag összetétele</b>
Szilárd		250 - 1500 mg/l
Szulfát	13 - 25 g/l	
Klorid	1,3 - 1,8 g/l	
Fluorid	0,3 - 0,5 g/l	
Higany	0,1 - 9 mg/l	5 - 30 % a szuszpendált szilárdanyagban
Szelén	0,1 - 50 mg/l	10 - 60 % a szuszpendált szilárdanyagban
Arzén	5 - 95 mg/l	< 0,05 % a szuszpendált szilárdanyagban
Cink	0,1 - 2,5 g/l	2 - 6 % a szuszpendált szilárdanyagban
Kadmium	1 - 95 mg/l	
Ólom	1 - 13 mg/l	5 - 50 % a szuszpendált szilárdanyagban

## **5.20 táblázat A gáztisztításból távozó folyadékok jellemző összetétele**

### **5.2.3.2 Akkumulátor-feldolgozás**

Az akkumulátor törés és mosás műveleteiből távozó oldat savas és ólmos, valamint egyéb fémeket tartalmaz oldatban, illetve szuszpenzióban. Ezt a távozó oldatot semlegesítik és a vizet visszajaratják a folyamatba. Ha lehetséges, a savat máshol hasznosítják. Általában a rendszer-oldat egy részét vezetik ki az oldott sók mennyiségének egyensúlyban tartására.

Ezek a folyamatok szennyezett felszíni vizeket is termelnek, így ezeket is kezelik és visszajaratják. Általános szokás szerint, ennek a zárt oldatkörnek egy részét továbbkezelés és elemzés után kibocsátani. Az utak és a külső felületek szennyeződését a szilárd felületek és a járművek gyakori vizes tisztításával, valamint a kifolyások feltakarításával minimalizálják.

A hulladékvíz mennyisége és minősége függ a használt eljárástól, a nyersanyagok összetételétől és a kezelő személyzet munkájától függ. Általános a folyamat vizeinek és az esővíznek az újrahasznosítása.

### **5.2.3.3 A kivezetett elektrolit**



Valamennyi elektrolit rendszeres kivezetésére azért van szükség, hogy az elektrolizáló kádak üzemére káros hatású szennyezők, pl. magnézium, felszaporodása szabályozható legyen. A cinkgyártás során az elektrolízis és a kioldási-oldattisztítási műveletek oldatai ugyanazon (zárt) vízkörfolyamathoz tartoznak. Az elektrolízisnél képződött kénsavat a kioldáshoz járatják, a maradék oldatot pedig tisztítás után az elektrolízishez járatják vissza [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999].

Az elektrolízis-kioldás-oldattisztítás körből kivezetett oldat erősen savas és nagy koncentrációban tartalmaz cinket és szuszpendált szilárdanyagot. A kivezetett oldat térfogata erősen függ a pörkölésnél felhasznált dúsítmányok összetételétől. A kivezetett oldattérfogatot és a kezelés módját a körben felhalmozódó szennyezők - különösen a magnézium - határozza meg.

### 5.2.3.4 Egyéb források

Az elektrolízisnél alkalmazott elektródok felületét rendszeresen kell öblíteni a lerakódott anyagok eltávolítása végett. Az anódok felületén mangán-dioxid képződik az oldott mangán és az oxigén reakciójából. Az anódok öblítése után, a mangánt leválasztják az öblítővízből és külső felhasználásra viszik.

Eljárás	Kifolyó oldat		Fő oldatalkotók, mg/l					
	m <sup>3</sup> /a	m <sup>3</sup> /h	Pb	Cd	As	Zn	Ni	COD
Elektrolízis		40-200	0,01-0,5	0,001-0,3		0,01-6,0		
IS		380-420	0,05-0,5	0,005-0,035	0,005-0,1	0,05-1,0		
Waelz-kemence+ oxid kioldás	150000	25	<0,2	<0,15	<0,5	<3,0	<2,0	
Waelz-kemence	60000	9-10	0,3-0,5	0,05-0,2		0,8-1,0		
CX+forgódobos kemence	190000	12,7	0,12-1,4	0,06-0,09	0,05-0,5	0,14-1,6	0,1-0,7	13-225
MA+forgódobos kemence	124000		0,02	0,07	<0,0005	0,27	0,09	
Egész hulladék-akkumulátorok olvasztása	150000	40	0,4	0,01	<0,001	0,01	<0,05	96
Aknáskemence	17000		<0,2	<0,1		<0,3		
QSL	90000	10	0,1	<0,05	<0,05	0,3	<0,05	20
CX+forgódobos kemence + Pb-raffinálás	46800		0,3	0,03	0,037			83
Ausmelt	110000	13	0,01-0,09	0,001-0,01	0,001-0,1	0,01-0,2		50-200

### 5.21 táblázat Jellemző hulladékvíz-összetételek

A katód alaplemezeket megtisztítják a termelt cink-, vagy ólomréteg lehúzása után. Az anód- és a katódmosó oldatok savasak, és általában rezet, cinket, ólmot és szuszpendált szilárdanyagot tartalmaznak [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999].

A salakgranulálás hűtővizét általában visszajaratják zárt rendszerben.

Művelet	Forrás	Felhasználás/kezelés
Általános	Esővíz a szilárd felületekről, tetőről, Az utak vizes tisztítása, Járművek tisztítása	Víztisztítás, újrahasznosítás
Akkumulátor válogatás	Kifolyások	Kéntelenítő/szennyvíztisztító üzem
Iszap kéntelenítés	Kifolyások	Kéntelenítő/szennyvíztisztító üzem
Kohósítás, beolvasztás	Kemence/gép/berendezés -hűtővíz	Visszajáratás
Salakgranulálás	Nedves elektrosztatikus porleválasztás kifolyó vize Granulálási víz	Visszajáratás, szennyvíztisztítás Visszajáratás
Gáztisztító rendszer	Gáz hűtés, nedves elektrosztatikus porleválasztás kondenzvize Higany eltávolítás kondenzvize Elfolyás	A szuszpendált por eltávolítása és betétanyagként visszajáratása, szennyvíztisztítás Hg eltávolítás után szennyvíztisztítás Visszajáratás
Kénsavgyár	Vizes hűtőberendezés Elfolyás	Visszajáratás szennyvíztisztítás
Kadmium üzem	Kadmiumtalanított oldat Elfolyás	Szennyvíztisztítás Vagy Cd-eltávolítás, vagy szennyvíztisztítás
Nyersanyag-tárolás	Felületi víz (eső/locsoló)	Szennyvíztisztítás
Zsugorító pörkölés	Gázmosó (zsugorítmány hűtés)	Szennyvíztisztítás
Pörkölési gáz tisztítása	Nedves gáztisztítás	Szennyvíztisztítás
Kadmium kioldás	Kadmium kioldás	Szennyvíztisztítás
IS-kemence	Gáztisztítás A kokszevítés gáztisztítása	Szennyvíztisztítás, visszajáratás Visszajáratás
Salakgranulálás	Granulálási hulladékvíz	Visszajáratás, szennyvíztisztítás
Pörkölés	A pörkölési gázok nedves tisztítása	Szennyvíztisztítás
Kioldás	Általános műveletek és nedves gáztisztítás	Visszajáratás a kioldáshoz
Oldattisztítás	Általános műveletek	Visszajáratás a kioldáshoz
Elektrolízis	A kádak, anódok és katódok tisztítása	Visszajáratás a kioldáshoz
Minden egység	Karbantartás	Szennyvíztisztítás
Szennyvíztisztítás	Kezelés	Újrafelhasználás/kibocsátás

## 5.22 táblázat Lehetséges hulladékvízforrások és kezeléseik összefoglalása

### 5.2.4 Eljárási maradványok és hulladékok

A fémek előállításához többféle melléktermék, maradvány és hulladék keletkezése kapcsolódik, amelyek szerepelnek az Európai Hulladékkatalógusban (Tanácsi Határozat 94/3/EEC). A legfontosabb eljárási maradványok az alábbiak.

A különböző eljárásokból és a tisztítási lépésekből származó szilárd maradványok három lehetséges módon kezelhetők:

- Visszajáratás a folyamatba;
- További feldolgozás egyéb fémek kinyerésére;
- Végső letárolás, ha szükséges, kezelés után.

A következő szilárd maradványok jelentősek:

A cink hidro-elektrometallurgiai előállítását az egyik fő forrását jelenti a szilárd hulladéknak a szinesfémkohászati iparban. A kioldási eljárással viszonylag nagy mennyiségben keletkezik a vasalapú szilárd anyag. A jarozit és a götit veszélyes hulladéknak minősül, mert oldható elemeket tartalmaz, mint például Cd, Pb és As. A cink kioldási, oldattisztítási és elektrolitot kinyerési eljárásai, valamint az ólom raffinálási lépései egyéb fémekben dús maradványokat is termelnek. Ezek általában egy bizonyos fémekben dúsak, és a megfelelő fémelőállítási eljárásukhoz kerülnek.

Az IS- és a közvetlen olvasztókemencék jelentős mennyiségű szilárd salak forrásai. Ezek a salakok nagy hőmérsékleten mentek keresztül, és általában kevés kioldható fémeket tartalmaznak, következésképpen felhasználhatóak építőanyagként.

Az távozó folyadékok kezelésekor is keletkeznek szilárd maradványok. A fő hulladékfajta a gipsz ( $\text{CaSO}_4$ ) és a fém-hidroxidok, amelyek a hulladékvíz semlegesítéskor keletkeznek. Ezeket a hulladékokat a kezelési technikák keresztatásaiaként tekintik, de nagy részüket pirometallurgiai eljárásokhoz adhatják be a fémtartalom kinyerésére.

A gáztisztító kezelésekből származó porokat vagy iszapokat egyéb fémek, mint például Ge, Ga, In, As, stb kinyerésére hasznosítják, de visszajárathatóak a kohósító kemencébe, vagy a hidrometallurgiai folyamatba az ólom és a cink kinyerése érdekében.

A gáztisztítási fázis higany- és szelén-tartalmú anyagainak előkezelése során Hg/Se maradványok keletkeznek. Ez a szilárd hulladék kb. 40 - 120 t/év mennyiséget tehet ki egy átlagos üzemben. A higany és a szelén kinyerhető ezekből a maradványokból, a piaci igénytől függően.

#### 5.2.4.1 Kioldási maradványok

A vasalapú szilárd maradványok (götit, jarozit, vagy hematit) termelése jelenti a legnagyobb mennyiségű hulladékanyagot. Az összetételt a következő táblázat mutatja [tm 101, NL Zn 1998].

Eljárás	Fe%	Zn%	Pb%	Cu%	Cd%
Hematitos (közvetlen kioldással)	65-67	<0,2	<0,01	<0,02	<0,01
Hematitos (előkészítéssel)	59	1	0,01	0,02	0,02
Gőtites	40-42	5-9	<2	<0,3	<0,1

Para-gőtites	40				
Hagyományos jározitos	20-30	2-6	0,2-6	<0,2	0,05-0,2
Tisztított jározitos	32	0,3	0,1	0,2	0,001
Dor jározitos	26	1	4	0,08	0,05

5.23 táblázat Példák különböző maradványtípusok összetételére [tm 101, NL Zn 1998; tm 120, TU Aachen 1999]

A maradványok jellemző mennyisége:

Jározit: 0,35 - 0,8 t/t Zn.

Gőtít: 0,3 - 0,35 t/t Zn.

Hematit: 0,2 t egy tonna termelt cinkre vonatkozóan.

A hematitos eljárások nem versenyképesek gazdaságilag, mivel ez a módszer jelentősen bonyolultabb és költségesebben működtethető. Ráadásul, a hematit sem bizonyult más iparágakban nyersanyagként felhasználhatónak.

A szűrt és mosott maradvány-iszapban is van még kioldható fémtartalom. A maradvány kevésbé oldható állapotba hozható semlegesítéssel és szulfidos kezeléssel. Az ilyen maradványok letárolása jelentős költségű lehet, mivel különlegesen szerkesztett, bélelt zagyterek, elszigetelt területek használhatóak az anyag tárolására. Külön figyelmet kell fordítani az elszivárgásokra és nagy szükség van a talajvízminőség ellenőrzésére. [tm 101, NL Zn 1998; tm 102, DFIU Zn 1999]. Nagy mértékű a keresztthatás, az inert maradványt adó eljárásokhoz viszonyítva. Az 5.1.5.2 szakaszban leírtaknak megfelelően, a kilúgzási maradványok feldolgozhatóak az IS-, vagy a Waelz-kemencékben.

A kioldási maradványok pirometallurgiai kezelését Koreában is végzik. Ilyen módon fémkioldásnak ellenálló salakot és feldolgozható fém-oxidokat kapnak [tm 41 & 43, Ausmelt 1997], noha a szennyezőtartalom felszaporodása okozhat nehézségeket [Zn Expert response to 1st Draft, 1998]. Egyéb fejlesztések is vannak folyamatban.

#### 5.2.4.2 A pirometallurgiai salakok és maradványok

Az aknaskemencéből, az IS-kemencéből, a közvetlen olvasztásból és a Waelz-kemencéből származó salakok általában nagyon kevés kioldható fémet tartalmaznak. Ezért általában alkalmasak az építőipari felhasználásra [tm 102, DFIU Zn 1999]. A feldolgozott nyersanyagtól függően, a képződő salak a termelt fém tömegének a 10 - 70 %-át teszi ki.

Hulladék akkumulátorok feldolgozása esetén a a termelt ólom 13 - 25 %-ának megfelelő tömegű salak képződik. A tartalmazott fémek kioldhatóságától függően alkalmasok lehetnek építőipari felhasználásokra. A kioldhatóságot az olvasztási lépésben adagolt salakképző pótlékok és a működési körülmények befolyásolják [tm 102, DFIU Zn 1999]. A kén salakban való megkötését szolgáló nátrium-alapú salakképző pótlékok ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) használata megnöveli a kioldható fémek koncentrációját. Az akkumulátor hulladékok feldolgozásából származó

salakok és felzések tartalmazhatnak antimont. Ezt a fémet általában kinyerik, de nedves helyen történő tároláskor stibin gáz emissziója léphet fel.

Számos kioldhatósági vizsgálat létezik az európai gyakorlatban, amelyek országonként eltérőek.

Összetevő	Fém tartalom az oldatban mg/l (a DEVS4 teszt szerint)
Zn	0,02 - 0,1
Pb	0,005 - 0,1
As	0,001 - 0,02
Fe	0,05 - 0,2
Cu	< 0,001 - 0,05
pH	7 - 11

**5.24 táblázat Granulált IS-kemence salak kioldási vizsgálatával kapott oldat jellemzői [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Összetevő	Fém tartalom az oldatban mg/l (a DEVS4 teszt szerint)
Zn	0,05
Pb	0,02
As	0,008
Cr (összes)	0,002
Ni	0,005
Fe	0,5
Cu	0,05
F	1
Cl	5
pH	9,9

**5.25 táblázat A savas Waelz-salak kioldási vizsgálatával kapott oldat jellemzői [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Összetevő	Fém tartalom az oldatban mg/l (a DEVS4 teszt szerint)
As	0,05
Cd	0,001
Cu	0,005
Pb	0,02 - 0,2
FeO	< 0,05

**5.26 táblázat A QSL-salak kioldási vizsgálatával kapott oldat jellemzői [tm 102, DFIU Zn 1999]**

Raffinálási lépés	Melléktermék	Felhasználás/kezelés
Felzékképzés/réztelenítés	Rezes felzék	Továbbfeldolgozás, Cu és Pb kinyerés
Lágyítás (Harris-eljárás, oxigénes lágyítás)	Harris-salak Antimonos salak	Hidrometallurgiai fémkinyerés Pirometallurgiai fémkinyerés
Ezüsttelenítés	Zn/Ag-hab	Nemesfém-kinyerés
Cinktelenítés	Cink fém	Visszajáratás az ezüstitelenítéshez
Bizmuttalanítás	Bizmutos felzék	Bizmut-kinyerés
Alkáli- és alkáliföldfémek eltávolítása	Mg-Ca-oxid felzék	Belső visszajáratás salakképző pótlékként
Utóraffinálás	Nátriumos felzék	Belső visszajáratás

### 5.27 táblázat A nyersólom raffinálásakor keletkező szilárd anyagok

A cink és az ólom olvasztásakor és raffinálásakor keletkező szilárd melléktermékek, felzékek kinyerhető fémeket tartalmaznak.

#### 5.2.4.3 Egyéb anyagok

Az akkumulátorfeldolgozó üzemek gyakran állítanak elő poli-propilént az összetört akkumulátordobozokból. A teljes műanyagtartalom 11 - 20 %-át teheti ki a termelt ólomnak [tm 102, DFIU Zn 1999]. Számos műanyagfeldolgozó üzem létezik amelyeket kifejezetten erre a nyersanyagra terveztek, és ezek poli-propilén granulátumot állítanak elő az autóipar számára. A poli-propilén frakció hatékony mosása és az egyéb műanyag alkotók, mint például az ebonit és a PVC elkülönítése alapvetően fontos az előírásoknak megfelelő termékek gyártására.

A következő táblázatok a különböző eljárásokkal kapott maradványok kezelési lehetőségeit mutatják.

Termelési fázis	Termék/maradvány	Mennyiség kg/t Zn	Felhasználás/kezelés
<i>Kioldás/elektrolízis</i>			
Pörkölés/kénsavgyár	Kénsav	1750	Eladás
	Gőz	2000	Energiatermelés
	Hg-termék	0,3-0,8	Eladás
	Savas iszap	< 0,5	Ellenőrzött letárolás
Kioldás	Semleges kioldási maradvány	500-600	IS-, Waelz-kemencébe, vagy forró savas kioldás
	Gőtít, vagy jarozit	300-650	Ellenőrzött letárolás
	PbAg-dús anyag	40-120	Ag-kinyerés

Termelési fázis	Termék/maradvány	Mennyiség kg/t Zn	Felhasználás/kezelés
	Végmaradvány (ha Pb/Ag mentes)	150	Ellenőrzött letárolás
Oldattisztítás	Kadmium	2-4	Eladás
	Cementált Cu	<10	Eladás
Szennyvíztisztítás	Precipitátum iszap	10*	Letárolás, v. Pb/Zn kohó
<i>IS-kemence</i>			
Zsugorító pörkölés/ kénsavgyár	Savas iszap	0,25	Ellenőrzött letárolás
	Hg-termék	0,15	Eladás/ellenőrzött tárolás
	Szállópor	200	Kadmium-üzembe
	Kénsav	1300	Eladás
Kadmium üzem	Kadmium-karbonát	18	Eladás
	Tallium-szulfát	0,25	Ellenőrzött letárolás
	Kioldási maradvány	180	Zsugorításhoz
IS-kemence	IS-salak	600-900	Eladás, vagy ellenőrzött letárolás
Szennyvízkezelés	Lecsapott iszap	30	A zsugorításhoz
<i>New Jersey desztilláció</i>			
Csurogtatás	Ólom	15***	Pb-raffinálásra, vagy IS-kemencébe
	Keménycink	25-50***	IS kemencébe
As-eltávolítás	Felzék	< 1-5	IS-kemencébe
Távozó gáz kezelése	Szállópor	10	Vissza a zsugorításhoz

**Megjegyzés.** \* Becsült érték, \*\* a minőségtől és az előírásoktól függ. \*\*\* a mennyiség a nyersanyagtól függ

### 5.28 táblázat A cink-előállítási eljárások maradványai [tm 120, TU Aachen 1999]

Termelési fázis	Termék/maradvány	Mennyiség, kg/t Pb	Felhasználás/kezelés
<i>Salakkezelő (kigőzőlő) üzem</i>			
Salakkezelés	Salak	700	Vízálló építőanyag
	Kéneskő	2,5-25	Rézkohóba
	Gőz	2500	Energiahasznosítás
<i>Akkumulátorhulladék feldolgozás - rövid forgódobos kemence</i>			
Akkumulátorok fizikai kezelése	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (CX)	140	Eladás
	Akku. iszap (MA)	500	Primér kohóba
	Polipropilén	70-80	Eladás
	Maradék műanyag	100-130	Letárolás/elégetés



Termelési fázis	Termék/maradvány	Mennyiség, kg/t Pb	Felhasználás/kezelés
Kohósító olvasztás	Salak	150-200	Letárolás
	Szállópor	25-60	Kezelés után Pb-kohó
Raffinálás	Felzék	60-90	Primér kohóba
Hulladékvíz	Csapadék iszap		Visszajáratás a kohóba
<i>Akkumulátorhulladék feldolgozás - aknáskemence</i>			
Adagelőkészítés	Használt sav	100	Külső felhasználás, vagy semlegesítés
Aknáskemence	Fe/Pb-kéneskő	< 150	Primér PbCu-kohónak
	Salak	50	Útépités
	Szállópor	500	Visszajáró salak
Raffinálás	Felzék	80	Eladás fémkinyerésre
<i>Primér ólomkohászati aknáskemence</i>			
Zsugorító berendezés	Szállópor	< 100	Kadmium kioldás után visszajáratás zsugorításhoz
Kénsavgyár	Visszajáró pörkölék	< 3000	A zsugorító berendezéshez
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Kalomel, savas iszap	600	Eladás Eladás/ellenőrzött letárolás
Cd-üzem	CdZn		Eladás
Aknáskemence	Salak	500 + 600 visszajáró	
	Szállópor	< 80	Visszajár a zsugorításhoz
Szennyvíztisztítás	Iszap	3	Részleges visszajáratás a zsugorításhoz

5.29 táblázat Az ólomelőállító eljárások maradványai [tm 120, TU Aachen 1999]

Termelési fázis	Termék/ maradvány	Mennyiség, kg/t Pb	Felhasználás/kezelés
<i>Kivcet-eljárás</i>			
Olvasztómű	Salak	700	Ellenőrzött letárolás
	Szállópor I	110	Visszajáratás az olvasztáshoz
	Szállópor II	100	Zn-kioldáshoz
	Gőz	1300	Energia hasznosítás
Kénsavgyár	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1100	Eladás
	Kalomel	< 0,10	Eladás
	Savas iszap	0,5	Ellenőrzött letárolás
Szennyvíztisztítás	Iszap		
<i>Kaldo eljárás</i>			

Termelési fázis	Termék/ maradvány	Mennyiség, kg/t Pb	Felhasználás/kezelés
TBRC (Kaldo)	Salak	350	Kigőzőlő salakkezeléshez
	Szállópor	160	Visszajár az olvasztáshoz
	Gőz	700	Energiahasznosítás
Kénsavgyár	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	500	Eladás
	Kalomel		
	Savas iszap		
Szennyvíztisztítás	Iszap		
<i>QSL-eljárás</i>			
Olvasztómű	Salak	440	Útépités
	Szállópor	60	Visszajáratás az olvasztáshoz a Cd kioldás után
	Gőz	1300	Energiahasznosítás
Kénsavgyár	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	720	Eladás
	Kalomel	0,02-0,05	Eladás
	Savas iszap	0,5	Visszajáratás az olvasztáshoz
Cd-üzem	CdZn precipitátum	1,1	Eladás
Szennyvíztisztítás	Iszap		Visszajáratás az olvasztáshoz
<i>ISA Smelt/Ausmelt kemence</i>			
Olvasztómű	Primer salak	600	Visszajár az olvasztáshoz *
	Végsalak	275	
	Szállópor	250	Visszajáratás az olvasztáshoz, vagy hidromet. Kioldáshoz
	Felzékek	125	Visszajár az olvasztáshoz *
	ZnO-por	50	Zn-kohóba
	Gőz		Energiahasznosítás
Kénsavgyár	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	350	Eladás
	Savas iszap	< 1	Visszajáratás az olvasztáshoz
	Hg-precipitátum	0,2	Kalomel előállítás
Szállópor oldás	CdZn-precipitátum	1,1	Zn-kohóba
	Ólom maradvány	40	Visszajáratás az olvasztáshoz
Szennyvíztisztítás	Iszap	< 5	Visszajáratás az olvasztáshoz

**Megjegyzés:** Külön kampányok a salakredukcióra

### 5.30 táblázat A közvetlen ólomkohászati eljárások maradványai [tm 120, TU Aachen 1999]

### **5.3 A BAT (legalkalmasabb technológia) meghatározásánál figyelembe vehető eljárások**

Ez a fejezet az emisszió- és maradványcsökkentésre, illetve a teljes energiafogyasztás csökkentésére alkalmas módszereket mutat be, melyek mindegyike működő és elérhető. A jó környezeti jellemzőkkel rendelkező módszereket példák mutatják be. Az adatok az európai iparból és az európai IPPC irodától származnak. A második fejezet általában használatos eljárásai nagy mértékben fedik az itt leírtakat is.

Az egyes helyekre megfelelő eljárások nagy mértékben függenek a feldolgozandó nyersanyagoktól. A dúsítmány, vagy a másodnyersanyagok típusa és változatossága, a tartalmazott fémek fajtája alapvető lehet az eljárás megválasztásában. Néhány eljárásnak egy-egy kiválasztott alapanyaga van, de az európai üzemek nagy része a nyílt piacon vásárolja az alapanyagot és ezért szükséges a rugalmasság fenntartása. Hasonlóképpen, a gázgyűjtő és tisztító rendszerek a helyi, regionális, illetve hosszabb távú környezeti normáknak igyekeznek megfelelni, ezért nehéz az egyes kombinációk jellemzőit összevetni. Azt azonban meg lehet ítélni, hogy egy adott eljárás miként teljesít egy megfelelő és modern gáztisztító rendszerrel.

A piro-, vagy hidrometallurgiai technikák közötti választást a felhasznált nyersanyagok döntik el. Ezek mennyisége, a szennyezők jelenléte, az előállított termék, valamint a visszajáratási és tisztítási műveletek költsége jelenti a fő szempontokat [tm 120 TU Aachen 1999], amelyek egyúttal helyi jellemzők is.

#### **5.3.1 Anagyártás, -mozgatás és előkezelés**

A nyersanyagok közé a dúsítmányok, másodnyersanyagok, salakképző pótlékok és a tüzelőanyagok tartoznak, míg egyéb fontos anyagok a termékek, a kénsav, salakok, iszapok és az eljárási maradványok. Fontos szempontok a a por és a nedves anyag elszívásának megakadályozása, a a por és a folyadékok összegyűjtése és kezelése, valamint az anyagmozgató és adagoló működési jellemzőinek az irányítása. A meghatározó jellemzők az alábbiak:

A dúsítmányok és a salakképzők porzási hajlama miatt zárt tároló, mozgó és kezelő rendszerekre lehet szükség. Néhány törési műveletkor keletkező por megfelelő gyűjtést és leválasztást feltételez. Hasonlóképpen, a granulálási vizet is szükséges lehet ülepíteni, vagy egyéb kezelésnek alávetni a kieresztés előtt.

A dúsítmányokat és a salakképző pótlékokat úgy kell keverni, hogy viszonylag állandó összetételű betétanyag álljon rendelkezésre. Ezért általános gyakorlat a mintavételezés és elemzés, ami alapján az egyes dúsítmányokat elkülönítve lehet tárolni és így egy optimális keveréket lehet előállítani a kohósító olvasztáshoz.

Az adagolandó anyag-keverékeket szalagmérlegeket alkalmazó adagolóbunkerekkel, illetve tömegcsökkenésen alapuló mérőrendszerekkel lehet összeállítani. A végső keveredés és homogenizálódás végbemehet keverőkben, pelletetkészítő, vagy a szállító és mérő rendszerekben. Forró gázos szárítódobok, fluid ágyas, vagy gőzcsöves szárítók is használhatóak. A gőzfűtőcsöves szárítók a folyamat egyéb helyéről esetleg rendelkezésre álló

hulladékhőt hasznosíthatják. A szárító és a kapcsolódó porleválasztó rendszerek az adottságokhoz illesztve alakítandóak ki. A szövetzsákos, vagy kerámiaszűrős rendszerek hatékonyabban távolítják el a port mint az elektrosztatikus porleválasztók.

A folyamatban termelt savat kettős falú, vagy saválló térben elhelyezett tartályokban lehet tárolni. A kénsavgyári savas iszap és a gázmosókból származó gyenge sav kezelése a helyi feldolgozási és deponálási előírások szerint történik, hacsak nincs közvetlen felhasználás.

A külső hasznosításra szánt iszapok és más fémtartalmú maradványok hordókban, vagy az anyagtól függő más módokon tárolhatóak. A telephelyen letárolandó iszapokat cink- és egyéb fémeiktől mentesre kell mosni és a víztartalmat a lehetséges legnagyobb mértékben el kell távolítani. A tárolótereknek az anyagot teljsen meg kell tartani, szivárgástól mentesen, amit a helyi ellenőrzésnek és szabályozásnak kell alávetni. Az iszapterekről származó vizek visszajárthatóak a folyamatba.

Számos különböző fajta másodnyersanyagot használnak fel a szekundér réz-előállításra, amelyek a finom portól a nagy méretű egyedi darabokig terjednek. A fémtartalom változik az anyagok típusa szerint, mint ahogyan változik az egyéb fémek és szennyezők koncentrációja is. A hulladékakkumulátorok gyakori forrásai az ólomnak és savat is tartalmazhatnak. Ezért a tárolás és a mozgatás során a savtartalomra és az esetleg képződő savködre is tekintettel kell lenni. A nikkel-kadmium akkumulátorok általában szárazak, de egyéb akkumulátorok is lehetnek jelen, amelyekből sav ömölhet ki. A tárolásra, mozgatására és előkezelésére használt technikák a szemcsmérettől és a szennyezőtartalomtól függenek. A következők vonatkoznak az itt tárgyalt fémekre:

- A nyersanyagok tárolása a fent leírt anyagok természetétől függ. A finom porokat zárt épületekben, vagy elszigetelt csomagolásban tárolják. Az oldható komponenseket is tartalmazó másodnyersanyagokat fedél alatt tárolják. A nem poros és nem oldódó anyagok (kivéve akkumulátorok) tárolhatóak nyílt-téri halmokban és a nagy darabokat önállóan a szabadban.
- Előkezelő lépések is gyakran használatosak a zsugorítmány előállítására, vagy a burkolatok eltávolítására és az egyéb fémek eltávolítására. Az őrlő eljárásokat jó porgyűjtéssel és -leválasztással kötik össze. A keletkező finom porból egyéb fémek nyerhetőek ki. Pneumatikus, vagy egyéb sűrűség szerinti elválasztó technikák is alkalmazhatóak.
- A finom porokat az emisszió elkerülésével kell tárolni és kezelni. Ezeket gyakran keverik és agglomerálják, hogy a kemencéhez állandósított anyagot adagolhassanak.

Nyersanyag	Tárolás	Mozgatás	Előkezelés	Megjegyzés
<i>Primér nyersanyagok</i>				
Szén/koksz	Fedett tér/siló	Fedett sz.szalag (ha nem poros)/pneumatikus		
Olajok	Tartályok/hordók	Csővezeték/kézi		
Salakképzők	Zárt (siló) térben	Zárt száll.szalag porgyűjtéssel / pneumatikus	Keverés dúsítmánnyal / egyébbel	
Dúsítmány	Zárt helyen (ha porzik)	Zártan, porgyűjtéssel / pneumatikus	Szállítószalagos keverés, szárítás	
<i>Másodnyersanyagok</i>				
Finom por	Zártan, vagy hordókban	Zárt száll.szalag, / pneumatikus		Ívkemence-por
Durva por (nyersanyag, granulált salak)	Fedett tér	Mechanikus adagoló	Olaj eltávolítás, ha szükséges	Olajgyűjtés, ha szükséges
Darabos (nyersanyag, salak)	Nyitott	Mechanikus adagoló		Olajgyűjtés, ha szükséges
Egész darabok	Nyitott/fedett			Olajgyűjtés, ha szükséges
Akkumulátorok - savas Pb	Fedett tároló	Gépi adagoló és szállítószalag	Törés, vagy egészben beadás	Savgyűjtés. Újrahasznosítás.
- Ni/Cd	Zárt hordók, vagy konténerek	Gépi adagoló és szállítószalag	Műanyag eltáv. és pirolízis	Fe és Ni elválasztása
<i>Termékek és maradványok</i>				
Savak: - Hulladéksav -termelt sav	Saválló tartályok Saválló tartályok		Felhasználás a folyamatban, ill. semlegesítés	
Termékek - Katódok, tömbök - Por	Fedett, beton-terület. Hordók, zsákok.	Gépi mozgatás		
Technológiai maradványok fémkinyerésre	Fedett, vagy zárt (porzástól függően)	Körülményektől függő		Megfelelő csatornázás Az Sb és az As hidrolizálhat
Deponált hulladék (pl. kemencebélés)	Nyitott, fedett, vagy zárt tér, vagy zárt hordók	Körülményektől függő		Megfelelő csatornázás

### 5.31 táblázat Tárolási, mozgatási és előkezelési módszerek az ólom, cink és a kadmium technológiai anyagaira

Néhány kohósító olvasztáshoz a dúsítmányokat zsugorítással készítik elő. Használhatóak alulról átfűvös, vagy átszivós berendezések. A gázok és a gőzök gyűjtése fontos, és az alulról átfűvös megoldás kedvezőbb a fémgőzök gyűjtésére. A gázok kén-dioxidot tartalmaznak, amelynek kinyerését a gáz további áramlásába kell beiktatni. Általában alacsony és változó a kén-dioxid koncentrációja, ami befolyásolja a kénsavgyár kialakítását.

A cink-dúsítmányokata pörkölik a hidrometallurgiai feldolgozás előtt. Szinte mindenhol a fluid ágyas pörkölö-berendezést alkalmazzák, amelyeket jó anyagkihordó és leválasztó rendszerekkel kell kapcsolni. A gázokat egy integrált tisztító és kén-dioxid kinyerő rendszerben kell kezelni.

### 5.3.2 Primér ólomkohászati eljárások

A figyelembevehető ólomkohászati eljárások a következők [tm 120 TU Aachen 1999]:

- Kevert ólom-cink dúsítmányokra zsugorító pörkölés után - az Imperial Smelting (IS) - kemence amelyhez egy olvadékkeverős kondenzátor, valamint a cink és a kadmium elválasztására és tisztítására a New Jersey desztilláló oszlop tartozik. A zsugorítási lépésnek jó gázgyűjtéssel kell rendelkeznie.
- Ólomdúsítmányokra és néhány fajta másodnyersanyagra (zsugorító) pörkölés után aknáskemence, vagy elektromos kemence. A közvetlen olvasztási eljárások, amelyek használhatják a Kaldo, ISA Smelt/Ausmelt, QSL, vagy a Kivcet eljárásokat.
- Kevert réz-, és ólomdúsítmányokra - fluidizáló pörkölést követő elektromos kemencés olvasztás.

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
Aknáskemence 110000 t Pb/a	Félig zárt	Megbízható működés	Régi technológia új folyamat-irányítással	Kettős harangzár az adagolásnál, illetve hideg torok
IS-kemence 100000 t Zn/a 40000 t Pb/a	Zárt	Megbízható működés	Régi technológia új folyamat-irányítással	Kettős harangzár az adagolásnál
ISA Smelt/Ausmelt 90000 t/a Pb	Zárt, vagy félig zárt	Primer/szekunder nyersanyagok	A salakredukciós lépés még nem működik	Sok SO <sub>2</sub> a gázban, Cu/Pb kevert anyag
QSL 90000 t/a Pb	Zárt	Primer/szekunder nyersanyagok, megbízható	Gyakori fűvóka csere	Energiahasznosítás, Sok SO <sub>2</sub> a gázban
Kivcet 90000 t/a Pb	Zárt	Primer/szekunder nyersanyagok, megbízhatóság	Nagy ólomtartalmú salak	Energiahasznosítás, Sok SO <sub>2</sub> a gázban

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
		nem ismert		
Kaldo 65000 t/a Pb	Bezárt	Primer/szekunder nyersanyagok	Költséges	Cu/Pb kevert anyag

### 5.32 táblázat A primér ólomkohók áttekintése

A primer kohósítás esetén a gázkezelés a por és az illant fémek eltávolításából, valamint ezt követően, a kén-dioxid kinyeréséből áll. Ezt általában egy kétszeres érintkeztetésű eljárással történő kénsavgyártással érik el, legalább négy átvezetési ütemet alkalmazva, céziummal dópolt katalizátorral. A SO<sub>2</sub> egy részét folyékony kén-dioxidra is fel lehet dolgozni, a maradék részt kénsavvá alakítva. Az egyszeres érintkeztetésű üzem, vagy a WSA-eljárás használata lehetséges kevés kén-dioxidot tartalmazó gázok esetében.

A kemencéből távozó füstgázt (hőhasznosítás mellett) lehűtik és a kén-dioxid átalakítás előtt tisztítják. A hűtők és a forró elektrosztatikus porleválasztók, illetve a gázmosók és a nedves elektrosztatikus porleválasztók kombinációit alkalmazzák. A higany eltávolítására az ismert módszereket alkalmazzák.

A zsugorító pörkölésre az acélostély-szalagon történő átfűvéssel, illetve a teljesen fedett, átszívással működő módszerek alkalmazhatóak. Ennek az eljárásnak több előnye lehet számos fém esetében, és minimalizálja a gáztérfogatókat, csökkentheti az illanó veszteséget és hőhasznosítást is eredményezhet.

### 5.3.3 Szekunder ólomkohók

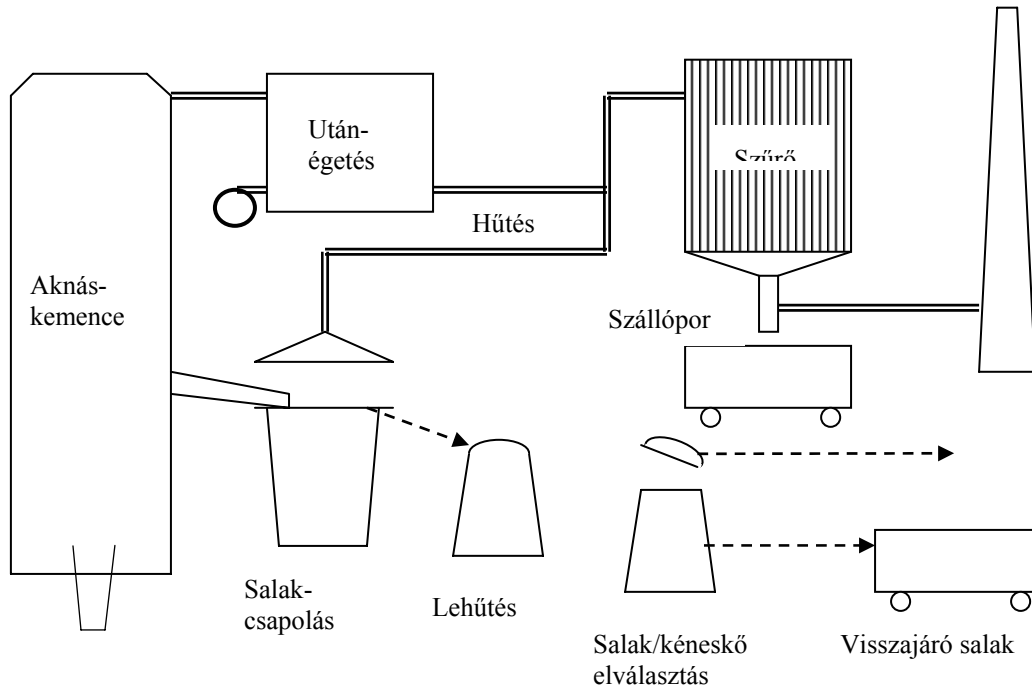
A másodnyersanyagok változatossága, a fémtartalom különbözősége és a szennyezők koncentrációja különböző szekunder kohók kialakításához vezetett. Az aknáskemence, az ISA Smelt kemence, a TBRC, az elektromos kemence és a forgódobos kemence erősen különböző anyagokat is feldolgozhat [tm 120 TU Aachen 1999]. Ezeket a kemencéket figyelembe kell venni a legalkalmasabb technika kiválasztásánál.

A szekunder kohókból távozó gázok a nyersanyag eredetétől függően, tartalmaznak valamennyi kén-dioxidot. Különösképpen az akkumulátoriszap kéntelenítése lehet szükséges, hacsak nem primér kohóba adagolják, illetve a kenet egy ólom/vas kéneskőben, vagy nátrium-alapú és egyéb hasonló hatású pótlékanyagok adagolásával a salakban is meg lehet kötni. Ha nincs kén-megkötés, akkor egy gázmosó-rendszer alkalmazása lehet szükséges. A gázok jelentős mennyiségben tartalmazhatják az illékonyabb fémeket, mint például az antimont. Kadmiumot, stb. A szekunder kohó gázkezelő rendszere hűtést (hőhasznosítás mellett) durva szemcse leválasztást és zsákos szűrést tartalmaz. A kemencegázok összetételétől (pl. illékony szerves, dioxin) függően szükség lehet a kén-dioxid eltávolítására és utánégetésre. Az összegyűjtött porokat visszajaratják a fémtartalom kinyerésére.

Több esetben lehet a szervesanyag-tartalom (ideértve a dioxinokat is) jelentős. Például az ívkemencés szállópornak nagy a dioxin-tartalma, és az egész akkumulátorok feldolgozása jelentős mennyiségű szerves karbon és klórozott műanyag bevitelével jár. Ezekben az esetekben utánégetésre, aktívszenes adszorpcióra és nagy hatásfokú porleválasztásra lehet szükség.

5.01 PÉLDA: UTÁNÉGETÉS HASZNÁLATA

Leírás: Utánégetés, hűtő rendszer és szövetsákos szűrő használata az illó szerves és fém, valamint a portartalom eltávolítására a kemencegázokból. A példa egy savas ólomakkumulátorfeldolgozó üzemre vonatkozik, ahol a műanyagtartalom pirolízises termékeit használják az utánégetés tüzelőanyagaként. A gázkezelőrendszer utánégetést alkalmaz az illó szervesanyagok roncsolására.



5.10 ábra Egész akkumulátorok feldolgozásakor alkalmazott utánégetési rendszer

**Fő környezetvédelmi előnyök:** A gázok illó szerves tartalmának roncsolása és energiahasznosítás. A szállópor és az illó fémek eltávolítása után a kiszűrt por visszajáratható a kemencébe.

Működési jellemzők:

A távozó gázban (65000 m <sup>3</sup> /h) előforduló anyag	Érték
Por [mg/Nm <sup>3</sup> ]	<1,0
Ólom [mg/Nm <sup>3</sup> ]	< 0,5



A távozó gázban (65000 m <sup>3</sup> /h) előforduló anyag	Érték
Kadmium [mg/Nm <sup>3</sup> ]	< 0,05
Összes karbon	< 10
Kén-dioxid [mg/Nm <sup>3</sup> ]	< 500
Nitrogén-oxid (NO <sub>x</sub> mint NO <sub>2</sub> ) [mg/Nm <sup>3</sup> ]	< 50
Szén-monoxid	< 50
Hidrogén-klorid (HCl) [mg/Nm <sup>3</sup> ]	< 5
Hidrogén-fluorid (HF) [mg/Nm <sup>3</sup> ]	< 0,5
PCDD/PCDF (ΣTE, NATO) [ng-TE/Nm <sup>3</sup> ]	< 0,1

### 5.33 táblázat Az utánégetés működési jellemzői

A távozó gáz mennyisége eléri a 65000 Nm<sup>3</sup>/h értéket. A por, szén-monoxid és kén-dioxid emissziót folyamatosan figyelik. A füstcsatornába kalcium-hidroxid pótlékanyagot lehet bejuttatni a kén-dioxid emisszió csúcsainak elkerülésére. A szövetszakos szűrővel leválasztott porban az ólomtartalom elérheti a 65%-ot és betétanyagként visszajártható az olvasztáshoz a klór eltávolítása után. Ilyen céllal a szűrőből kapott port egy külső hidrometallurgiai eljárásban kezelik, ahol ólom-karbonátot állítanak elő. Az ólom-karbonát pedig visszajártható az aknáskemence nyersanyagai között.

**Kereszthatások:** Pozitív hatás az emisszió csökkentése, A szerves tartalom felhasználása fűtőanyagként. Lehetséges negatív hatás a műanyagok vesztesége és a pótlandó energia költsége.

**Gazdaságosság:** Számos üzem működik fenntarthatóan.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb nagy szerves-tartalmú kemencénél.

**Példaüzemek:** Németország, Belgium és Svédország.

**Referencia irodalom:** [tm 102, DFIU Zn 1999, tm 120, TU Aachen 1999]

A következő táblázat a szekunder olvasztókemencék előnyeit és hátrányait foglalja össze különböző anyagok eseteire.

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
Forgódobos kemence	Működés alatt zárt. Adagolás elszívóernyő alatt	Stabil, megbízható, kiforrott	Nyersanyagok fajtái. Illanó veszteség lehet	Integrált adagoló/csapoló zóna. O <sub>2</sub> -dúsítás
Ausmelt/IS A Smelt	Integrált ernyők, zárt adagoló-rendszer	Nagy olvasztási teljesítmény. Sok fajta nyersanyag	Még fejlesztés alatt	Oxigéndúsítás
Aknás-kemence	Zárt (kettős harang, vagy ajtó)	Megbízható. Sok fajta nyersanyag	Fejlesztendő irányítórendszer	Szerves és CO utánégetés
Elektromos kemence	Zárt	Kis gáztérfogat	Nyersanyag korlátok	Szerves és CO utánégetés
TBRC	Teljes gázgyűjtés	Kis helyigény, nagy teljesítmény, gyors reakciók	Költséges	Oxigéndúsítás

**Megjegyzés.** A gáztisztító rendszereknek minden esetben figyelembe kell venni a nyersanyagokat és az előkezelésüket. Ettől függően, utánégetést, kén-dioxid eltávolítást, gázhűtést és porleválasztást (szövetzsákos szűrést) alkalmaznak különböző kombinációkban.

### 5.34 táblázat A szekunder olvasztókemencék áttekintése

A fő eljárástípusok jellemzésére az akkumulátorfeldolgozó módszereket vetették össze. Az akkumulátorházból történő polipropilén-kinyerés és a műanyagtartalom tüzelőanyagként való hasznosítása között egyensúlyt kell tartani. Alapvetően, az akkumulátorház energiatartalmát kell összehasonlítani a műanyagelőállítás és -formázás energiaigényével. Léteznek helyi hatások, mint például egy helyi forrása a polietilénnek és egyéb műanyagoknak, valamint a sav és a hőenergia helyi hasznosíthatósága, továbbá, léteznek hosszútávú hatások, mint például a kén-dioxid lehetséges hatása. Ezeket a tényezőket üzemenként kell vizsgálni.

A másik helyi szinten meghatározott tényező az akkumulátor az akkumulátoriszap kéntelenítése, a kén megköthetősége Pb/Fe-kéneskőben vagy a salakban, illetve a az akkumulátoriszap más egységben történő kohósításának lehetősége. A nátriumalapú pótlékanyagok felhasználásával képzett fehérsalakok esetleg nem alkalmasak a helyi elhelyezésre. Más pótlékok is léteznek a kén megkötésére a salakban, amelyekkel elkerülhetőek az oldható komponensek, de egyelőre nem ismeretesek a részletek.

### 5.3.4 Salakkezelés

A korábban tárgyalt kigőzöléses salakkezelést és a salakredukció lépését, mint ismert módszereket, a legalkalmasabb technikák meghatározásánál figyelembe kell venni. Az adott nyersanyagok befolyásolják a az eljárás megválasztását.

### 5.3.5 Az ólom raffinálása

A korábban tárgyalt módszerek mindegyike figyelembe vehető a legalkalmasabb technika meghatározásánál. Az egyéb fémek koncentrációja határozza meg az eljárás végső megválasztását. A raffináló üstök nem alkalmasak a szerves szennyezőket is tartalmazó ólomhulladék olvasztására.

### 5.3.6 Primer cink

A kevert ólom-cink dúsítmányok feldolgozására használt IS-kemencéhez csatoltan a New Jersey Desztillációs oszlop vehető figyelembe a primer cink pirometallurgiai előállítására.

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
Elektrolízises Zn-kinyerés. 105000-235000 t/a Zn.	Zárt pörkölő-berendezés	Bevált működés	Vasas maradvány	

Kemence	Gázgyűjtés	Előnyök	Hátrányok	Megjegyzés
IS-kemence 100000 t/a Zn, 40000 t/a Pb	Zárt	Megbízható működés		LCV gáz felhasználása
New Jersey Desztillációs Oszlop, 20000- 100000 t/a Zn	Zárt	IS-kemencével együtt termel, Bevált működés	Eltömődési nehézségek	Folyamat- szabályozás és rezgésellenőrzés szükséges

### 5.35 táblázat Primer cinkkohók áttekintése

A hidrometallurgiai eljárások nagyon nagy jelentőségűek a cink előállításában. A korábban tárgyalt eljárások mindegyikét figyelembe kell venni a legalkalmasabb technika meghatározásánál [tm 120 TU Aachen 1999]. Az adott nyersanyagok befolyásolják a az eljárás megválasztását. Ahogy arról már esett szó, a götites eljárás kis vastartalmú pörköléket igényel a precipitációhoz, míg a jározitos eljárás jó cinkkihozataalt képes biztosítani még nagy (max. 10%) vastartalmak esetében is [tm 139, Finland Zn 1999]. Mindkét esetben hatékonyan kell kimosni a vasas csapadékot.

Mivel a hidrometallurgiai eljárások kioldó és elektrolitos kinyerő lépéseket tartalmaznak, a kioldási maradvány és a kivezetett elektrolit megfelelő elhelyezéséről kell gondoskodni. Az aeroszok kibocsátásának megakadályozására a reaktorokat és a szűrőket megfelelő mosókkal és ködcsapdákkal kell összekötni. Lehetőség esetén a jározit, vagy götit maradvány anyagok inertállapotba hozását biztosító módszereket is alkalmazni kell.

#### 5.3.6.1 Kémiai tisztítás

A korábban tárgyalt módszerek mindegyike figyelembe vehető a legalkalmasabb technika meghatározásánál. Az adott nyersanyagok befolyásolják a az eljárás megválasztását. A kémiai tisztító lépésekből származó gázok mosásánál oxidálószer, mint például kálium-permanganátot, alkalmazva gondoskodni kell az arzin és a stibin gázok eltávolításáról.

#### 5.3.6.2 Kinyerő elektrolízis

A figyelembe vehető elektrolízises módszer optimális kádméretet (elektródtávolság, kádák száma, stb.) és alumínium katód-alaplemezeket használ. A termelés szintjétől függően gépesített (és automatikus) katód-kiszedést és -lefejtést, valamint kifinomultabb zárlat-ellenőrzést lehet érdemes alkalmazni.

A kinyerő elektrolízis során gáz szabadul fel az anódon, amely savkődöt képez. Ezt össze kell gyűjteni és el kell távolítani, majd a ködöt vissza kell járatni a folyamathoz. Az összegyűjtött gázok mosása meggátolja a köd újrahaznosítását és vízszennyezést okoz. A ködképződés csökkentésére a kádak lefedése is alkalmazható. Erre a célra szerves-, vagy műanyag gyöngyöket lehet használni.

### 5.02 PÉLDA: AZ ELEKTROLITKÖD GYŰJTÉSE ÉS KEZELÉSE

**Leírás:** Az elektrolízis gázainak és a csarnok szellőztetett levegőjének a köd leválasztását biztosító gyűjtése.

**Fő környezetvédelmi előnyök:** A savköd eltávolítása, ami más esetben a helyi környezetbe kikerülne. A munkahelyi körülmények javulása.

**Működési jellemzők:** Nincs adat. Szubjektív összehasonlítás szerint, a módosítások bevezetése jelentősen javítja az üzemen belüli és kívüli körülményeket.

**Kereszthatások:** Pozitív hatás a folyamatba visszajártható sav kinyerése. További tényező a ventillátorok energiaigénye.

**Gazdaságosság:** Nincs értékelve, de számos helyen megfelelően üzemel.

**Alkalmazhatóság:** Minden elektrolízises kinyerési eljárás.

**Példaüzemek:** Spanyolország.

**Referencia irodalom:** [tm 106, Farell 1998]

Az elektrolitot hűteni, és a hőt hasznosítani kell. A hűtőlevegő ködtartalmát el kell távolítani. Az irányító, ködgyűjtő és a savas gáz eltávolító rendszerek alkalmazhatóak új és meglévő üzemek esetében is. További lehetőségek a zárt csatornarendszer kiépítése az elektrolízisüzemben, valamint a kivezetett elektrolit hasznosítása.

### 5.3.7 Szekunder cink

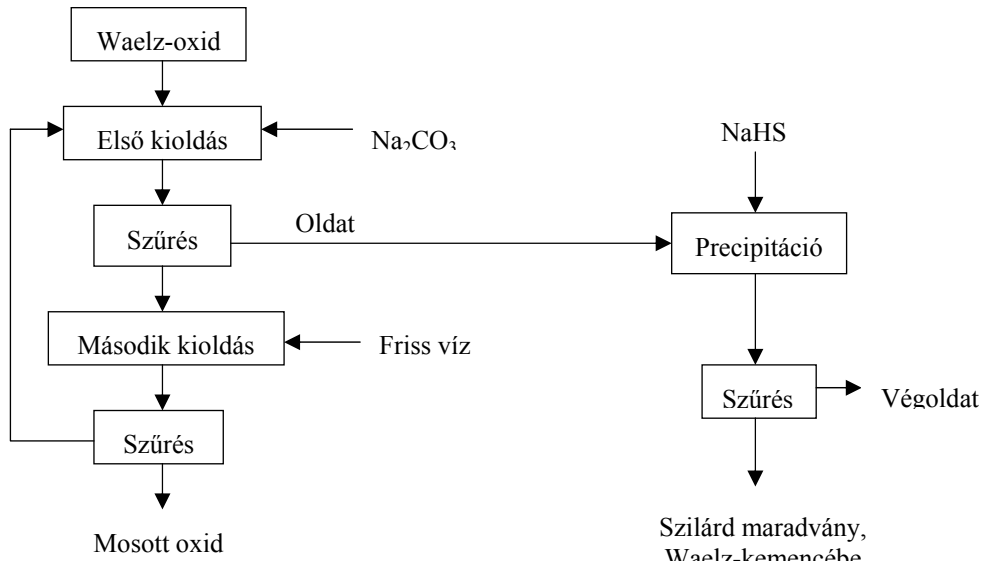
A korábban tárgyalt módszerek mindegyike figyelembe vehető a legalkalmasabb technika meghatározásánál. Az adott nyersanyagok befolyásolják a az eljárás megválasztását.

#### 5.3.7.1 Waelz-kemencék és salak-kigőzölő kemencék

A korábban tárgyalt módszerek mindegyike figyelembe vehető a legalkalmasabb technika meghatározásánál.

5.03 PÉLDA: A WAELZ-OXID MOSÁSA

Leírás: A klorid-, fluorid-, nátrium-, kálium- és kéntartalom eltávolítása érdekében a Waelz-oxidot lehet két lépésben is mosni, először nátrium-karbonátot, majd tiszta vizet használva. A tisztított terméket szárítják és a cink hidrometallurgiában használják fel nyersanyagként.



5.11 ábra A Waelz-oxid mosási folyamata

Fő környezeti előnyök: Összességében pozitív. A szennyezők megkötése a kemence salakjában, vagy az oldatkezelés iszapjában. Egyéb szempont, az eljárás energiaköltsége.

Működési adatok:

Alkotó	Nyers Waelz-oxid	Mosott Waelz-oxid
Zn %	55 - 60	60 - 68
Pb %	7 - 10	8 - 11
S %	0,5 - 1	< 0,15
F %	0,2 - 0,5	< 0,15
Cl %	4 - 8	< 0,15
K <sub>2</sub> O %	1 - 3	< 0,15

5.36 táblázat A mosás hatása

Alkotó	Hulladékvíz, NaHS-kezelés után
Zn mg/l	0,1 - 0,2
Pb mg/l	0,05 - 0,15
Cd mg/l	0,01 - 0,15

### 5.37 táblázat Hulladékvíz a mosási eljárásból

**Kereszthatások:** Pozitív, amennyiben leegyszerűsíti a Waelz-oxid felhasználását a kioldás/elektrolízis hidrometallurgiai eljárásban.

**Gazdaságosság:** Nincs elemezve, de az eljárást használják és gazdaságosan működik.

**Alkalmazhatóság:** A legtöbb Waelz-kemence.

**Példaüzemek:** Spanyolország, Németország.

**Referencia irodalom:** [tm 95, Borja Garcia-Egocheaga 1998]

Az általában használatos módszereket, különösképpen a dioxinok képződését gátló és azokat roncsoló technikákat is figyelembe kell venni. A Waelz-oxid mosás eljárásai és technikai alkalmazhatóak új és meglévő üzemek esetében is.

### 5.3.8 Kadmium és egyéb fémek

A korábban tárgyalt módszerek mindegyike figyelembe vehető a legalkalmasabb technika meghatározásánál. Az adott nyersanyagok befolyásolják a az eljárás megválasztását. A Ga és a Ge, stb. előállítását szolgáló oldószeres extrakciós eljárások során illó szerves vegyületek és szaganyagok is jelen lehetnek.

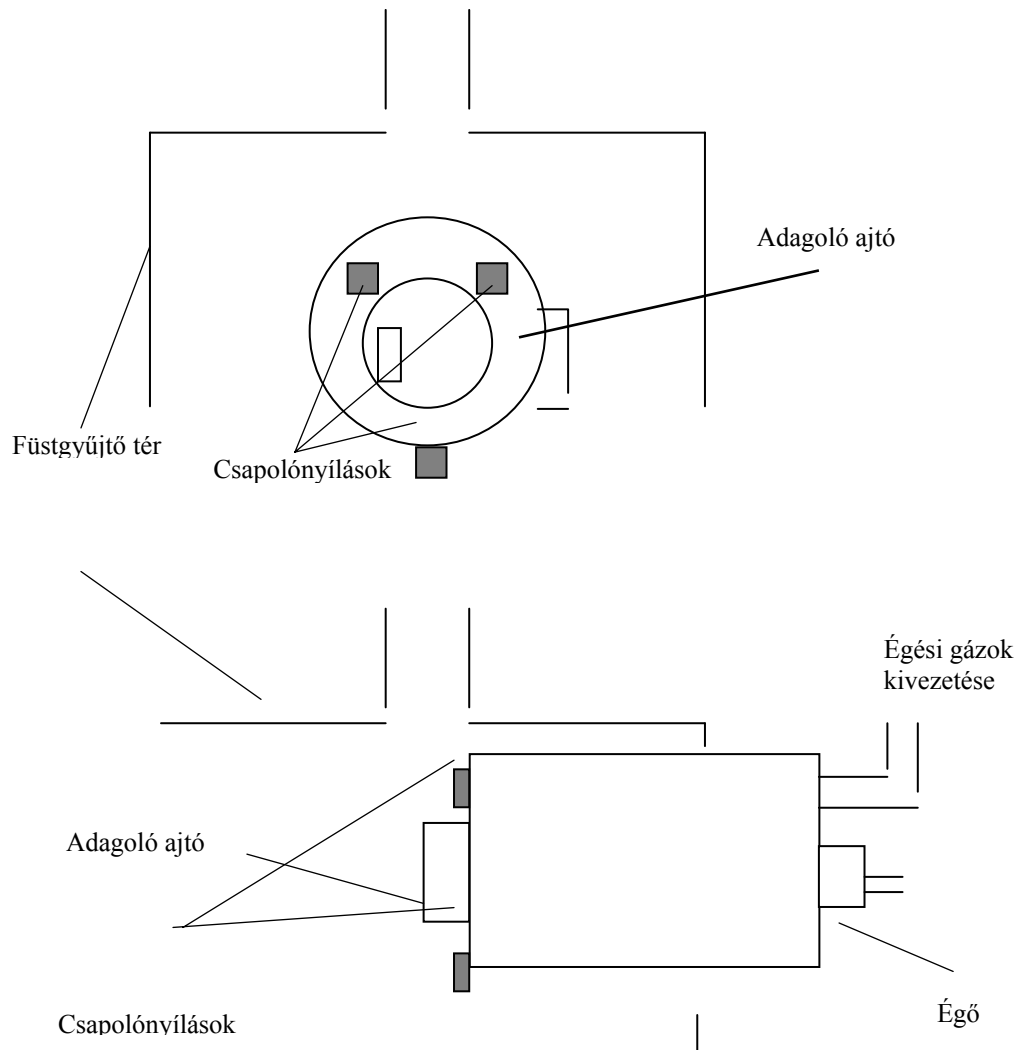
### 5.3.9 Füst/gáz-gyűjtés és tisztítás

Az SO<sub>2</sub>, az illó szerves vegyületek, a dioxinok és a por eltávolítására alkalmas általános technikákat kell figyelembe venni az ide tartozó fémek előállítására használt különböző eljárási lépések esetére. A másodlagos gázgyűjtő kámzsák használatát is meg kell fontolni. A kámzsarendszer tervezésénél figyelembe kell venni az adagolás és más kemence-műveletek számára igényelt hozzáférést, valamint a gázok keletkezésének a folyamat során történő változásait. Ez egy intelligens irányítórendszerrel valósítható meg, amely automatikusan célozza meg a folyamat során keletkező gázokat a képződésüknek megfelelően, elkerülve a folyamatos működtetés nagy energiaigényét.

Szintén lehet alkalmazni kámzsákat a csapolásnál és az öntésnél. A csapolásnál felszabaduló füst főleg az olvasztási folyamatokban szereplő fémeket fogja tartalmazni. A kámzsarendszer

tervezésénél figyelembe kell venni az adagolás és más kemence-műveletek számára igényelt hozzáférést, valamint a gázok keletkezésének a folyamat során történő változásait.

5.04 PÉLDA: FÜSTGYŰJTÉS



5.12 ábra Közös füstgyűjtés

A kemencebélés kopása azt eredményezheti, hogy az ajtó- és csapolónyílások nem lesznek alkalmasak a fém teljes mennyiségének a lecsapolására.

**Fő környezeti előnyök:** Egyszerűbb füstgyűjtés egy pontban.

**Működési adatok:** Nem érhetőek el.

**Kereszthatások:** Pozitív hatás. Jó gyűjtési hatékonyság kisebb energiafelhasználás mellett.

**Gazdaságosság:** Kis költségű módosítás. Több példa van a működőképes megvalósításra.

**Alkalmazhatóság:** Minden forgódobos kemence.

**Példaüzemek:** Franciaország, Egyesült Királyság, Németország.

**Referencia irodalom:** [tm 106, Farell, 1998; tm 120, TU Aachen 1999]

Több - korábban már említett - kérdés vonatkozik az egyes üzemekre. Az ebben a fejezetben tárgyalt eljárási technikák, a megfelelő gáztisztítással kombinálva, képesek a szigorú környezetvédelmi előírásoknak megfelelni.

<b>Alkalmazott reagens</b>	<b>Gázalkotó</b>	<b>Kezelési módszer</b>
Oldószerek, Illó szerves (az In, Ga, stb. esetében)	Illó szerves	Kondenzáció. Aktívszén, bio-szűrő
Klór, HCl (az In, Ga, stb. esetében)	Cl <sub>2</sub>	Gyűjtés. Lúgos mosó rendszer
Salétromsav (az In, Ga, stb. esetében)	NO <sub>x</sub>	Oxidálás, abszorbeálás, visszanyerés, gázmosó rendszer
Ammónia (az In, Ga, stb. esetében)	NH <sub>3</sub>	Visszanyerés, gázmosó rendszer
Antimon- és arzén-oxidok	Stibin, vagy arzin	Oxidálás és abszorbeálás, gázmosó rendszer

### 5.38 táblázat A gáz-komponensek kémiai kezelése

#### 5.3.10 Kénsavgyárok

A pörkölés, zsugorítás és a kohósítás folyamán termelt kén-dioxidnak súlyos környezeti hatása lehet, és a gázokból vagy egy kénsavgyárban, vagy pedig kén-dioxid alakú kinyerésével távolítják el. A kén-dioxid eltávolítására általában használt eljárásokat a kohászati folyamatokban képződött gáz kén-dioxid koncentrációjával összefüggésben kell megítélni. Az alkalmazott eljárás függ a folyékony kén-dioxid iránti helyi kereslettől is, így általában kénsavvá alakítás a jellemző. Számos tényező befolyásolja a kénsavgyártást, amelyek között több függ össze a tárgyalt fémek előállításával. Mindezeket figyelembe kell venni a legalkalmasabb technika meghatározásánál.

Néhány közvetlen kohónál alkalmazott oxigéndúsítás nagy kén-dioxid tartalmakat eredményez. Noha ezt utólag - a konverzió igénye szerint - 14 % alá hígítják, a gáztérfogat csökkenése jelentős megtakarításokat tesz lehetővé a gázvezetékek, a fűvő berendezések és a tisztítóegységek méretén keresztül. A nagy gázkoncentrációval együttjáró további hatás a hőtartalom hasznosítás, különösen az erősen exoterm katalitikus lépések után. A gáz utólagos hígítása elegendő oxigén jelenlétét is biztosítja a katalitikus lépéshez.



A kén-dioxid tartalmat befolyásoló egyéb tényező az egyes pörkölő üzemekből származó gázok változó kén-dioxid koncentrációja. A változó SO<sub>2</sub>-koncentrációt a kénsavgyár tervezésekor figyelembe kell venni a gázmosó és a hőcserélő lépéseknél, valamint a katalizátor megválasztásánál. Egyre több katalizátor áll rendelkezésre és a cézium-oxiddal dópolt anyagok javíthatják a működési jellemzőket. Híg gázok esetében pótlólagos hőt kell biztosítani a katalízises lépéseknél szükséges hőmérséklet biztosítására.

Egy metallurgiai kénsavgyár működési jellemzőit a gáztisztítási fázis jellemzői is befolyásolják. Ha a tisztítórendszer nem elég hatékonyan távolítja el a bejövő gáz szennyezőit, a kontakt lépés jellemzői romlanak. Noha a nedves gáztisztító rendszerek kialakítása erősen különbözhet, a következő feltételek közösek:

- A szilárd szennyezőket olyan mértékben el kell távolítani, hogy a végső gázminőség 1 mg por/Nm<sup>3</sup> (optikailag tiszta) értéket biztosítson.
- A gáz kén-trioxid tartalmát 15 - 25 mg/Nm<sup>3</sup> szintre kell lecsökkenteni.
- A torony alsó szintjének béléanyagában és a katalizátorban keletkező károsodás elkerülésére a kloridokat és fluoridokat el kell távolítani.
- A gázt a kénsavgyár vízegyensúlyának megfelelő hőmérsékletre kell lehűteni. A hőmérséklet függ a gáz SO<sub>2</sub>-tartalmától és a termelt sav töménységétől. Egy 4- 6 % SO<sub>2</sub> tartalmú gázt 30 °C alá kell hűteni, míg a jóval 10 % feletti SO<sub>2</sub> tartalmú gáz 35 - 40 °C-os hőmérsékleteket is elviselhet 98,5% töménységű sav előállításakor.

A kén-dioxidnak kén-trioxiddá történő átalakítási hatásfokára általában 98,5 -99,8% értéket közölnek a különböző eljárásokból származó gázok esetében. Azonban számos tényező befolyásolhatja a konverziós hatásfokot, amelyeket helyi szinten kell figyelembe venni. Ezek a tényezők a következők:

- A beérkező gáz tisztasága, a katalizátor mérgezésének elkerülése.
- A beérkező gáz koncentrációja és állandósága. A nagyobb töménységű és állandóbb SO<sub>2</sub>-tartalmú gázok nagyobb konverziós hatásfokokat engednek meg elérni. Ez részben az állandóbb érintkeztetés közbeni gázhűtésnek köszönhető.
- A katalizátor fajtája. A cézium-oxiddal dópolt katalizátorok általában nagyobb konverziós hatásfokokat biztosítanak, feltéve, hogy az egyéb tényezőket megfelelően szabályozzák a katalizátormérgezés elkerülésére. A rendszeres katalizátorcserék javíthatják a katalizátor működését a karbantartások alkalmával, de a teljes hatékonyság érdekében az egyéb területeken is javulásokat kell elérni.
- Helyes beérkező gáz hőmérséklet, oxigéntartalom és víz-egyensúly (lásd fentebb).
- A gáz jellemzőinek, elsősorban a hőmérsékletének, hatékony megválasztásaa katalizátoros érintkeztetések között.

A konverziós értékek ezért változnak az időben, és az állandóként megadott értékek félrevezethetőek lehetnek, azonban a következő példák a különböző beérkező gázokat feldolgozó jól kialakított üzemekben elérhető jellemzőket szemléltetik.

### 5.05 PÉLDA: NEDVES GÁZOS KÉNSAVGYÁRTÁSI ELJÁRÁS (WSA) ALACSONY SO<sub>2</sub>-TARTALMÚ GÁZOKRA

Leírás: Az eljárás jól alkalmazható a kis SO<sub>2</sub>-tartalmú gázok kezelésére. Az SO<sub>2</sub>-tartalomnak akár 99,3%-a is konvertálható katalitikusan SO<sub>3</sub>-dá, amely reagál a gáz víztartalmával és kénsavat képez. A sav a WSA kondenzátorban cseppfolyósodik. A jó hőkihasználás és a kis érzékenység a víztartalomra lehetővé teszi a pótlólagos kén elégetését. A WSA technológiában használt katalizátor egy káliummal és nátriummal dópolt vanádium katalizátoranyag, amely 10 és 20 mm-es extrudált gyűrűk alakjában van jelen.

**Fő környezeti előnyök:** Az SO<sub>2</sub>-nek kénsavvá alakítása csökkenti az SO<sub>2</sub> kibocsátást, és következőképpen a savas eső veszélyét.

**Működési jellemzők:** Egy WSA-üzem jellemző működési adatait a következő táblázat mutatja.

Jellemzők	Értékek
Gázáram, Nm <sup>3</sup> /h	100000
Belépő hőmérséklet, °C	30 - 35
Kilépő hőmérséklet, °C	105
Belépő víztartalom, tf.%	5,5
Belépő oxigéntartalom, tf.%	5,5
SO <sub>2</sub> -tartalom, tf.%	2,0 - 3,5
Konverzió, %	99
SO <sub>3</sub> -tartalom a tisztított gázban, mg/Nm <sup>3</sup>	< 28
Termelt H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , m-%	> 97,5
Termék hőmérséklet, °C	21
Savtermelés, Mt/d	~290
Energiafelhasználás (elektromos és tűzi), kWh/t	200 - 300 (2,7% SO <sub>2</sub> )
Hűtővízfogyasztás, Gcal/h/t sav	0,25 (ΔT = 5 °C)

#### 5.39 táblázat A WSA rendszerű kénsavgyár működési jellemzői

**Kereszthatások:** A WSA-eljárás nem képez semmilyen hulladékanyagot, vagy hulladékvizet és nem használ semmilyen abszorbens, vagy más vegyszert.

**Gazdaságosság:** Nincs adat, de számos üzem működik gazdaságosan.

**Alkalmazhatóság:** A WSA-eljárás illeszthető minden új és meglévő üzemhez, különösképpen a molibdenit és az ólomszínpor pörkölő üzemekhez, ahol a gáz SO<sub>2</sub>-tartalma kisebb mint 5 - 6 %.



**Alkalmazhatóság:** Olvasztási, vagy pörkölési gázok. A legtöbb létező üzemhez illeszthető.

**Példaüzemek:** Németország

**Referencia irodalom:** [tm 102, DFIU Zn 1999]

További fontos tényező a dús gázokat feldolgozó kénsavgyárak esetében a távozó gázok maradék SO<sub>2</sub>-tartalma. A legtöbb európai üzem 99,5 - 99,8%-os konverziós hatásfokkal működik. Nem tartoznak ebbe a tartományba az indítási, leállási és a rendellenes időszakokat jellemző értékek.

### **5.3.11 Folyamatirányítás**

A folyamatirányítás és igazgatás elvei alkalmasak az ebben a csoportban szereplő termelési eljárásokhoz. A kemencék és az eljárások egy része javulhat több ilyen módszer alkalmazásával. Különös figyelmet kell fordítani az ide tartozó fémek olvasztásánál használt kemencék és üstök hőmérsékletszabályozására, ami által meggátolható, illetve csökkenthető az illanó füstképződés. A kemencevezérlés és az olvasztási hőmérséklet szabályozás eljárásai és technikai alkalmazhatóak új és meglévő üzemekre is.

### **5.3.12 Hulladékvíz**

Ez a téma egyedi körülményekre specifikus. A meglévő kezelőrendszerek jó minőségűnek ismertek. Az összes hulladékvízből el kell távolítani az oldott fémeket és a szilárdanyagot. Bizonyos esetekben kétfokozatú precipitációs eljárást használnak, amikor a hidroxidos lépést szulfidos követi az ólom és a kadmium eltávolításának biztosítására [tm 171, Steil & Hahre 1999]. Számos esetben a hűtővizet és a kezelt szennyvizet beleértve az esővizet is - visszajaratják, illetve újrahasznosítják a folyamaton belül.

### **5.3.13 Eljárási maradványok**

A korábban tárgyalt módszerek mindegyike figyelembe vehető a legalkalmasabb technika meghatározásánál. Az adott nyersanyagok befolyásolják a az eljárás megválasztását.

## **5.4 A legalkalmasabb technikák**

Az ebben a szakaszban bemutatott eljárások és a kapcsolódó kibocsátási és fogyasztási szintek iteratív módon kerültek megállapításra az alábbi lépésekben:

- A szektor alapvető környezetvédelmi szempontjainak meghatározása; a réz-előállítás esetében ezek a SO<sub>2</sub>, por, fém-oxid füst, szerves vegyületek, hulladékvíz, maradványok, mint például kemencebélés, iszap, szűrő-por és salak. A réz másodnyersanyagainak kezelésekor fellépő dioxinképződés is egy szempont.
- Az alapvető szempontokra leginkább vonatkozó technikák vizsgálata;
- Az EU-ban és világszerte rendelkezésre álló adatok alapján a legjobb környezetvédelmi szintek megállapítása;
- A feltételek vizsgálata, amelyek mellett ezeket a szinteket elérték; például, költségek, keresztthatások, a módszerek alkalmazásának fő hajtóereje;
- A legalkalmasabb technika (BAT) és az ennek megfelelő kibocsátási és/vagy fogyasztási szintek meghatározása.

Az Európai IPPC Iroda és a megfelelő Műszaki Munkacsoport (TWG) fontos szerepet játszott mindegyik lépésben.

A jelen értékelésben olyan technikákat és kapcsolódó emissziós és felhasználási szintek szerepelnek, amelyek az egész szektor számára megfelelőek és sok esetben a szektorban működő egységek jelenlegi mutatóit tükrözik. Ahol a "legalkalmasabb technikához kötődő" emissziós és kibocsátási szintek szerepelnek, a technikák alkalmazásával feltételezhető környezeti hatások a BAT definíciójának megfelelő költségek és eredmények szem előtt tartásával értelmezhetőek. Azonban ezek nem határértékek. Bizonyos esetekben műszakilag lehetséges jobb emissziós, vagy felhasználási értékeket elérni, de az ezzel járó költségek, vagy keresztthatások miatt nem tekinthetőek az ilyen megoldások BAT-nek az egész szektorra vonatkozóan. Azonban az ilyen értékek irányadóak lehetnek bizonyos esetekben, amikor különleges szempontok is léteznek.

A legalkalmasabb technikára vonatkozó emissziós és felhasználási adatokat a megadott körülményekkel (pl. átlagolási időszak) együtt kell figyelembe venni.

A "legalkalmasabb technikára vonatkozó szintek" fogalmát meg kell különböztetni a szintén előforduló "elérhető szint" jellemzőitől. Ha egy szint "elérhető"-nek van jelezve egy bizonyos technikával, vagy bizonyos technikák kombinációjával, akkor ez úgy értendő, hogy a megadott szint egy számottevően hosszú időszakon keresztül elérhető lesz, ha a berendezés megfelelően van karbantartva és működtetve.

Ahol csak lehetséges, költségek is szerepelnek, az előző szakaszban ismertetett technikák leírásával együtt. Ezáltal egy durva becslést lehet kapni az alkalmazandó technikával járó költségekre. Azonban a valóságos költségek a erősen függenek az adott körülményeken, tekintettel, például az adókra, díjakra és a technikai jellemzőkre. Ezeket a helyi tényezőket nem tartalmazhatja a dokumentum. A költségadatok hiányában a technikák gazdasági megvalósíthatóságára vonatkozóan a meglévő üzemek megfigyelése alapján lehet levonni. A jelen szakasz általános BAT megjelölése referencia pontot kíván adni ahhoz, hogy egy meglévő üzem működésének minőségét, vagy egy új üzem tervét meg lehessen ítélni. Az új üzemek tervezhetőek úgy, hogy az általános BAT szinteknek megfelelően, vagy azoknál

még jobban is működjenek, mint, ahogy a meglévő üzemek is ilyen irányban mozdulhatnak el. Mindehhez a megjelölt technikák műszaki és gazdasági alkalmazhatósága a feltétel.

A BREF dokumentumok nem állítanak törvényileg kötelező normákat, inkább az iparnak, a tagállamoknak és a széles tömegeknek kívánnak iránymutató információkat szolgáltatni az adott technikákkal elérhető emissziós és felhasználási szintekről. Minden konkrét esetben a megfelelő határértékeket az IPPC Direktívák céljainak és a helyi érdekeknek megfelelően kell kialakítani.

Mivel a Legalkalmasabb Technikákat (BAT) számos tényező befolyásolja, ebben az alfejezetben módszeresen kell a technikákat vizsgálni. A megközelítés az alábbi módszert követi:

- Első szempont: a módszer megválsztása erősen függ az adott helyen rendelkezésre álló nyersanyagoktól. A legfontosabb szempontok az összetétel, az egyéb fémek jelenléte, a szemcseméret-eloszlás (beleértve a porzási hajlamot) és a szerves anyaggal való szennyezettség mértéke. A primer nyersanyagok származhatnak egy, vagy több forrásból, a szekunder nyersanyagok minősége pedig nagyon változhat, illetve a primer és szekunder nyersanyagok keverhetőek is.
- Második szempont: Az eljárásnak illeszthetőnek kell lennie a legalkalmasabb gázgyűjtő és -tisztító rendszerekhez. A használt füstgázgyűjtő és tisztító eljárás a termelő eljárás fő jellemzőihez fog igazodni, például néhány eljárás nem igényli az anyagok üstben történő mozgását, ezért jobban szigetelhetőek. Más eljárások könnyebben dolgozhatnak fel másodnyersanyagokat, ezáltal csökkentik a szélesebb értelemben vett környezeti hatásokat.
- Végül: a keletkező hulladékanyagok és szennyvizek minimalizálása, illetve a folyamaton belül, illetve más eljárásokban történő újrahasznosítása is fontos szempont. Emellett az eljárás kiválsztásánál figyelembe kell venni a folyamatokhoz és a gáztisztításhoz szükséges energiafelhasználást is.

Látható, hogy a legalkalmasabb technika (BAT) kiválsztása összetett kérdés, amely elsősorban a fenti tényezők függvénye. A különböző követelmények miatt a BAT elsősorban a rendelkezésre álló nyersanyagtól, valamint az igényelt termelési kapacitástól függ, ezért a kérdés helyi specialitású. Előnyös lehet, ha egy primer eljárás szekunder nyersanyagokat is befogadhat.

A következő pontok foglalják össze az ajánlott kiválsztási módszert:

- Az eljárást igazolja-e az ipari gyakorlat és megbízható-e?
- Van-e korlátozás a feldolgozható nyersanyagok tekintetében? - pl. a primer kohósításnál néhány eljárás az egyszerű dúsítmányokra alkalmas, míg mások komplex (több fémot tartalmazó) nyersanyag esetén is alkalmasak.
- A betétanyag típusa és az egyéb tartalmazott fémek (pl. Cu, Sb, Bi) befolyásolja az eljárás megválsztását.
- Vanm-e termelési kapacitás korlát? - pl. egy bizonyított felső határ, vagy egy gazdaságosságot biztosító minimális termelési volumen.
- A legújabb és hatékony gáztisztítási módszerek használhatóak-e az eljárással kapcsolódva?

- Tudja-e az eljárás és a kapcsolódó gáztisztítás biztosítani a legalacsonyabb emissziós szinteket?
- Vannak-e egyéb szempontok, mint például balesetvédelem, biztonság, amelyek kapcsolódnak az eljáráshoz?

Jelenleg számos eljárás-gáztisztítás kombinációt lehet a legmagasabb környezetvédelmi normák és a BAT követelményeinek megfelelően működtetni. Az eljárások különböznek az elérhető teljesítmény és a feldolgozható anyagok tekintetében, ezért több kombináció is szerepel. Mindegyik eljárás maximalizálja a maradványok újrahasznosítását és minimalizálja a vízszennyezést. Az eljárások gazdaságossága változó. Néhányat nagy kapacitással kell működtetni, hogy gazdaságos legyen, míg mások nem tudnak nagy teljesítményt biztosítani.

A eljárásokhoz kötődő gázgyűjtő és -tisztító technikákat a BAT meghatározásánál figyelembevehető technikák tárgyalása során ebben a fejezetben kerültek részletezésre. A metallurgia folyamattal összekapcsolva magas szintű környezetvédelmet tudnak biztosítani.

Az általános bevezetésben említetteknek megfelelően, ez a szakasz a BAT-nak megfelelő technikákat és emissziós szinteket ajánl. A célkitűzés az emissziós és felhasználási szintek általános jelzése, amelyek egy BAT-alapú működésnél irányadóak lehetnek. Ezért az új és a modernizált üzemekre jellemzően elérhető szintek lesznek megadva. A meglévő üzemek esetében létezhetnek olyan tényezők, például hely- és magassági korlátok, amelyek gátolhatják az ajánlott technikák teljes alkalmazását.

Az elérhető szint változni fog a az idővel, amit alapvetően a berendezés állapota, a karbantartás és a gáztisztítás folyamattírányítása okozhat. A forrásfolyamat működése is befolyásolja a jellemzőket, mivel valószínű változások lehetnek a hőmérsékletben, a gáztérfogatban, vagy éppen az anyag jellemzőiben egy adag során. Ezért az elérhető kibocsátási szintek csak alapot adnak ahhoz, hogy az élvényes üzemi jellemzőket meg lehessen ítélni. A folyamatot dinamikus jellemzőit és más üzem-specifikus kérdéseket helyi szinten kell kezelni.

#### **5.4.1 Anyagmozgatás és -tárolás**

Az anyagmozgatás és -tárolás céljaira legmegfelelőbb technikák (a 2.17 fejezetben foglalt következtetések alapján) alkalmasak a jelen fejezet tárgyát képező anyagokra.

#### **5.4.2 Az eljárás megválasztása**

Nem lehet egyetlen eljárást alkalmasnak kijelölni ezekre a fémekre. A következő eljárási fázisok technikái a rendelkezésre nyersanyagokra alkalmazható BAT-nek felelnek meg.

### 5.4.2.1 Primér ólomkohászat

A módszerek jellemzőit figyelembe véve, és feltételezve a megfelelő gázgyűjtő és -tisztító módszereket, az alábbi eljárásokat tekinthetjük Legalkalmasabb Technológiaként (BAT) az ólom előállítására.

Az eljárásokhoz társuló jó gázgyűjtő és -tisztító rendszerek, valamint a jó energiahasznosítás előnyös energiakihasználást, kedvező költségeket és termelékenységet biztosíthatnak.

A zsugorítási, pörkölési és a közvetlen kohósítási eljárások gázait kezelni kell a por és az illant fémek eltávolítására, a hő és az energia hasznosítására, valamint a kén-dioxid kinyerésére, illetve kénsavvá alakítására, a helyi kén-dioxid iránti igényeknek megfelelően.

Alkalmazott technika	Nyersanyagok	Megjegyzés
Kaldo-eljárás TBRC (teljesen zárt)	Pb dúsítmány és másodnyersanyagok (legtöbb féle)	Száraz betét, változó kén-dioxid. Egyéb Cu-kohókkal együtt üzemeltetve.
IS-kemence és New Jersey Desztilláció	Zn/Pb dúsítmányok	Zsugorított betét. Zárt zsugorító pörkölő elrendezés szükséges
QSL	Pb-dúsítmány és másodnyersanyag	Nedves, pelletezett betétanyag
Kivcet-kemence	Cu/Pb dúsítmány és másodnyersanyag	Száraz betétanyag
Kaldo-kemence	Pb-dúsítmány és másodnyersanyag	Nedves, pelletezett betétanyag
ISA Smelt-kemence	Pb-dúsítmány és másodnyersanyag	Nedves, pelletezett betétanyag
Aknáskemence	Pb-tartalmú komplex primer és szekunder nyersanyagok	Jó folyamatirányítás, gázgyűjtés és –tisztítás szükséges. Zárt zsugorító lépés, vagy más kemencéhez kapcsolás szükséges

### 5.41 táblázat A legalkalmasabb technikaként tekinthető primer ólomkohók

### 5.4.2.2 Szekunder ólomkohászat

A másodnyersanyagokból történő ólomelőállítás esetében a betétanyag minőségének változását is figyelembe kell venni helyi szinten, és ez befolyásolja a kemencék kombinációját és a kapcsolt gázgyűjtő és –tisztító rendszereket. A legalkalmasabb



technikaként számontartott eljárások az aknáskemence (jó folyamatirányítással) ISA Smelt/Ausmelt, elektromos kemence és a forgódobos kemence.

Kevert réz-ólom nyersanyagokra a bemerülő elektródás elektromos kemencét használják. Ez egy tömítetten zárt berendezés, így alapvetően tisztábban üzemel mint a többi, feltéve, hogy a gázvezető rendszert megfelelően tervezték és méretezték. Jelenleg az elektromos kemencét kéntartalmú másodnyersanyagokra használják és kénsavgyárhoz kapcsolják. Kevesebb a keletkező gáz mennyisége mint az egyéb kemencék esetén, így a gáztisztító üzem méretei is kisebbek lehetnek.

<b>Alkalmazott technika</b>	<b>Nyersanyagok</b>	<b>Megjegyzés</b>
Zárt, bemerülő elektródos elektr. kemence	Cu/Pb anyagok	Zárt kemence, kisebb gáztérfogatok
ISA Smelt	Másodnyersanyagok (legtöbb fajta)	A salakkezelő fázis működését még bizonyítani kell
Forgódobos kemence	A legtöbb másodnyersanyag	Szakaszos eljárás, rugalmas működés különböző nyersanyagokra
Aknáskemence	Egész akkumulátorok	Jó energiakihasználás. Fejlesztett folyamatirányítást utánégetést, gáztisztítást és kibocsátás-figyelést igényel
Olvasztó tégelyek és üstök	Csak tiszta ólom és tiszta Pb-hulladék	Az üstök hőmérséklet szabályozása szükséges

## 5. 42 táblázat A legalkalmasabb technikaként tekintett szekundér ólomkohók

### 5.4.2.3 Ólomraffináló eljárások

A fentebb megemlített eljárások bármelyike figyelembe vehető legalkalmasabb technikának számító raffináló lépésként. A raffináló eljárások kombinációja a nyersólomban előforduló fémektől függ.

A réz eltávolítása és szulfidos felzék formában történő elkülönítése. Az arzént, antimont és az ónt nátrium-nitrát és nátrium-hidroxid keverékével távolítják el, majd mechanikusan szedik le az oxidált felzékot. Az oxidációt levegővel/oxigénnel is végre lehet hajtani. Az ezüstöt a Parkes-eljárással, a cinket pedig vákuum desztillációval távolítják el. A bizmut eltávolítására a kalcium és magnézium keveréket használják a Kroll-Betterton eljárás szerint.

A műveleteket hatékony primer és szekunder füstgyűjtő rendszerek alkalmazása mellett hajtják végre. A raffináló üstök hőmérséklet szabályozása különösen fontos az ólom gőzölgésének az elkerülésére, és a közvetett fűtés kedvezőbb erre a célra.

#### 5.4.2.4 Primer cink

A korábban tárgyalt pörkölés és kén-kinyerési rendszerek, valamint a hidrometallurgiai eljárások mindegyike figyelembe vehető mint legalkalmasabb technika. A kohász rendelkezésére álló betétanyagok határozzák meg az eljárás végső megválasztását, különösképpen a vas lecsapásának a módját. Ezekkel az eljárásokkal kapcsolatban megfelelő módszereket kell alkalmazni az arzin és a stibin figyelésére és eltávolítására.

##### 5.4.2.4.1 *Elektrolit-tisztítás*

A korábban figyelembevehetőként tárgyalt eljárások mindegyike tekinthető legalkalmasabb technikaként. Az adott betétanyagok fogják meghatározni az eljárás végső megválasztását. Különös figyelemet kell fordítani az elektrolit-tisztítás során esetleg fellépő arzin és stibin képződés lehetőségére, mely anyagokat a kémiai kezeléssel származó gázok oxidálószerrel - mint például kálium-permanganáttal - történő mosásával távolítják el.

#### 5.4.2.5 Szekunder cink

A korábban tárgyalt eljárások mindegyike tekinthető legalkalmasabb technikaként, feltéve, hogy jó folyamatirányítást, gázgyűjtő- és tisztító rendszereket alkalmaznak. Az eljárások részei:

- Fizikai elválasztás, olvasztás és más nagyhőmérsékletű kezelések, és ezt követően, a kloridok eltávolítása.
- 
- Waelz-kemencék, ciklon-, vagy konverter típusú kemencék alkalmazása a nagy hőmérsékletű folyamatokhoz, amelyekben a fémek elgőzölögnek és a fémgőzök oxidálódnak, az oxidokat pedig a szűrési lépésben nyerik ki a gázokból.

Az adott betétanyagok befolyásolják az eljárás végső megválasztását.

#### 5.4.2.6 Kadmium és egyéb fémek

A korábban tárgyalt eljárások mindegyike tekinthető legalkalmasabb technikaként. Az adott betétanyagok befolyásolják az eljárás végső megválasztását. Az anyagok mozgatása, tárolása, előkezelése, a füstgyűjtés és gáztisztítás műveletinek általános technikáit figyelembe kell venni. Mivel ezek a fémek és vegyületeik erősen mérgezőek, különös gonddal kell az eljárást, a folyamatirányítást és a környezetvédelmi rendszert megválasztani.

### 5.4.2.7 Egyéb folyamat-lépések

#### 5.4.2.7.1 Elektrolízises kinyerés

A korábban tárgyalt eljárások mindegyike tekinthető legalkalmasabb technikaként. Az adott betétanyagok befolyásolják az eljárás végső megválasztását. Az általános technikák alkalmazása során különös tekintettel kell lenni az elektrolizáló üzemcsarnok kódjének összegyűjtésére és leválasztására.

Eljárás	Technika	Megjegyzések
Elektrolízises kinyerés	Állandó katód, a ködképződés csökkentése a kádaknál	A ködgyűjtés savat járat vissza a folyamatba
Kigőzölő salakkezelés és Waelz-kemence	A fentebb említett eljárások közvetlenül felhasználható terméket adnak	Energiahasznosítás. Dioxinok roncsolása
Akkumulátor törés	Kétlépcsős eljárás a az elválasztásra, a műanyag frakció szennyezésének minimalizálása	Az akkumulátorsav összegyűjtése és újrahasznosítása. A köd összegyűjtése

### 5.43 A legalkalmasabb technikát képező egyéb folyamatlépések összesítése

#### 5.4.2.8 Gázgyűjtés és -tisztítás

A használt füstgyűjtő rendszerek hasznosíthatják a zárt kivitelű kemencéket, és megfelelő tervezéssel csökkentett nyomás tartható a kemenceterekben, amivel elkerülhetőek a kiszivárgások és az emisszió. A tömített kemencékre és az elszívó kámzsákra épülő megoldások alkalmazhatóak. Vannak példák a kámzsán keresztüli adagolásra, a fűvókán, vagy lándzsán keresztüli adagolásra és az erős szelepekkel felszerelt adagoló rendszerekre. Kevesebb energiafogyasztással működik egy intelligens füstgyűjtő rendszer, amely a felszabaduló füst keletkezési helyére és idejére koncentrál.

A gáz- és füstkezelésére legalkalmasabb technika hűtést és hőhasznosítást foglal magába - ha gyakorlatilag megvalósítható - a zsákos szűrés előtt, kivéve, ha a kénsavgyártás részét képezi. A jó minőségű szövetet jól kialakított és karbantartott szerkezetben alkalmazó szűrők használhatóak. Ezek fel vannak szerelve zsákszakadásjelző rendszerekkel és on-line tisztítással.

A kén kinyerése és az ehhez kapcsolódó por- és fémkinyerési lépések leírása korábban szerepelt. A kénsavvá alakítás a legmegfelelőbb módszer, kivéve ha helyi igény van a kén-

dioxidra. A kénsavgyár előtti gáztisztítás elektrosztatikus porleválasztók, nedves gázmosók, higanycsapdák és nedves elektrosztatikus porleválasztók kombinációi lehetnek. Az eljárásokat befolyásoló tényezőket a legalkalmasabb technika meghatározásához figyelembe vehető eljárások leírása ismertette.

A salak-granuláló rendszerek venturi mosót, vagy nedves elektrosztatikus porleválasztót igényelnek a nagy mennyiségű gőz miatt. Az IS eljárásból távozó gáz is igényli a nedves gázmosást a gázok hűtésére, mielőtt azokat fűtési célokra felhasználnák.

A gázgyűjtésre a fentebb leírt legjobb módszerek felelnek meg. A távozó gázokban előforduló komponensekre legalkalmasabbnak tekintett gáztisztító rendszereket a következő táblázat foglalja össze. A nyersanyagok tulajdonságváltozásai befolyásolhatják a komponensek koncentrációs tartományait, vagy egyes összetevők fizikai állapotát, mint például a keletkező por szemcsemérete és jellemzői. Ezeket a tényezőket helyi szinten kell figyelembe venni.

Művelet	Gáz-komponens	Tisztítási lehetőség
Nyersanyag mozgatás	Por és fémek	Helyes tárolás. Porgyűjtés és szövetzsákos szűrés.
Előkezelés (mechanikus/termikus burkolat-eltávolítás)	Por és fémek Szerves anyag*	Helyes előkezelés. Gázgyűjtés és szövetzsákos szűrés. Folyamatvezetés, utánégetés karbon beadás és helyes gázhűtés.
Primer pörkölés, zsugorítás és kohósítás	Por és fémek Kén-dioxid. Hg	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, -tisztítás, (száraz és nedves elektrosztatikus porleválasztás) gázhűtés és kénsavgyár.
IS-kemence	CO, fémgőz	Nedves gázmosás (gázhűtés) hőhasznosítás előtt
Salak-granulálás	Gőz, por, H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub>	Nedves elektroszt. porlevál., gázmosó
Szekunder kohósítás	Por és fémek Szervesanyag* Kén-dioxid**	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, gázhűtés és -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Folyamatvezetés, utánégetés, karbon beadás, helyes gázhűtés. Gázmosás, ha szükséges.
Kémiai tisztítás	Köd és fémek (As,Sb)	Folyamatvezetés és gázgyűjtés, oxidáló gázmosás.
Oldószeres extrakció	Illó szerves, és szag	Elszigetelés, kondenzálás. Aktívszenes és bio-szűrés, ha szükséges
Elektrolízises kinyerés	Savköd	Gázgyűjtés és gázmosás/ ködcsapda
Tűzi raffinálás	Por és fémek Kén-dioxid**	Folyamatvezetés. Gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Gázmosás, ha szükséges
Olvasztás, ötvözés, öntés és fémportgyártás	Por és fémek Szervesanyag*	Folyamatvezetés. Gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Folyamatvezetés, utánégetés, karbon

Művelet	Gáz-komponens	Tisztítási lehetőség
		beadás, helyes gázhűtés.
Kigőzőlő salak-kezelés és Waelz-kemencés műveletek	Por és fémek Szervesanyag *	Folyamatvezetés. Gázgyűjtés, gázhűtés, -tisztítás szövetzsákos szűrővel. Folyamatvezetés, utánégetés, karbon beadás és helyes gázhűtés

\* A szerves anyagok közé tartoznak az illóanyagok (VOC) - amelyeket a teljes karbon mennyiségével (leszámítva a CO-t) adnak meg - valamint a dioxin és a CO. A pontos mennyiség a felhasznált nyersanyag szerves tartalmától függ.

\*\* Kén-dioxid lehet jelen, ha kéntartalmú nyersanyagokat (pl. akkumulátor iszap), vagy tüzelőanyagokat használnak és a kén nincs megkötve a salakban vagy kéneskőben.

#### 5.44 táblázat A távozó gázok komponenseit eltávolító módszerek összefoglalása

##### 5.4.2.9 A legalkalmasabb technika használatával együttjáró légköri emisszió

A légköri emissziót a különböző forrásokból összegyűjtött/kezelt kibocsátások, valamint az azonos technológiából eredő illanó, elszökő kibocsátások alkotják. A modern és jól működtetett tisztító rendszerek hatékonyan tudják a szennyezőket eltávolítani, így az aktuális adatok szerint az illanó/elszökő veszteségek tehetik ki a légköri kibocsátás legnagyobb részét.

Minden esetben a az összes légköri emisszió az alábbi forrásokból ered:

- A nyersanyagok mozgatása, tárolása, pelletezése, szárítása, pörkölése, zsugorítása és kohósítása.
- Salakkezelés kigőzőléssel és Waelz-kemencés műveletek.
- Kémiai tisztító, tűzi raffináló és elektrolízises kinyerő lépések.
- Olvasztás, ötvözés, desztillálás, öntés, stb.

Az illanó/elszökő emisszió igen jelentős lehet és ez megítélhető a folyamatok gázgyűjtési hatékonyságából és környezeti mérések alapján. A következő táblázat a különböző eljárásokkal összefüggő emissziós szinteket összegezi.

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Kis SO <sub>2</sub> -tartalmú gáz (1~4%)	> 99,1%	Egyérintkeztetésű kénsavgyár, vagy WSA. (A maradék SO <sub>2</sub> a kiinduló koncentrációtól függ)	Híg SO <sub>2</sub> -gázokra. Száraz, vagy fél-száraz mosóval kombinálva az SO <sub>2</sub> emisszió csökkentésére és gipsz előállítására, ha létezik helyi igény.
SO <sub>2</sub> -dús gázáramok	> 99,7 % konverzió	Kettős érintkeztetésű kontakt kénsavgyár (a	Nagyon alacsony koncentrációk érhetőek el az egyéb légköri

(> 5%)		véggáz SO <sub>2</sub> -tartalma a beérkező gáz töménységétől függ). Egy ködcsapda alkalmazható az SO <sub>3</sub> vgső eltávolítására.	szennyezőkre, mivel intenzív gáztisztítás van a kontakt üzem előtt (nedves gázmosás, nedves elektrosztatikus leválasztás, és Hg-eltávolítás, ha szükséges) a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> termék minőségbiztosítása érdekében.
--------	--	---	--

**Megjegyzés.** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszerrel a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik.

**5.45 táblázat A primér pörkölés, zsugorítás és kohósítás során fellépő léghőmi emisszió a BAT-nek az ólom- és cink-szektorban történő alkalmazása során**

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Sav-ködök	< 50 mg/Nm <sup>3</sup>	Ködcsapda, nedves gázmosó	A ködcsapda és a vizes gázmosó lehetővé teszi a keletkezett sav újrahasznosítását
Arzin, stibin	< 0,5 mg/Nm <sup>3</sup>	Oxidáló gázmosás	
Illó szerves vegyületek, vagy oldószerek	< 5 mg C /Nm <sup>3</sup>	Zárt gyűjtés, kondenzálás, aktív szenes, vagy bio- szűrés	

**Megjegyzés.** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszerrel a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik.

**5.46 táblázat A kémiai tisztításból, elektrolízises kinyerésből és az oldószeres extrakcióból származó léghőmi emisszió**

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Szövetzsákos szűrő  (Az olvasztóüstök hőmérsékletszabályozása szükséges a fémek illanásának elkerülésére)	A szövetzsákos szűrők kis nehézfém-tartalmakat biztosíthatnak. A nehézfém-koncentráció a portartalomhoz és a por fém-tartalmához kötődik.
NO <sub>x</sub>	<100	Alacsony NO <sub>x</sub> kibocsátású	A nagyobb értékek az

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
	<100-300 mg/Nm <sup>3</sup>	égő Oxigén-tüzelőanyag égő	energiafelhasználást csökkentő oxigéndúsítás esetén. Ilyenkor a gáz térfogata és a kibocsátott tömeg csökken.
Szerves, összes C	<5-15 <5-50 mg/Nm <sup>3</sup>	Utánégetés. Optimalizált égetés.	
Dioxinok (ha jelen vannak)	<0,1-0,5 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	Nagy teljesítményű porleválasztó rendszer (szövetzsákos szűrő), utánégetés és gyors hűtés. Egyéb módszer (aktívszenes adszorpció, oxidációs katalizátor).	Tiszta, pormentes gáz kell a kezelésnél, hogy alacsony szintek legyenek elérhetőek.

**Megjegyzés.** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszerrel a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik.

#### 5.47 táblázat Tiszta fémolvasztást, ötvöztést és cinkporgyártást kísérő légköri emisszió

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Por	1-5 mg/Nm <sup>3</sup>	Szövetzsákos szűrő, nedves elektrosztatikus porleválasztó. (A nedves elektrosztatikus porleválasztó alkalmazható a salakgranulálás, vagy a nedves hűtés gázaira)	A szövetzsákos szűrők kis nehézfém tartalmakat biztosíthatnak. A nehézfémkoncentráció a portartalomhoz és a por fém tartalmához kötődik.
SO <sub>2</sub>	<50-200 mg/Nm <sup>3</sup>	Nedves lúgos gázmosás. Lúgos félszáraz gázmosás és szövetzsákos szűrés	
NO <sub>x</sub>	<100 <100-300 mg/Nm <sup>3</sup>	Alacsony NO <sub>x</sub> kibocsátású égő Oxigén-tüzelőanyag égő	A nagyobb értékek az energiafelhasználást csökkentő oxigéndúsítás esetén. Ilyenkor a gáz térfogata és a kibocsátott tömeg csökken.
CO és fémgőz	Nincs kibocsátás	Nedves gázmosó	Az IS-kemence gázait hűtik és tisztítják tüzelőanyagként való felhasználás előtt.
Szerves, összes C	<5-15 <5-50 mg/Nm <sup>3</sup>	Utánégetés. Optimalizált égetés.	A másodnyersanyag előkezelése a szerves bevonatok eltávolítására, ha szükséges.

Szennyező	A BAT -nek megfelelő érték	A jelölt szint elérésre alkalmas technikák	Megjegyzés
Dioxinok	<0,1-0,5 ng TEQ/Nm <sup>3</sup>	Nagy teljesítményű porleválasztó rendszer (szövetzsákos szűrő), utánégetés és gyors hűtés. Egyéb módszer (aktívszenes adszorpció, oxidációs katalizátor).	

**Megjegyzés:** Csak összegyűjtött emissziók.

A vonatkozó emissziók napi átlagként vannak megadva az üzemelési időszak alatti folyamatos megfigyelések alapján. Ahol nincs folyamatos megfigyelés, az érték a mintavételezési időszakra vonatkozó átlag.

Az alkalmazott gáztisztítási rendszerrel a gáz és a por jellemzőit a rendszer tervezésénél és a helyes működési hőmérséklet megválasztásánál figyelembe veszik. Az SO<sub>2</sub>, vagy az összes karbon eltávolításakor a szakaszos eljárás során változó nyersgáz-összetétel befolyásolhatja a gáztisztító rendszer hatékonyságát.

#### 5.48 táblázat A nyersanyag-előkészítés, szekunder kohósítás, tűzi raffinálás, beolvastás, kigőzölő salakkezelés és a Waelz-kemencés műveletekből származó légköri emisszió

A szállópor fémtartalma az egyes eljárások szerint széles tartományban változik. Még hasonló kemencék esetében is jelentős különbségek adódnak a különböző nyersanyagokból. Ezért nem helyes részletezni minden légkörbe kibocsátott fémre vonatkozó elérhető koncentrációértékeket.

Néhány fém mérgező vegyületeket képez, amelyeket a folyamat kibocsáthat, ezért a koncentrációt a helyi, regionális, vagy széleskörű légtisztasági normáknak megfelelő szintre kell csökkenteni. Általában alacsony nehézfémkoncentrációk kapcsolódnak a jól működő, modern gáztisztító rendszerekhez, mint például a szövetmembrános szűrő, feltéve, hogy a működési hőmérséklet helyes, és a gáz, valamint a por jellemzőit figyelembe vették a tervezésnél. Ez a kérdés üzem-specifikus, mégis a következő táblázat megadja az iránymutató értékeket a porokban várhatóan előforduló fémtartalmakra.

Összetevő	Cink fluidizáló pörkölő berendezés	Cink raffinálás	IS-eljárás	Közvetlen ólomkohósító eljárások	Szekunder ólomkohósító eljárások	Ólomraffinálás
Pb%	0,2-2	0,15-0,86	10-15	30-50	20-55	14-83
Zn%	50-60	52-76	20-50	3-5	0,01-10	3-28
Sb%	n.a.	n.a.	n.a.	-	0,1-40	n.a.
Cd%	0,2	0,02-0,7	0,5	3-5	0,01-10	n.a.
As%	0,004	0,01-0,1	n.i.	5-10	0.01-3	n.a.

n.a. - Nincs adat.



#### 5.49 táblázat Különböző ólom- és cinkkohászati eljárásokból származó porok fémtartalma [tm 25, DFIU 1996]

#### 5.4.3 Hulladékvíz

Ez a kérdés helyi jellegű, és a meglévő kezelő rendszerek jó minőségűek. A szulfidos, vagy a kombinált hidroxid/szulfid-os precipitációs művelet különösen jellemző ennek a csoportnak a fémekre [tm 171, Steil/Hahre 1999]. Az összes hulladékvizet kezelik a fémek, a diszpergált szilárd szemcsék és az olaj/kátrány eltávolítására. Az abszorbeált savas gázokat (pl. kén-dioxid, HCl) szintén el kell távolítani, és újrahasznosítani vagy semlegesíteni. Számos üzemnél a hűtővizet és a kezelt hulladékvizet, ide értve az esővizet is, újrahasznosítják, vagy visszajaratják a folyamaton belül.

Az ebben a csoportban szereplő fémek primér és szekundér előállításánál az összes vizes emisszió alapja:

- A salakkezelő, vagy granuláló rendszer.
- A gázkezelő rendszer.
- A kioldó és a kémiai tisztító rendszer.
- Az elektrolízises kinyerő rendszer.
- A hulladékvíz-kezelő rendszer.
- Felületi elfolyó vizek.

A következő táblázat a fáradt oldatok kezelése utáni vizes emissziót adja meg. Az adatok nem minden esetben vonatkoztathatóak minden üzemre.

	Fő komponensek, mg/l				
	Pb	As	Hg	Cd	Zn
Technológiai víz	<0,1	<0,05	<0,01	<0,05	<0,2

**Megjegyzés:** A vizes emisszió értékei véletlen mintavételezésen, illetve egy 24-órás gyűjtött mintán alapulnak. A hulladékvíz-tisztítás mértéke az eredettől és a fémtartalomtól függ.

#### 5.50 táblázat Néhány eljárás vizes emissziója

#### 5.4.4 Eljárási maradványok

A salakok, iszapok és szűrt szállóporok visszajaratása az eljárás részeként számítanak. Az alkalmazott vas-precipitációs eljárás (Gőtít, vagy Jarozit) a helyi körülményektől és a dúsítmány összetételétől függ. A kioldható fémek hatékony kimosása és szulfidos precipitációját alkalmazni lehet a maradvány letárolása előtt. A maradvány oldhatóságát figyelni kell a szabványos oldékonysági vizsgálattal. A letárolás meg kell feleljen a területfeltöltési szabályozás előírásainak.

Ebben a szektorban a termelőeljárásokat úgy fejlesztették, hogy maximalizálható legyen a termelőegységekből kikerülő technológiai maradványok újrahasznosítása, vagy olyan maradványok képződjenek, amelyekben a kis mennyiségben előforduló egyéb elemek olyan formában dúsuljanak fel, hogy egyéb szinesfém-metallurgiai technológiákkal kinyerhetőek legyenek. A fejezetben szerepeltek a maradványok lehetséges végfelhasználásai és néhány minta tömeg is szerepelt bizonyos eljárások esetében.

A keletkező maradványok mennyisége erősen függ a nyersanyagoktól, főleg a primer nyersanyagok vastartalmától, a primer és szekunder nyersanyagok egyéb szinesfém-tartalmától és az egyéb alkotók, mint például a szerves tartalom. A deponálásra kerülő anyagok kibocsátása ezért erősen hely- és anyagspecifikus, és a korábban tárgyalt tényezőktől függ. Így nem lehetséges a BAT használatával összefüggő reális mennyiségi táblázatot összeállítani a nyersanyag-meghatározás részletezése nélkül, ami viszont csak helyileg adható meg. A BAT irányelvei tartalmazzák a hulladékanyagok kiküszöbölését és minimalizálását, valamint a maradványok újrahasznosítását, amikor csak gyakorlatilag lehetséges. Néhány fajta maradványnak a vízzel, vagy vízgőzzel való érintkezésekor arzin és stibin is keletkezhet, amire tekintettel kell lenni.

Az iparág különösen hatékony ebben a gyakorlatban, és az ólom és a cink előállításából eredő néhány maradvány felhasználási, illetve kezelési lehetőségeit korábbi táblázatok (5.29 -5.30) már szemléltették.

#### **5.4.5 Az eljárásokkal kapcsolatos költségek**

Több eljárás-variációra és tisztítórendszerre is összegezték a költségadatokat. A költségek nagyon hely-specifikusak és számos tényezőtől függenek, de a megadott tartományok lehetővé tesznek néhány összehasonlítást. A költségekre vonatkozó adatok egy mellékletben szerepelnek, amelyek alapján a folyamatok és a tisztítórendszerek költségeit a teljes szinesfémiparra vonatkozóan össze lehet hasonlítani.

### **5.5 Újabb Technológiák**

Az újabb bányákból származó cink-dúsítmányok egyszerre jelentenek lehetőségeket és kihívásokat is a hagyományos kohóknak. Ezeknek a finoman őrölt dúsítmányoknak gyakran alacsony a vastartalma, magas a kvarctartalma és a mangántartalma, valamint nehézséget okozó szinten tartalmaznak egyéb fémeket, például germániumot is. Egy új feldolgozási technológia, amely meg tud felelni ezeknek a változásoknak a következő alapvető lépésekből kell álljon: az ultra-finom szemcsés dúsítmány víztelenítése és mozgatása, újszerű szállítórendszerek, szilikátos kioldó technológia, mangán-eltávolító kádák és közvetlen olvasztás [tm 101, NL Zn 1998]. Nem minden termelő számára állnak az ilyen dúsítmányok rendelkezésre, és a feldolgozásukhoz szükséges új technológia más fajta maradványokat eredményezhet, amelyek nehézséget okozhatnak.

A szilárd maradványok elhelyezésére vonatkozó környezetvédelmi előírások ösztönzést adhatnak a vasas maradványnak kémiai megkötéssel történő kezelésére, amely cementet (pl. Jarofix), vagy például a gőtitnek vasas salakkokkal való reakciójában keletkező egyéb anyagot (Gravelit) adhat. Mindkét eljárást növeli a keletkező anyag mennyiségét és csak akkor működhetnek eredményesen, ha ezek az anyagok elfogadhatóak építészeti célokra.

Cink és ólom kinyerését szolgáló új kloridos kioldó eljárások már kísérleti szinten eredményesek [tm 206, TGI 1999].

A jarozit és a gőtit termikus kezelése eredményesnek bizonyult az Ausmelt és az Outokumpu eljárásokkal [tm41, Ausmelt 1997; tm 101, NL Zn 1998]. A cink és más illósítható fémeket kigőzölve nyerik ki, és a végszalak megfelel építkezési célokra. Az eljárásokról azonban nem bizonyosodott be, hogy általában gazdaságosan működhetnek a maradványok kezelésére.

Megpróbálták a jarozit és szennyvíziszap kezelését egy autoklávban 260 °C-on [tm 214, Vaartjes 1999]. Kevés adat ismert, és a gyakorlati megvalósíthatóság nem szerepel a közlésekben. A szennyvíziszap cellulóztartalma az energiaforrás és a termék olvadt állapotú. A cink, az ólom és az ezüst értékesíthetően feldúsul, és a kő maradvány építési célra felhasználható.

A jarozit és a gőtit kohósítására is van példa, azonban a gazdaságosság nem bizonyított.

Sikeresen próbálták a finomszemcsés anyagot egy aknaskemence fűvókáin keresztül beadagolni, amivel csökken a poros anyag kezelésének a nehézsége és megtakarítható a zsugorítóműbe történő viasszajaratás energiaigénye.

Az olvasztókemencék és az üstök szabályozási paramétereit, például a hőmérsékletet felhasználva csökkentik a folyamat során elgőzölgő cink és ólom mennyiségét.

Egyéb szektorokban kifejlesztett kemenceirányítási rendszereket felhasználhatnak az aknaskemencéhez és az IS-kemencéhez.

Az EZINEX-eljárás lúgos ammónia/ammónium-klorid közegű kioldás után cementálást és elektrolízist alkalmaz. Ezt az eljárást az ívkemence szállóporok közvetlen feldolgozására fejlesztették ki, és egy üzem működik. Alkalmazható dúsabb szekunder-cink alapanyagokra is [tm 120, TU Aachen 1999].

A BSN-eljárást 1998 novemberében indították. Pelletezett ívkemence szállóporból szárítás utáni redukáló illósítással és reoxidációval ZnO-t nyernek. Az eljárást maradvány-mentesnek tartják.

Az Outokumpu röptében olvasztó kemencében végzett kísérlettel közvetlenül ólmot sikerült előállítani. Hasonló módon sikerült a Waelz-kemencét is használni már. Az irodalomban egyéb lehetséges példák is szerepelnek, amelyek azonban még nem jutottak túl a félüzemi szinten.



## 6 Eljárások a nemesfémek előállítására

### 6.1 Alkalmazott eljárások és technikák

A nemesfémeket gyakorlatilag három csoportra lehet osztani: ezüst, arany és platinafémek (PF). A legfontosabb nyersanyagforrások a nemesfémércek, a színesfémek előállítása során kapott melléktermékek (elsősorban a rézfinomítási anódiszap, kioldási maradványok és nyersfémek a cink és az ólom előállításából) és visszajáratott anyag. Sok nyersanyagra vonatkoznak a veszélyes hulladékok előírásai, és ennek hatása van a szállítási, kezelési és az adminisztrációs rendszerekre. A termelőeljárások azonosak a primer és a szekunder nyersanyagokra, ezért egységesen tárgyalhatóak.

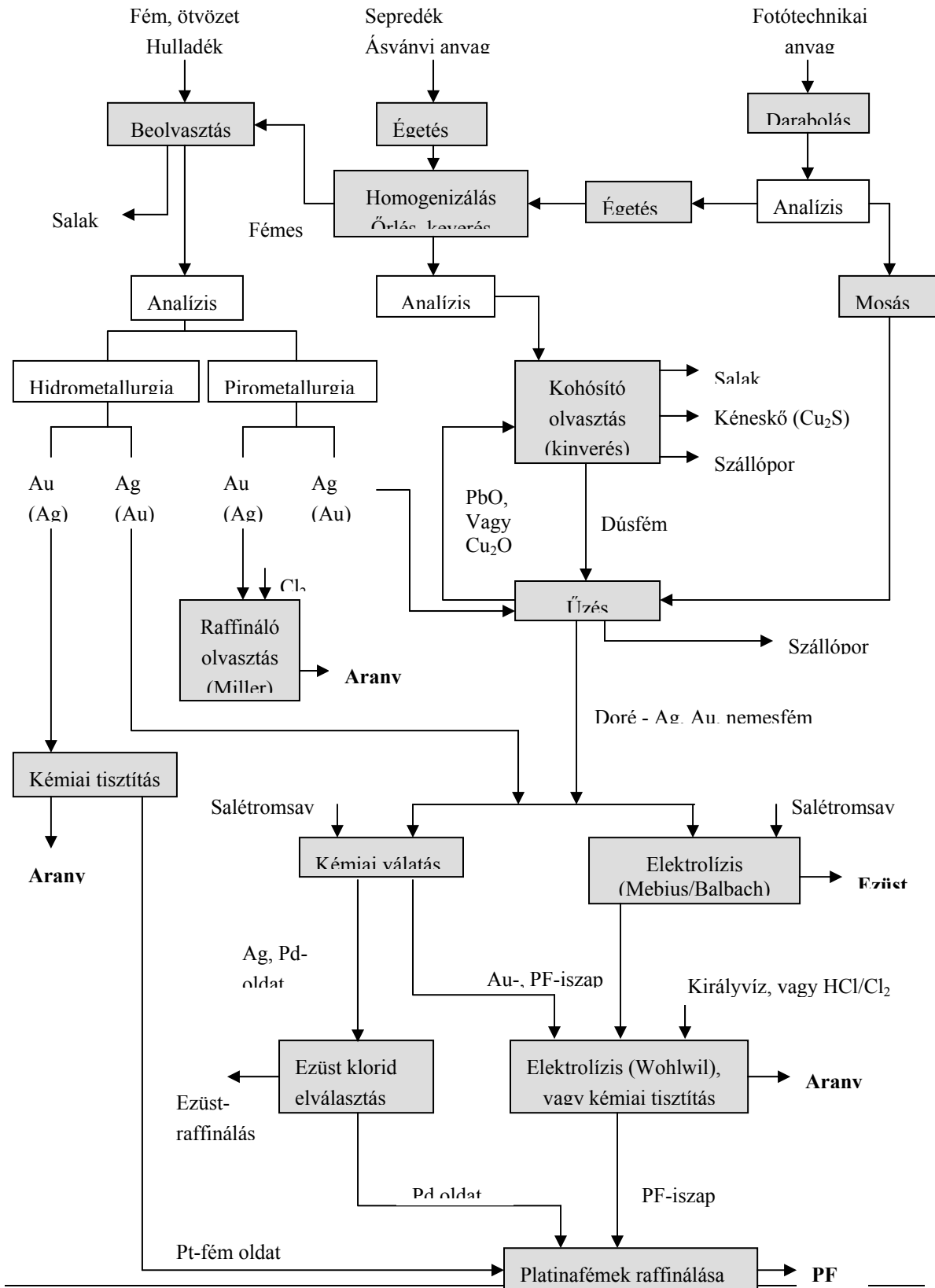
Számos eljárást fejlesztettek ki, amelyek kihasználják ezeknek a fémeknek a sajátos kémiai tulajdonságait. Noha viszonylag inertek, vannak különbségek a reakcióképességeikben és a fémek vegyületeiben érvényes különböző oxidációs fokozatok változatos elválasztási technikákat tesznek lehetővé [tm 5 & 19 HMIP PM 1993]. Például a ruténium és az ozmium tetra-oxidjai illékonyak és desztillációval könnyen elkülöníthetőek. Sok eljárás igen reaktív reagenseket használ, illetve mérgező termékekre vezet. Ezeknek a körülményeknek zárt és meghibásodások ellen is biztosított rendszerek, valamint elszigetelt oldat elvezetések használatát teszik szükségessé. Hasonló igényeket támaszt a fémek nagy értéke.

Sok eljárás üzleti titok, és csak körvonalas leírások állnak rendelkezésre. Az eljárások általában többféle kombinációban működhetnek az adott nyersanyagban lévő nemesfémek kinyerése érdekében. Az iparág másik sajátossága az, hogy általában a nemesfémeket lekötött értékben nyerik ki, amely független is lehet a fém árától. A feldolgozási eljárás így pontos anyagelemzést és fémkinyerést feltételez. A mintavételezést az anyag fizikai kezelése után, vagy a szokásos feldolgozási fázisokból kivezetve végzik. Több mint 200 féle nyersanyaga van az iparágban és ezeket általában öt homogenizált csoportba lehet sorolni.

Homogenizálási kategória	Nyersanyagtípus	Megjegyzés
Eredeti	Katalizátorok, előkészített sepredékek, oldatok	Közvetlen feldolgozásra
Sepredék	Ásványi+fém, nem olvasztható karbon-alpú katalizátorok	Égetés, pörkölés és elődúsítás
Hulladék	Olvasztható anyag	
Őrlendő anyag	Film, elektronikai hulladék	
Oldható anyag	Savban, CN és NaOH, stb. reagensekkel oldható anyag	

#### 6.1 táblázat A mintavételezés homogenizálási kategóriái

A nyersanyag minősítése a feldolgozási folyamatba (6.1 ábra) történő legalkalmasabb becsatolás pontján alapul, függetlenül a nyersanyagban tartalmazott nemesfémektől. A nyersanyagokat általában az ilyen jellegmeghatározás szerint hajtják végre a legtöbb termelő cégnél. A mintát a nemesfém-tartalom kioldása érdekében kezelik, illetve analizálható formába hozzák. Néha ez a valóságos kinyerési folyamat egészét, vagy részét jelenti, és így a minta kezelése során is kell környezetvédelmi eljárásokat alkalmazni.



**6.1 ábra A nemesfémkinyerés általános folyamatábrája**

További sajátosságot jelent az, hogy ezeket az anyagokat gyorsan kell feldolgozni, és ezt tükrözi ennek a szektornak a szándékosan túlméretezett kapacitása. A sok mintavételezés és elemzés lehetővé teszi az eljárások optimális kombinációjának a kiválasztását.

Az elektrolitos rézraffinálás anódiszapja fontos forrása a nemesfémeknek, ezért ezt a nyersanyagot a nemes- és egyéb fémek (pl. szelén és tellur) kinyerése érdekében kezelik. Az eljárás részletei a jelenlévő fémek mennyiségi arányaitól függenek. Használhatbnak piro- és hidrometallurgiai módszereket, és néhány esetben oldószeres extrakciót is beiktatnak. A következő ábra egy általános példát mutat.

**A RÉZ ÉS A NIKKEL ELTÁVOLÍTÁSA**

Autokláv

Expanziós tartály

Reaktor

**SZELÉN KINYERÉS**

Szelén pörkölő kemence

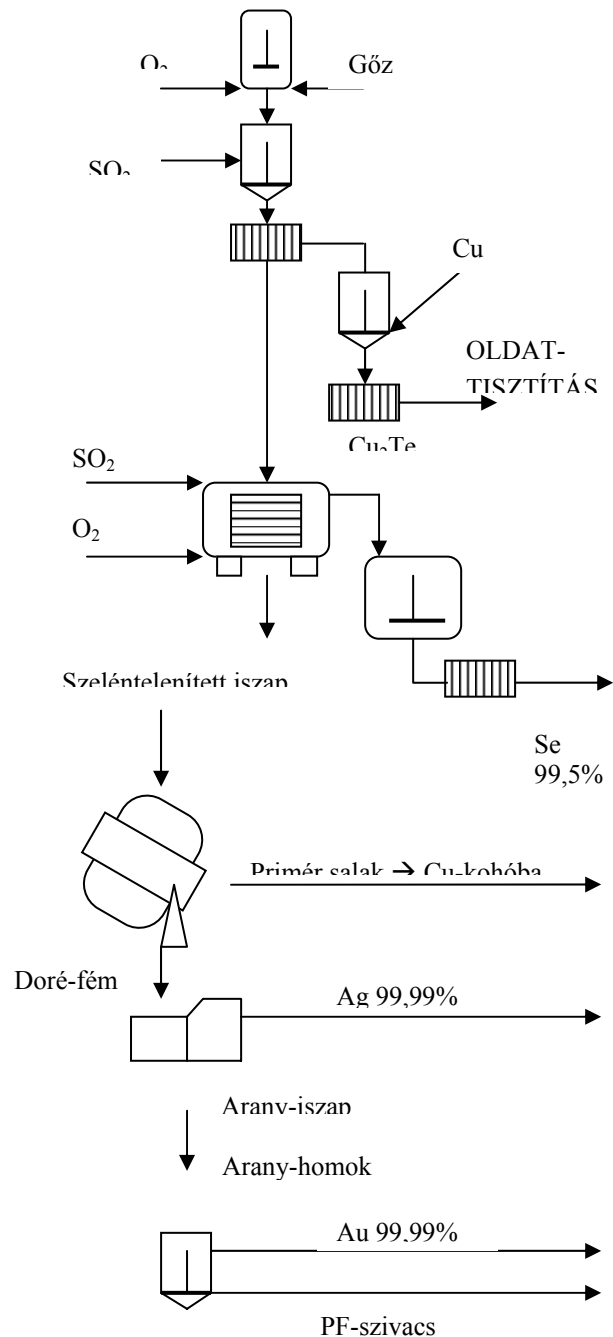
Szelén precipitációs tartály

**ISZAP OLVASZTÁS**

Adagoló berendezés

Forgódobos kemence

**EZÜST KINYERÉS**



Ezüst kádák

## AZ ARANY ÉS A Pt-FÉMEK KINYERÉSE

Kioldás és precipitáció

HCl-oldat

### **6.2 ábra Az anódiszap-kezelés példáját mutató folyamatábra**

#### **6.1.1 Ezüst**

Az ezüst fő forrásai a fémhulladék (pl. ékszer, érme és egyéb ötvözetek) dúsítmányok, anódiszap, fényképeszeti filmek, papírok és iszapok, valamint hamuk, sepredékek és más maradványanyagok [tm 5 & 19, HMIP PM 1993; tm 105, PM Expert Group 1998].

##### **6.1.1.1 Fényképeszeti anyagok**

A fényképeszeti filmeket, papírokat és iszapokat szakaszosan egyterű lángkemencében, folyamatosan pedig forgó csökemencében égetik el, amivel ezüstben dús hamut kapnak. Kisebb méretekben tokos kemencék is használhatóak. A betétanyag kémiai hőtartalma folytán csak az indításnál van szükség tüzelőanyagra. Egy külön kamrában elhelyezett után-égető szolgál a füstgáz részlegesen elégett alkotóinak az elégetésére, amely után szűrő és lúgos gázmosó következik. A hamut egyéb ezüsttartalmú anyaggal együtt kezelik. A gázokat szűrik és a szállóport ugyancsak az ezüsttartalom kinyerése érdekében kezelik.

Szintén használnak egy kémiai módszert is, amellyel az emulziós rétegből kioldják az ezüst-sókat. Ez az eljárás hulladék fényképeszeti filmeket kezel tioszulfát oldattal, amely enzimeket is tartalmazhat. Az ezüstöt elektrolízissel nyerik ki a kapott oldatból és a használt elektrolitot a kioldáshoz járatják vissza. A fényképeszeti film műanyag mátrixát elvileg ki lehetne nyerni, de a feldolgozandó anyag általában jelentős mennyiségű papírt is tartalmaz (pl. borítékok), amely meggátolhatja a kinyerést és hulladékmaradványt okoz [tm5, HMIP PM 1993].

Az ezüstöt szulfidos precipitációval nyerik ki a fényképeszeti és más iparágak hulladék-oldataiból. A kapott port szárítják, olvasztják és raffinálják. Alternatív megoldásként, az ezüst-tioszulfát oldatot (kb. 2 V-os cellafeszültséggel) elektrolizálva oldhatatlan ezüst-szulfidot állítanak elő (a gyakorlatban 5 – 10 ppm ezüst marad oldatban).



### 6.1.1.2 Hamuk, sepredékek és egyebek

A hamukat, sepredékeket, nyomtatott áramköri lapokat, agglomerált finom szemcséket, iszapokat és más réz- és nemesfém-tartalmú anyagokat keverik és elektromos-, aknás-, forgódobos-, láng-, illetve felsőfűvású konverter-kemencékben olvasztják. Az ólmot és a rezet az ezüst és az egyéb nemesfémek meggyűjtésére használják. A fűtés és a redukáló atmoszféra biztosítására elektromos energiát, kokszt, földgázt, vagy olajt használnak. Bizonyos esetekben válogatott műanyag-hulladék használható a tüzeléshez, amikor pedig hatékony utánégetést is kell alkalmazni a szerves vegyületek (illó szerves és dioxin) kibocsátásának elkerülésére. A betétanyag nemfémes alkotóinak gyűjtésére salakképző pótlékokat is adagolnak. A kemencét időnként csak salakkal is működtetik, hogy a granulálás, letárolás, vagy kezelés előtt kinyerjék belőle a nemesfémeket.

Az olvasztókemencében nyert nemesfémeket olvadt ólomba, vagy rézbe itatják. Az ólomötvözetet egy üzökemencébe adagolják, ahol az ólmot levegővel, vagy oxigénnel oxidálják. A rézötvözetet hasonlóan dolgozzák fel, réz-oxidot képezve [tm 105, PM Expert Group 1998].

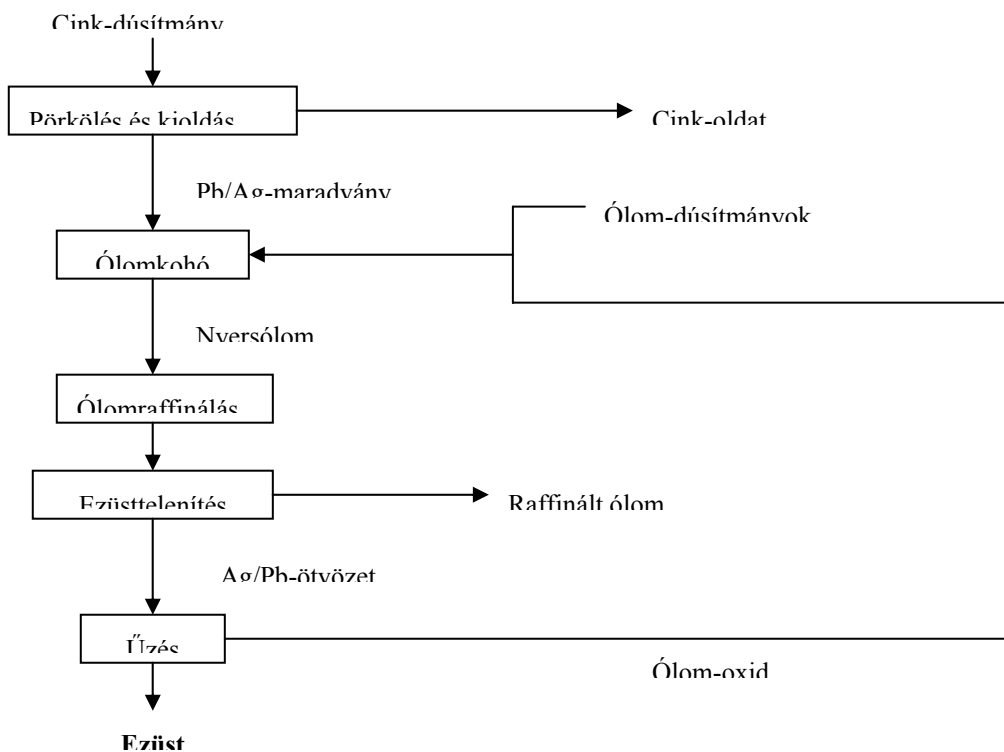
Ezeket a nemesfém-tartalmú anyagokat a színesfémkohókba is lehet adagolni. Ilyenkor a fémeket az ólom, réz, vagy nikkel előállító eljárásai során nyerik ki.

### 6.1.1.3 A színesfémkohászati kinyerés

A réz elektrolitos raffinálása során keletkező anódiszap összetétele a kiinduló betétanyagoktól és a rézkohóban alkalmazott eljárásoktól függ. Az anódiszapok általában jelentős mennyiségű ezüstöt, aranyat és platinafémeket tartalmaznak, ami alapján értékesítik [tm 47 – 52, Outokumpu 1997], illetve a kohóüzem területén kinyerésre hasznosítják [tm 92 Copper Expert Group 1999].

A feldolgozási eljárások az iszapok összetétele szerint változnak, amelyekre egy jellemző példát az előző (6.2) ábra szemléltetett. A műveletek sorában szerepelhet a réz és a nikkel (és a tellur nagyobb részének) eltávolítása savas kioldással (atmoszférikusán, vagy nyomás alatt oxigénnel), valamint pörkölést a szelén eltávolítására, hacsak ez nem történt meg az olvasztás során illósítással. Az olvasztást kvarcos, vagy nátrium-karbonát pótlékkal hajtják végre, amely során Doré-fémet kapnak lángkemencében, elektromos kemencében, felsőfűvásos forgó (TBRC), vagy alsófűvásos oxigénes (BBOC) konverter-típusú kemencékben. Az ezüst/arany Doré a fémet 60%-nál nagyobb koncentrációban tartalmazza [tm 105, PM Expert Group 1998]. Az anódiszapokból történő nemesfémkinyerésre hidrometallurgiai, és oldószeres extrakciós lépéseket is alkalmaznak, mint például a Kennecott és a Phelps Dodge-eljárásokban.

A cink hidrometallurgiai előállítása során a nemesfémek, ha jelen voltak a dúsítmányban, a Pb/Ag alapú kioldási maradványban koncentrálnak, amelyet egy ólomkohóban lehet feldolgozni. Az ólom kohósítása és raffinálása során a nemesfémek a Pb-Zn-Ag ötvözetben dúsulnak.



6.3 ábra Ezüstkinyerés a cink- és az ólomkohászatban

A dús-ötvözet feldolgozás során az ólom és a cink nagy részét előbb csurogtatással és vákuum desztillációval el lehet távolítani, majd további eltávolítást, üzést hajthatnak végre egy lángkemencében, TBRC konverterben, hagyományos, vagy fenékfűvatasú oxigénes üzökemencében (BOC). Az ólom PbO-dá oxidálódik a levegővel, vagy oxigénnel. A réz- és ólomfínomítókat is működtető üzemek egyesítik a réz és az ólom technológiákból származó nemesfémekben feldúsult fázisokat az üzésnél.

A nikkel raffinálása során a nemesfémeket a rezes melléktermékből nyerik ki. A cink-ólom aknáskemencés technológia esetében a nemesfémeket az ólom termékből lehet kinyerni. Ezekből az anyagokból aranyat és platinafémeket is nyernek ki. Az eljárások változatai a fémtartalmak viszonyától és az egyéb társult fémek (pl. szelén) koncentrációjától függenek.

#### 6.1.1.4 Raffinálás

Az öntött anódokat Moebius, vagy Balbach-Thum kádakban raffinálják titán, vagy rozsdamentes acél katódokkal egy savanyított ezüst-nitrát elektrolitban. Az elektródok között fenntartott egyenárammal az anódról oldott ezüst ionok a katódon ezüst kristályokat képezve válnak le. A levált kristályokat folyamatosan letörlik a katódok felületéről, eltávolítják a cellából, szűrik és mossák. A kádból kivett iszapot az arany- és a platinafém-tartalom kinyerése céljával dolgozzák fel.

Az ezüst-kristályokat egy tégelyes kemencében olvaszthatják és szakaszosan önthetik értékesítési tömbökbe, vagy hengerlési tuskókba, illetve folyamatosan önthetik lemez és

szalag hengerlésére alkalmas rudakba. Az ezüsből kisajtolási tuskókat is önthetnek, amelyeket ezután dróthúzásra alkalmaznak.

A kohósítással előállított nyersezüstöt és a feldolgozási lépésekből származó ezüst-maradványokat tisztíthatják salétromsavas oldással. A kapott oldatból tiszta ezüst-nitrátot kristályosíthatnak ki, ami alkalmas a fényképészeti ipar számára, vagy elektrolízissel finom-ezüstöt választhatnak le, amelyet megolvasztva rudakba önthetnek.

## **6.1.2 Arany**

Az arany fő forrása a bányászatból származó szennyes arany, ipari, ékszerészeti seprédék és fogászati hulladékok. Az aranyat az ezüsttel együtt a fentebb tárgyalt eljárásokkal nyerik ki az elektrolitos rézraffinálás anódiszapjából és egyéb anyagokból. A hulladékanyagok jelentős mennyiségben tartalmazhatnak cinket, rezet és ónt.

### **6.1.2.1 A Miller-eljárás**

A nyersanyagok előkezelésére használhatják a Miller-eljárást. Ennek során a betétanyagot egy közvetett fűtésű tégelyben, vagy egy indukciós kemencében olvasztják és az olvadékba klór gázt fújnak. A kb. 1000 °C-os munkahőmérsékleten az arany az egyedüli fém, amely nem reagál a klórral és nem képez stabil olvadt, vagy illó kloridokat. Az olvadt ezüst-klorid az olvadék felszínére emelkedik. A fém-kloridok gyűjtésére és leszedésének elősegítésére borax salakképző pótlékot adnak be. A cink reakciójával cink-klorid keletkezik, amit a többi illó fém-kloriddal együtt elszívják és a gázmosó rendszerben választanak le [tm 5, HMIP PM 1993; tm 105, PM Expert Group 1998].

A Miller-eljárással termelhetnek 98%-os minőségű aranyat, amelyből az elektrolitos raffináláshoz kerülő anódokat öntik, illetve 99,5%-os aranyat is, amelyet fémtömbökbe önthetnek.

### **6.1.2.2 Elektrolitos raffinálás**

Az arany anódokat Wohlwill-kádakban raffinálják, vékony aranylemez, vagy titán katódokkal. Az alkalmazott elektrolit egy savas arany-klorid oldat, amely hőmérsékletét kb. 70 °C-on tartják. Az elektródok között fenntartott egyenárammal az anódról oldott arany ionok a katódon válnak le, 99,99% tisztaságú arany terméket adva.

### **6.1.2.3 Egyéb eljárások**

Az arany szintén kinyerhető, illetve tisztítható a nyersanyagokat királyvízben, vagy klórozott sósavban oldva. Ezt követheti a nagy tisztaságú arany precipitációs leválasztása, ami megfelel az olvasztás és öntés céljára. Ha a nyersanyag jelentős mennyiségben tartalmaz fémes szennyezőket, be lehet iktatni egy oldószeres extrakciós lépést az arany leválasztása elé. Az oldószeres extrakció és a precipitáció lépéseit használják az arany kinyerésére a platinafémek előállításánál során keletkező oldatokból.

Az aranyat kinyerik a szilárd és a folyékony cianid oldatokból, mint például a galván-fürdőkből. A felületi aranyrétegek (pl. elektromos érintkezők, tárgyak bevonata) eltávolítására nátrium-, vagy kálium-cianid oldatokat használhatnak. A cianidos oldatból elektrolízissel nyerik ki az aranyat. A cianidok mérgező HCN képződése mellett reagálnak a savakkal, ezért ezeket távol kell tartani egymástól. A cianidok roncsolására oxidálószeret használnak, mint például a hidrogén-peroxidot, nátrium-hipokloritot, illetve nagy hőmérsékletű hidrolízist alkalmaznak.

### **6.1.3 Platinafémek**

A platinafémekhez a platina, palládium, ródium, ruténium, irídium és az ozmium tartozik. A fő nyersanyagok a réz- és a nikkeltartalmú ércekből, kéneskövekből és iszapjaiból előállított dúsítmányok. Jelentős forrást képviselnek a másodnyersanyagok is, pl. a használt vegyszerek, gépkocsi kipufogó katalizátorok, elektronikai és elektromos alkatrészek hulladékai. A platinafémek jelen lehetnek a fentebb leírt anódiszapokban és az aranytól/ezüsttől számos hidrometallurgiai eljárásokkal lehet elválasztani őket. A homogén minta érdekében a rosszabb minőségű nyersanyagokat őrlik és keverik, míg a fémes nyersanyagokat olvasztják.

A platinafémek kinyerésének fő lépései [tm 5 & 19, HMIP PM 1993; tm 105, PM Expert Group 1998] a következők:

- A nyersanyagok előkezelése, mintavétel, elemzés;
- A platinafémek kioldása, elválasztása és tisztítása pl. precipitáció, oldószeres extrakció, vagy a tetra-oxidok desztillációja módszereit is alkalmazva;
- A platina, palládium, ródium és irídium kinyerése redukcióval (hidrogén), oldószeres extrakcióval, vagy elektrolízises eljárásokkal;
- A platinafémek raffinálása hidrometallurgiai módszerekkel, mint például ammónium-kloro-vegyületek felhasználásával, tiszta fémszivacsot előállítva pirolízissel.

Speciális eljárásokat fejlesztettek ki a karbon mátrixú katalizátorokra, amelyek égetést végeznek a kioldási lépés előtt. A poros alakú katalizátorokat és iszapokat adagokban kezelik, gyakran tokos kemencékben. Közvetlen lánggal szárítják és gyújtják be a katalizátort, amelyet ezután hagynak természetesen égni. A kemencébe belépő levegő mennyiségével szabályozzák az égési körülményeket, és utánégetést is alkalmaznak.

Az átalakító és hidrogénező katalizátorokat feldolgozhatják a kerámia mátrixnak nátrium-hidroxidban, vagy kénsavban való feloldásával. Kioldás előtt a felesleges karbon- és szénhidrogén-tartalmat elégetik. A gépkocsi katalizátorok platinafémjeit külön meg lehet gyűjteni Cu-ban, vagy Ni-ben plazma-, elektromos, vagy konverter-kemencéket alkalmazva [tm 105, PM Expert Group 1998]. A kisebb termelők nyitott tálcákat alkalmaznak a katalizátorok szabad égetésére, vagy pörkölésére. Ezek a módszerek veszélyesek is lehetnek, és füstgáz-gyűjtést, valamint utánégetést lehet használni a keletkező füst és gázok kezelésére.

A platinafémek raffinálása összetett, és szükséges lehet az egyes eljárási lépéseket megismételni a kívánt tisztaság elérésére. Az alkalmazott lépések száma és sorrendje függ az eltávolítandó szennyezőktől és a az adott adag nyersanyagából elválasztandó platinafémek mennyiségi arányától is. A másodnyersanyagok, mint például a használt vegyszerek, gépkocsi katalizátorok, elektronikai és elektromos hulladék színesfémkohóban, vagy speciális berendezésben történő kezelése végül platinafémekben feldúsult maradványokat és csapadékokat eredményez.

## 7 NAGYOLVADÁSPONTÚ FÉMEK

A nagyolvadáspontú fémeket magas olvadáspontjuk mellett néhány további különleges fizikai és kémiai sajátosságuk is jellemzi, mint például a nagy sűrűségük, csekély reakcióképességük, korrózió- és savállóságuk. A cirkónium emellett még képes a lassú neutronok befogására is, ami a reaktorteknikai alkalmazását teszi fontossá. Előállítják őket elektronsugaras olvasztás után öntött tuskók (reguluszok) és fémporok formájában, mely utóbbiak a pometallurgia úton, vagyis sajtolással és szintereléssel történő feldolgozásuk alapanyaga.

A nagyolvadáspontú fémek néhány fontosabb fizikai tulajdonságait az alábbi táblázat mutatja.

Fém	Vegyjel	Rendszám	Relatív atomtömeg	Olvadáspont °C	Forráspont °C	Sűrűség g/cm <sup>3</sup>
<b>Króm</b>	Cr	24	51,99	1857	2672	7,19
<b>Mangán</b>	Mn	25	54,94	1220	2150	7,44
<b>Volfrám</b>	W	74	183,85	3410	5900	19,3
<b>Molibdén</b>	Mo	42	95,94	2610	5560	10,22
<b>Tantál</b>	Ta	73	180,95	2996	5425	16,65
<b>Titán</b>	Ti	22	47,88	1725	3260	4,5
<b>Nióbium</b>	Nb	41	92,90	2468	4927	8,57
<b>Rénium</b>	Re	75	186,2	3180	5900	21,02
<b>Hafnium</b>	Hf	72	178,4	2230	4602	13,09
<b>Cirkónium</b>	Zr	40	91,22	1857	3580	6,5

### 7.1 Alkalmazott eljárások és technológiák

A nagyolvadáspontú fémek legfontosabb előállítási módszereinek tárgyalása mellett esetenként kitérünk az adott féme(ke)t tartalmazó ferroötvözetekre és az egyéb összetett anyagokra is.

#### 7.1.1 Króm

Az acélipar a krómot elsősorban ötvözőként használja, de más iparágakban is jelentős a felhasználása. A vegyipar számára fontos pigment-alapanyag (festékekbe, tintákba) és nagy mennyiséget használ föl a galvántechnikai ipar is bevonatok előállítására, mivel a króm korrózióállósága szobahőmérsékleten számos közeggel szemben kiváló.

A fémeket kromitos ércekből, illetve azok koncentrátumaiból (dúsítmányaiból) akár karbotermikus, akár metallotermikus redukcióval is elő lehet állítani, de krómsavból elektrolitikusan is redukálható, azaz kinyerhető. Krómsav előállításához a kromitos ércet nátrium-karbonáttal (szódával) pörkölik, majd a pörkölekből kénsavval kioldják a nátrium-kromátot, ami azután krómsavvá alakítható.

### 7.1.1.1 Króm előállítása metallotermikus redukcióval

A nagyhőmérsékletű redukcióhoz karbont, szilíciumot vagy alumíniumot használnak redukáló szerként. A szilárd betét alkotóit számítógéppel vezérelt tárolókból automatikusan mérik be és egy tartályba adagolják. A munkaterületet a porkibocsátás ellen különféle módszerekkel védik. Bemérést követően az elegyet egy másik, zárt helyiségben összekeverik, ahol csökkentett tényomást tartanak fenn. A ventilátor az elszívott levegőt szűrőn keresztül nyomja ki. A tartályt ezután egy zárt reaktorcsarnok munkaállására szállítják.

Az üstreaktor tűzálló bélését úgy alakítják ki, hogy kizsaluzott térrészébe adagolt — tűzálló homokból, kevés víz hozzáadásával készített — masszát vibrációs asztalon tömörítik. Az adagoló berendezéshez egy központi porelszívó és szűrő berendezés csatlakozik.

Tömörítés után az üstbélést belülről még egy híg kötőanyag tartalmú oldattal is kikenik, majd gázfűtésű ernyő alatt kiszáritják. Ezután kerül át a reaktor csarnokba. A szárító ernyőtől távozó füstgázokat a kémény természetes huzata viszi ki.

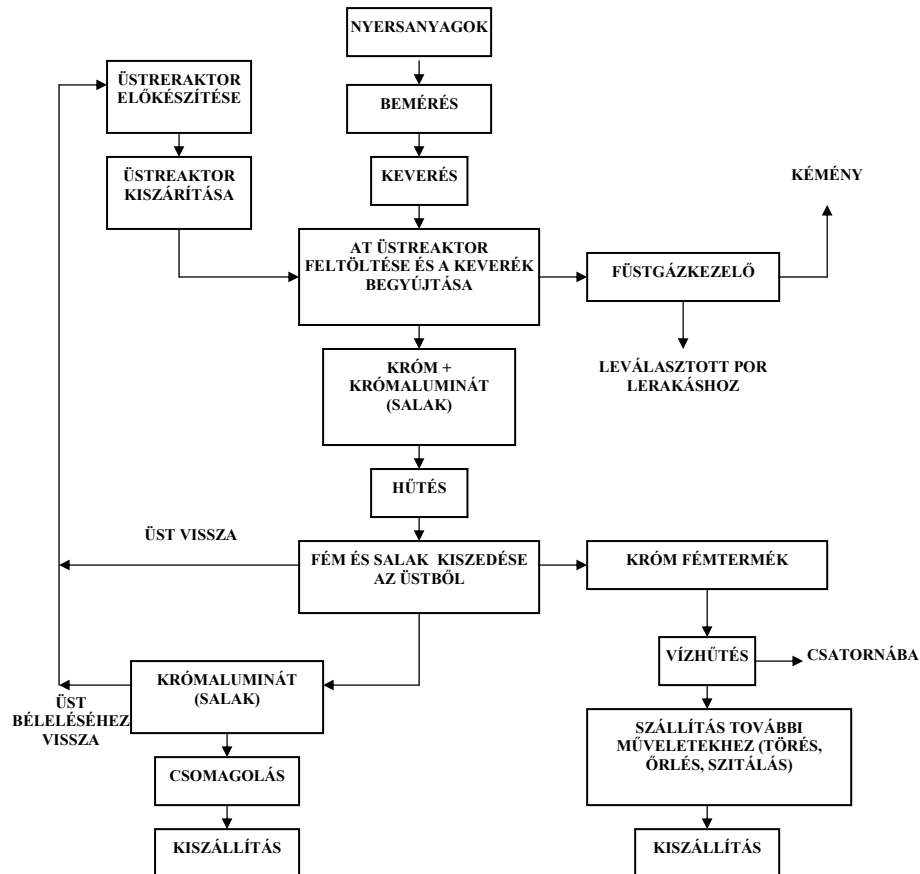
A kemencecsarnokban az üstreaktorhoz mozgatható füstelszívó ernyő, és egy adagoló berendezés (surrantó) kapcsolódik. A reakcióelegyet automatikusan és megfelelően szabályozott ütemben adagolják az üstbe, amiben a hőtermelő folyamat lejátszódik. A reakció során termelődő gázokat a központi zsákos porleválasztóba vezetik. Az intenzív gázképződés csökkenésével később az üst fölötti elszívást is mérséklük.

A reakció lejátszódása és a kinyert fém megszilárdulása után az üstöt daruval átviszik a hűtőszalagra, amely elszívó-ernyővel részlegesen lezárt. A csatlakozó ventilátorok cserélhető üvegszálás szűrőbetéteken keresztül az épületen kívülre nyomják az elszívott levegőt.

A hűtőszalagról az üstreaktort daruval áteszik egy forgóváz kocsira, s azon a lehúzó-fülkébe kerül. Ebben a zárt fülkében az üstszerelvényeket leemelik a szilárd fémről és salakról. Az üstbélésről leváló törmelék fenékürítős csillébe hullik, ahonnan egy vibrációs rostára ürítik. Töltetes szűrőkkel szerelt elszívórendszer biztosítja a por és egyéb károsanyag-kibocsátás közben tartását.

A fém/salakot és a reaktorüst bélésanyagát a forgózsámolyos lehúzó szerkezet segítségével választják szét, illetve nyerik vissza. Az üstbélés anyagát visszajaratják az üst előkészítéséhez. A salakot elválasztják a fémtömbtől és a kiszállítási tároló térre küldik. A fémtömböt daruval átemelik egy hűtőtartályba, ahol vízzel 100 °C alá hűtik. A fejlődő gőzt elszívó ventilátorral az épületen kívülre vezetik.

A lehűtött fémtömböt az üzem más helyiségeiben letisztítják, összetörik és őrlik, a megkívánt termékminőség szerint. A vevői igényekhez igazodik a fémtermék csomagolása, például faládába, hordóba és műanyag zsákba. A (metallo)termikus redukcióval történő króm-előállítás folyamat-vázlatát az alábbi ábrán mutatjuk be.



8.1. ábra (Figure 8.1) Króm előállítása metallotermikus úton

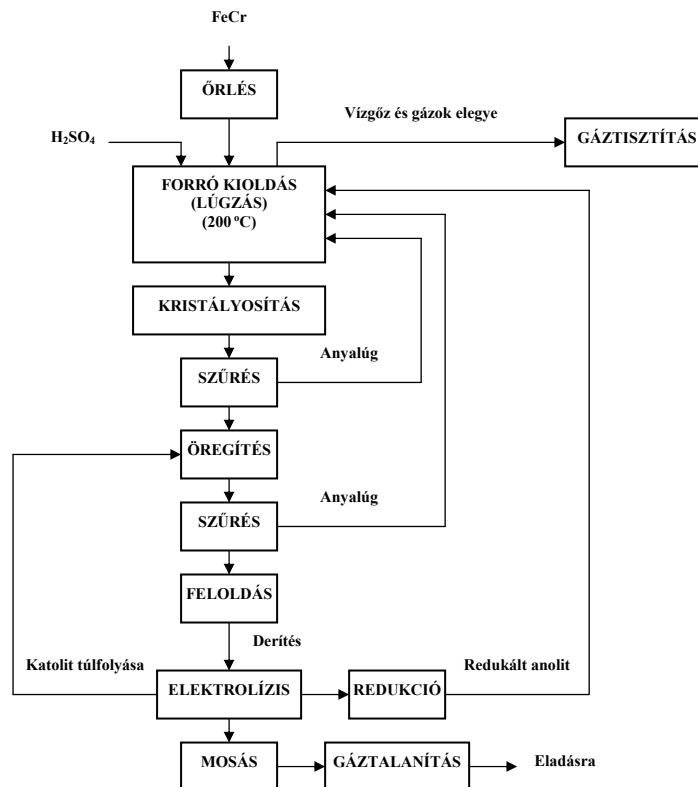
A szilikotermikus redukció során felszabaduló hő nem elég ahhoz, hogy a folyamat termikusan önfenntartó legyen, ezért ilyenkor elektromos ívkemencében kell dolgozni. Karbotermikus redukció esetében a króm-oxidot elektromos ívkemencében karbonnal redukálják. Az ilyen módon előállított króm jelentős mennyiségű karent tartalmaz.

### 7.1.1.2 Króm előállítása elektrolízissel

Az elektrolitos fémkinyeréshez kiindulási (betét)anyagként általában nagy karentartalmú ferrokrómot használnak, amiből először kénsavas oldással kb. 200 °C-on krómtimsót állítanak elő. Több hidrometallurgiai művelet eredményeként, nevezetesen kristályosítás, szűrés, öregítés, újabb szűrés és ülepítéses oldattisztítás után kapott krómtimsó kerül egy diafragmás



elektrolizáló kádba. Ez az eljárás azonban sok üzemviteli paraméterre nagyon érzékeny, leginkább olyanokra, mint a pH, a katodit hőmérséklete, a katodit áramoltatása és sűrűsége, az áramsűrűség és a katód előkészítése [tm 8 HMIP 1993]. Az alábbi ábrán (...(Figure 8.2) ennek az eljárásnak a vázlata látható.



8.2. ábra (Figure 8.2): Króm előállítása elektrolízissel

A kinyert fém utólagos gáztalanítására általában szükség van, mivel az elektrolitos úton nyert króm hidrogéntartalma általában túl magas sok ipari alkalmazás számára. A lehűlt fémeket összetörik, majd tovább aprítják és hordókba rakják. A salakot általában tűzállóanyagként újra fel tudják használni vagy akár csiszoló anyagnak vagy akár tűzálló anyagnak eladják.

## 7.1.2 Mangán

A mangánt legfőképp a vas- és acélgyártásban és az alumíniumiparban használják. Ötvöző anyagként az alumíniumhoz adott mangán például javítja annak keménységét. Tiszta mangán előállítására többféle eljárás ismert [tm 107 Ullmanns 1996]:

- Mangán sók vizes oldatának elektrolízise
- Mangánérccek elektrotermikus bontása
- Mangánérccek és salakok szilikotermikus redukciója
- Mangánérccek és salakok aluminotermikus redukciója
- Ferromangán desztillálása
- Sólvadékok elektrolízise

Közülük az első kettő a legfontosabb; s a többi alkalmazásának nincs igazán gazdasági jelentősége.

### **7.1.2.1 Mangán sók vizes oldatainak elektrolízise**

A vizes elektrolitos fémkinyeréshez kerülő mangánércet először finomra őrlik, hogy megfelelően nagy és kémiaileg aktív felület jöjjön létre a redukciós előkészítő és az azt követő lúgzási művelet számára. Az őrölt ércet forgatott dobkemencében 850-1000 °C-on, redukáló atmoszférában redukálják, ill. kalcinálják. Redukáló szerként többféle karbon hordozó anyag szóba jöhet, pl. antracit, kőszén, faszén és kőolaj vagy földgáz is. A kalcinált ércet 100 °C alá kell hűteni a visszaoxidálás megakadályozása céljából.

A kioldást (lúgzást) az elektrolízis, többnyire kénsavas véglúgjaival végzik. Lúgzás és szűrés után az oldat vastartalmát oxidatív precipitációval választják ki, míg a nikkelt- és kobalttartalmát szulfidos kicsapással távolítják el. A tisztított elektrolitot ezután még SO<sub>2</sub>-dal is kezelik, hogy a katódos fémleválasztás terméke  $\gamma$ -Mn legyen. Diafragmált cellában [tm 8 HMIP 1993] elektrolizálnak. A katód általában rozsdamentes acél vagy titán. Anódnak ólom-kalcium vagy ólom-ezüst ötvözetet használnak. Megfelelő reakcióidő elteltével a katódokat eltávolítják/kiemelik a kádakból. Az anyalemezekre levált mangánt mechanikai úton leválasztják, majd mossák és szárítják. A kinyert fémet törlik, ill. őrlik hogy lemezkés vagy porszerű, szemcsés terméket kapjanak, igény szerint.

### **7.1.2.2 Mangánérccek elektrotermikus bontása**

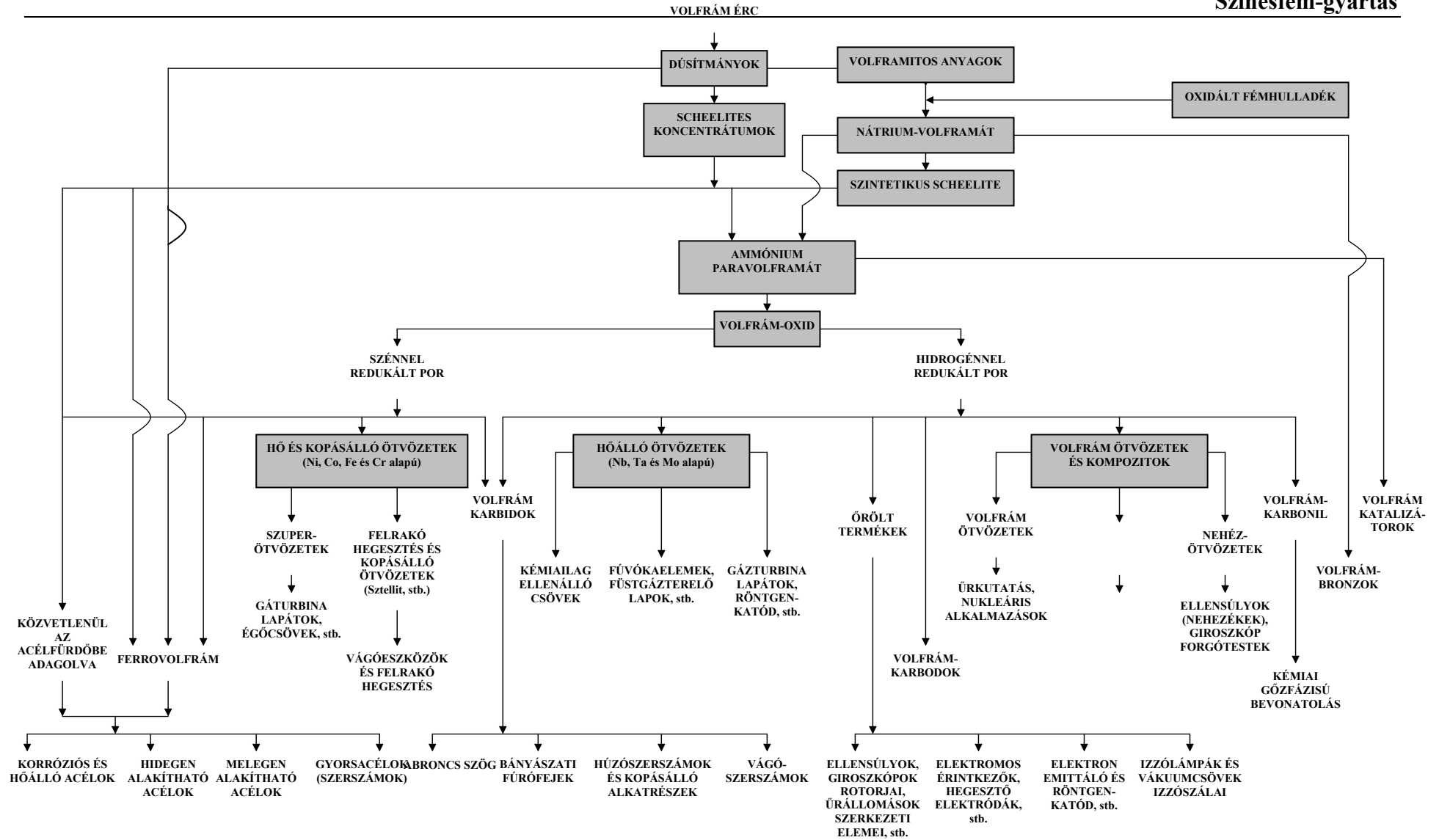
Ipari méretekben történő fémmangán előállításának második legfontosabb módja az elektrotermikus, többlépéses eljárás. Az első lépcsőben a mangánércet csak kis mennyiségű redukálószerrel kohósítják (elektromos ívkemencében), hogy lehetőleg csak a vas-oxid redukálódjék. A termék gyengébb minőségű ferromangán lesz, míg a salak gazdag lesz Mn-oxidban. Ezt a salakot a második lépésben szilíciummal olvasztják össze, hogy szilikomangánt nyerjenek. A folyékony szilikomangánt az első lépcsőből származó folyékony salakkal kezelve, viszonylag tiszta mangán nyerhető. Ez utóbbi művelethez üstöt vagy rázóüstöt szoktak használni. Az elektrotermikus előállított nyersfém Mn-tartalma legfeljebb 98 %.

### **7.1.3 Volfrám**

A volfrám a legmagasabb olvadáspontú fém, s ez a rendkívül erős (atomi) kötési energiájának tudható be, amiből további rendkívüli tulajdonságai is adódnak, mint pl. a kicsiny gőznyomása, kompresszibilitása és hőtágulása.

Számos ipari alkalmazása van. Legnagyobb mennyiségben keményfém és volfrám-karbid por gyártására használják, amiből azután pormetallurgiai módszerekkel keményfém-szerszámokat állítanak elő. Az acélipar is jelentékeny mennyiségben használ fel volfrámot acélötvözőként. További fontos felhasználási területei: más színesfémek ötvözőelemeként és volfrámvegyületekként a vegyiparban.

Nagyon magas olvadáspontja kizárja, hogy tűzi kohósítási (olvasztásos) módszerrel állítsák elő. A dúsított érceiből és koncentrátumaiból épp ezért hidrometallurgiai úton, savas, vagy lúgos feltárással egy közbűső, kémiai úton tisztított sóját állítják elő. Ezt oxiddá kalcinálják, majd fémporrá redukálják. A volfrám-por tovább-feldolgozásánál a porkohászati módszereket, a tömörítést, sajtolást és a szinterelést alkalmazzák, amelyeket egyéb gyártástechnológiai módszerek alkalmazása, kovácsolás, hengerlés és húzás követ. A fémpor karbiddá alakítás után – a volfrám-karbid szemcséket kobalttal „cementezve” — keményfémé [tm 8 HMIP 1993] is feldolgozható. A rendelkezésre álló nyersanyagoktól függően, volfrámot elő lehet állítani elsődleges és másodlagos nyersanyagokból is. A következő ábrán egy jellegzetes volfrám-előállítás folyamatvázlata látható.



8.3. ábra (Figure 8.3) Volfrám folyamatábra  
[tm 008, HMIP 1993]

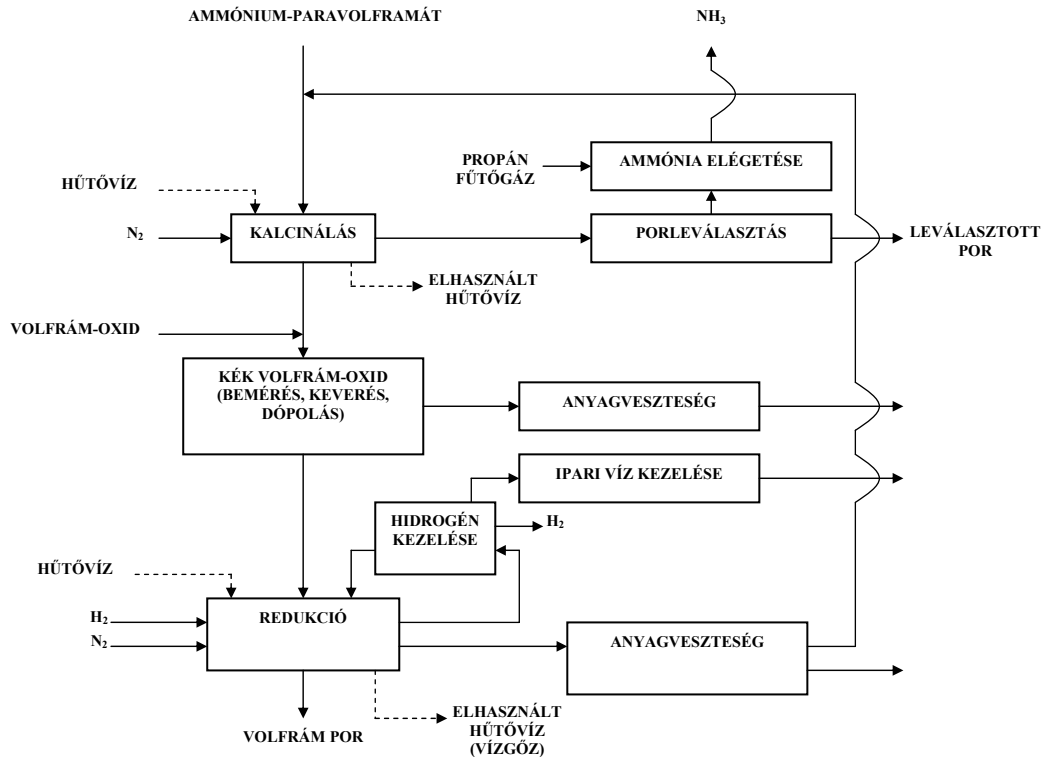
### 7.1.3.1 Volfrámpor előállítása elsődleges /primer/ nyersanyagokból

A volfrámércet — általában már a bányahely közelében — először aprítják és őrlik, hogy a volfrám ásványokat tartalmazó anyagrészeket fizikailag elkülönítsék a meddőtől (fizikai feltárás). A következő lépésben, hidrometallurgiai módszerekkel ammónium-paravolframátot (APV) állítanak elő.

A leggyakrabban feldolgozásra kerülő scheelites és a volframitos koncentrátumokat nyomás alatti lúgzással nátrium-volframátos oldattá állítják át, miközben más alkotók, például a szilikátok, a tiomolibdátok és olyan elemek, mint például az As, Sb, Bi, Pb, és Co is kioldódnak. Ezeket el kell különíteni az oldattisztító műveletek során. A tiomolibdátból molibdén állítható elő. A tisztított nátrium-volframátos oldatból azután ammónium-volframátos oldatot állítanak elő, akár oldószeres extrakciós, akár ioncserés módszerekkel. Ezután a kristályosítás művelete során a vizet és az ammóniát ledesztillálják: valójában eközben a töményedő oldat pH-ja fokozatosan csökken és az APV kikristályosodik. A szilárd APV-ot ezután kalcinálják, általában forgatott dobkemencében, miáltal volfrám-oxidok keletkeznek.

A volfrámpor gyártásában kétféle volfrám-oxidnak, az un. sárga-( $WO_3$ ) és a kénoxidnak ( $W_4O_{11}$ ) van kitüntetett szerepe. Az APV-ot levegőn  $250\text{ }^\circ\text{C}$  fölötti hőmérsékleten hevítve sárgaoxidá alakul. A kénoxid kalcinálás során akkor keletkezik, ha a hevítést levegő kizárása mellett és  $400\text{-}800\text{ }^\circ\text{C}$ -on hajtják végre. Általában a kénoxid előállítását részesítik előnyben, mivel a rákövetkező redukáló lépésben kevesebb redukáló szer szükséges.

A volfrám-oxidok (kék- vagy sárga-oxid) fémes volfrámporrá redukálását manapság hidrogénnel végzik, vagy forgatott kemencében vagy tolókemencében, utóbbiban csónakokban tolják végig a port. Újabban teljesen automatizált kemencéket is használnak. A hidrogént ellenáramban vezetik, és az oxidok redukciója közben vízgőz keletkezik. A hidrogént részben vissza is forgatják (visszavezetik) a kemencébe. Az esetlegesen képződő porok összegyűjtésére használhatnak például zsákos szűrőt, nedves mosót, vagy más hasonló berendezéseket. A legfontosabb folyamat-paraméterek a kemencehőmérséklet, az egységnyi idő alatt bevitt oxid-mennyiség, a hidrogénkeringtetés sebessége, továbbá a porágy (akár a kemence fenekén, akár a csónakban) mélysége és porozitása. A volfrámpor előállításának folyamat-vázlata a következő ábrán látható.

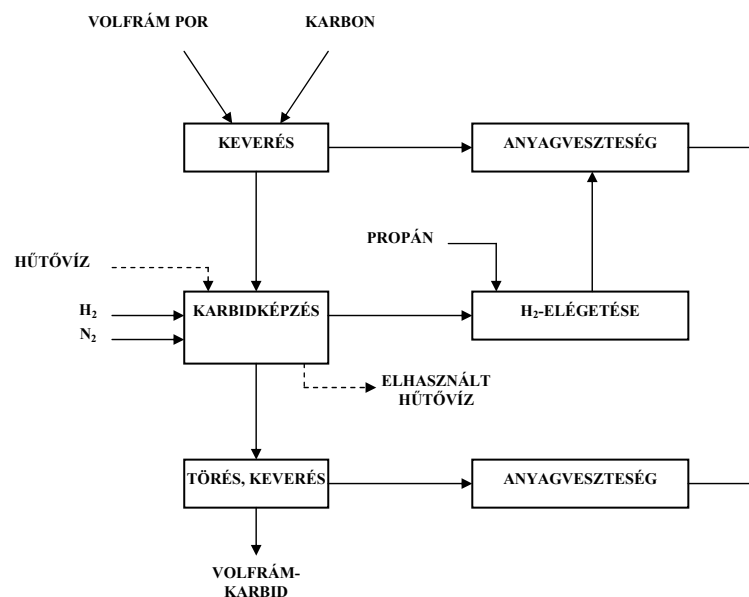


8.4. ábra (Figure 8.4.) Volfrámpor előállítása [tm 182, ITIA 1999]

Az előállított volfrámpor zömét volfrám-karbiddá alakítják: a volfrámport olyan arányban keverik össze (karbonnal) korommal, hogy a reakcióban a monokarbid keletkezzék.

- **Tolókemence:** A W és C keverékét grafit csónakokba, ill. tégelyekbe rakják, és folyamatosan tolják át a kemencén. Védőgáznak hidrogént használnak, ami ellenáramban halad végig a kemencén. A kilépési ponton elégetik. A láng begyűjtésére és fenntartására propánégő szolgál. A kemencét elektromosan fűtik és 1100-1200 °C-on üzemeltetik.
- **Szakaszos üzemű kemence:** A W és C keverékét papír hengerekbe vagy más alkalmas tartó edényekbe adagolják, és ütögetéssel tömörítik. Vízhűtéssel ellátott indukciós hevítő berendezéssel hidrogén védőgáz atmoszférában izzítják a keveréket. A folyamat 1800-2000 °C-on játszódik le.

A volfrámpor karbiddá alakításának folyamatvázlata az alábbi ábrán látható:



8.5. ábra (Figure 8.5.) Volfrám-karbid gyártása

### 7.1.3.2 Másodlagos volfrám-nyersanyagok /hulladékok/ feldolgozása

A különféle forrásokból eredő és növekvő mennyiségben felhalmozódó volfrám hulladék (volfrám tartalmú keményfém hulladék) feldolgozására többféle módszert is kifejlesztettek. A volfrám tartalmú (kobalt kötőanyagot is tartalmazó volfrám-karbid) hulladékok újrafelhasználásának három legfontosabb módszere a 'Goldsteam' eljárás, a cinkamalgámos ('Zinc process') eljárás és egy lúgzó-örmlő ['Leach-Milling'] eljárás [tm 8 HMIP 1993]

'Goldsteam' eljárásban a karbidos törmelék nagy sebességű levegőárammal neki röpitik egy rögzített ütköző felületnek. A szobahőmérsékletnél alacsonyabb hőmérsékleten történő ütközések nyomán adiabatikus lehűlés következik be és a törékennyé vált karbid darabok, szétrohadnak. A porított termékből légszeparátorral elkülönítik és összegyűjtik a finom frakciót, a méret fölötti részt pedig visszavezetik az aprításhoz. Az igen nagy kobalt tartalmú keményfémhulladék feldolgozása — kevésbé rideg volta miatt — csak úgy lehetséges, ha előmelegítik, majd gyorsan lehűtik törés előtt.

A cinkamalgámos eljárásban ['Zinc process'] a keményfém hulladékot cink olvadékkal érintkeztetik, amely amalgámot képez a kobalttal, és hatásosan felszabadítja a karbid szemcséket. A hulladék alapos cinkes átítatása után a cinket vákuum-desztillációval eltávolítják, s a visszamaradó szivacsos szerkezetű keményfémeket már könnyű összetörni.

Aprítás, őrlés és méret szerinti osztályozás (szitálás) után már meghatározott minőségű és sajtolással tovább feldolgozható porterméket kapnak. Az eljárás gyenge pontja a visszanyert szemcsés termék méret szerinti megoszlása, valamint a kétfokozatú cink-desztilláció szükségessége. Az eljárás szakaszos, a keményfém hulladékot és a cinket megfelelő reaktorba, ill. grafit tégelybe rakják. A 900 °C-on végzett kezelés végén (mintegy 12 óra után) csökkentik a térfogatot, és a cinket ledesztillálják, amihez még további 15 óra kell.

A '**Leach-Milling**' eljárásban a keményfém hulladékot bélelt malomba szakaszosan ásványi savval kezelik. A kobalt kioldódása lassú folyamat és a visszanyert karbidnak előnytelenül nagy lesz az oxigén tartalma. A kobalt tartalma még további műveleteket kíván és jelenleg ezt az eljárást, kevésbé alkalmazzák

A szennyezett keményfém, a forgács és a köszörűpor hulladékokat oxidálják, majd a volfrámércet feldolgozásához hasonló módszerekkel ammónium-paravolframáttá (APV) alakítják át. Jelenleg a kobalt, a tantál és a nióbium visszanyerése külön-külön kezelősorokon történik

### 7.1.4 Vanádium

A vanádiumot legnagyobb részben a vas-vanádium ötvözetekben (ferrovanádiumban) hasznosítják. A vanádium előállításának igazi fejlődése az ötvenes években kezdődött és lényegében a ferrovanádium és néhány vanádium vegyület gyártására korlátozódott. Az ötvenes években emellett néhány fontos metallurgiai alkalmazása is kifejlődött. A repüléstechnika számára létfontosságú többkomponensű titánötvözetekhez a vanádium nélkülözhetetlenné vált. Ötvözei fontossá váltak az atomreaktoroknál és a szupravezetőknél is. A vegyipari alkalmazásai elsősorban a vanádium változó vegyértékén alapulnak sóiban, s emiatt katalizátorok fontos anyaga, például a kénsavgyártásban, az EPDM az adipinsav, maleinsav, vagy ftálsav előállításában. Vanádium-oxidokat használnak továbbá a  $\text{DeNO}_x$  típusú katalizátorokban aktív komponensként, mégpedig az erőművekből (hulladékegyetökből) kibocsátott nitrogén-oxidok redukciójára. Vanádiumsókra irányuló újabb fejlesztések középpontjában az ökológiai szempontból kritikus króm-tartalmú pigmentek helyettesítésére felhasználható „alternatív” sárga és narancssárga (vanádiumos) pigmentek kerültek.

#### 7.1.4.1 Vanádium előállítása primer nyersanyagokból

A manapság előállított vanádium zömét az ún. vanádium salakból nyerik, ami a titanomagnetites ércnek elektromos ívkemencés előredukciója során keletkezik. Az ívkemencéből nyersvasat csapolnak, amit azután oxigénes konverterben fúvatnak, hogy a vanádium a salakba kerüljön. Az így nyert vanádiumos salakot tekinthetjük a legfontosabb nyersanyagának a vanádium-oxid előállításához, amiből redukálással fém vanádium, s különösen vanádium tartalmú ötvözeteket készítenek.

A vanádiumsalak feldolgozásának első lépése az őrlés, hogy a vas szemcséket feltárják benne. Őrlés után általában alkáli fém sókat kevernek hozzá és így adagolják egy többterű láng- vagy forgatott dobkemencébe, ahol az oxidáló pörkölés hatására, kb. 700-850 °C-on a salak szétesik, vagyis ilyen körülmények között mind a vanádium oxidációja  $\text{V(V)-t}$ é/, mind pedig a vízoldható sók kialakulása végbemegy. Ezután, az így megpörkölt vanádium salakot kilúgozzák, hogy egy tömény vanádium oldatot nyerjenek. Ebből az odatfázisból a vanádium előnyösen kiejthető egyfajta ammónium tartalmú vanadát só formájában a pH és a



hőmérséklet megfelelő szabályozása által. A vanadát csapadékot leszűrjük, megszáritják, és átalakítható akár különféle oxidokká /vanádium-pentoxidá, vanádium-tetroxidá vagy vanádium-trioxiddá/ is a hőmérséklet és a redukciós/oxidációs körülmények megfelelő szabályozásával.

A vanádium oxidokból akár karbo- akár metallotermikus redukcióval előállítható a vanádium. A szenes redukciót ritkábban használják, mivel a szinített fémnek nagy az oxigén- és a karbontartalma. A gyakorlatban használt metallotermikus redukcióhoz vagy kalciumot vagy alumíniumot használnak redukáló szerként. Kalciumot használva a redukciót zárt és nyomástartó, magnézium-oxiddal bélelt kemencében vezetik. Az aluminotermiás vanádium-pentoxid-redukció hőtechnikai szempontból önfenntartó folyamat, tehát külső fűtésre nincs szükség. A redukciót egy hőálló berendezésben vezetik, amelyben a nagytisztaságú vanádium-pentoxid és alumínium por keverékét reagáltatják. A kinyert (aluminotermiásan redukált) vanádium megolvastása és tisztítása történhet elektronsugaras kemencében.

#### 7.1.4.2 Vanádium tartalmú másodnyersanyagok feldolgozása

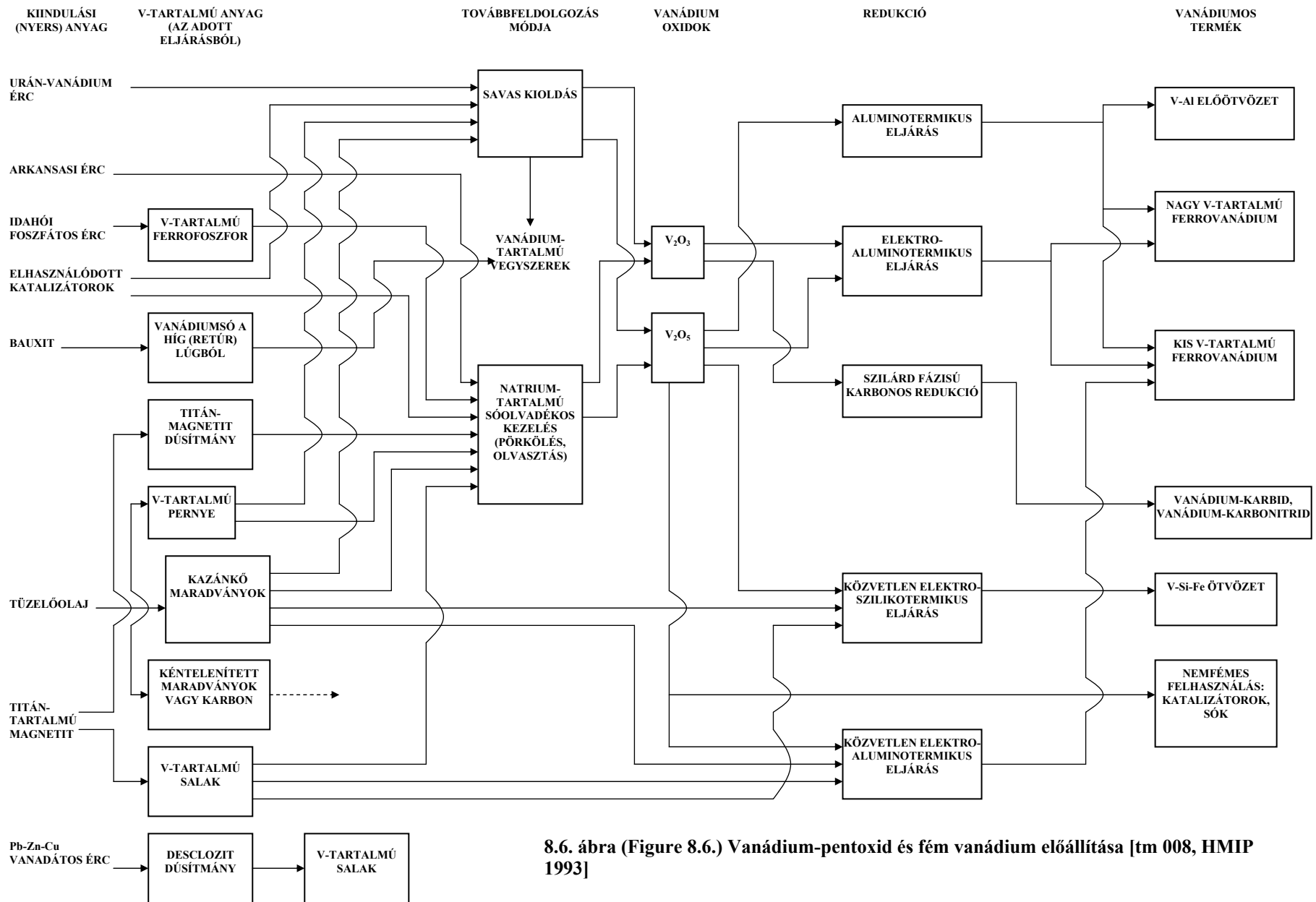
Vanádiumot számos természetes anyagban találunk, például egyes nyersolajokban vagy bauxitokban is. A hőenergia-termelésre felhasznált kőolajból, illetve a timföldgyártáshoz vitt bauxitból estenként a vanádium a kazánok füstgázainak pernyéjében koncentrálddik, ill. bizonyos vanádium sók formájában a timföldgyártás során. Az utóbbi húsz évben számos módszert kifejlesztettek tisztított vanádium sók kinyerésére ezekből a másodnyersanyagokból. A fémes hulladékokból történő vanádium-visszanyerés esetenként kapcsolódik a többi nagyolvadáspontú fémekéhez, mint például egyes elhasználdott katalizátorok feldolgozásánál, amiből akár vanádium, akár molibdén is kinyerhető.

A nyersolaj-feldolgozásnak, vagy a használd katalizátoroknak a vanádium tartalmú maradványai kénsavval feltárhatóak és egy extrakciós, elválasztási művelettel a vanádium savas vanadil-szulfátos oldatba vihető. Az oldott vanádium vegyületek oxidálása után a vanádium vörös só (red cake) azaz vanádium-polivanadátok formájában kiejthető. Ezt a szilárd sőt kalcinálva végül alkáli tartalmú vanádium-pentoxid nyerhető.

A vanádium tartalmú maradványok feldolgozásának egy másik eljárásában piro- és hidrometallurgiai módszerek kombinációját használják. Nagy hőmérsékleten oxidálva a maradványokat, vízoldható alkálifém-vanadátok nyerhetőak, amiből lúgzással, kicsapással és kalcinálással vanádium-pentoxidot lehet előállítani.

E dokumentumban korábban már leírt timföldgyártás egyik műveletében is keletkezik vanádium tartalmú maradvány, ill. sószerű melléktermék. Ha a timföldgyártás nagyobb vanádium tartalmú bauxitból történik, akkor ezt a vanádiumos sőt érdemes lehet vanádium-pentoxidá feldolgozni. Ez utóbbi módszer — a vanádiumsalakos eljárással összevetve — okozhat szennyvízkezelési problémát, ha a só arzén tartalmú, ami ilyenkor a lúgzó oldatba, majd végül az elfolyó oldatba kerül.

A primer vagy szekunder nyersanyagokból előállított vanádium-pentoxidot többféle metallurgiai módszerrel lehet sziníteni fémmé. Ezekről a lehetőségekről készült az alábbi összefoglaló ábra.



8.6. ábra (Figure 8.6.) Vanádium-pentoxid és fém vanádium előállítása [tm 008, HMIP 1993]

### 7.1.5 Molibdén

A tiszta molibdén fémesen csillogó, szürkés színű fém, amelyet számos ipari célra lehet használni. Elsőként említhető alkalmazása az acélgyártásban, mint fontos ötvöző elem; vegyületeit több területen használja a vegyipar, s végül igen fontos egyik vegyületének a felhasználása a kenőanyagok gyártásában.

Kinyerhető saját érceiből és melléktermékként egyes másodnyersanyagokból is, például bizonyos rézércekből. A molibdén tartalmú ércet őrlik, majd flotálják, hogy a molibdenites ásvány szemcséket elkülönítsék az anyagközettől. A molibdenites koncentrátumot azután pörkölik, hogy kéntartalmát eltávolítsák és oxiddá alakítsák. Amellett, hogy a technikai tisztaságú molibdén-trioxid ( $\text{MoO}_3$ ) a molibdén tartalmú forróötvözeteknek is kiindulási nyersanyaga; ugyancsak molibdén-trioxidból készül az összes többi molibdén vegyület is, mint például az ammónium-dimolibdát, a nátrium-molibdát és a fémes molibdén is [tm 107, Ullmanns 1996]. A molibdenites (molibdén-diszulfidos) érckoncentrátumból kalcinálással és pörköléssel állítják elő a fémkohászat vagy a vegyipar számára a molibdén-trioxidot (Lásd még a 9.8. ábra /Figure 9.8/ folyamat-vázlatát is.)

#### 7.1.5.1 Molibdén-por előállítása

Molibdén-por előállítható molibdén-trioxidból ( $\text{MoO}_3$ ) kétfokozatú hidrogénes redukciós művelettel, de előállítható például ammónium-hexamolibdátból vagy ammónium-dimolibdátból is. A trioxidból történő gyártás első lépcsőjében a  $\text{MoO}_3$ -ot kb. 600 °C-on exoterm redukciós folyamat során molibdén-dioxiddá ( $\text{MoO}_2$ ) alakítják, majd a második redukciós lépcsőben kb. 1050 °C-on nyerik a redukált fémport, tolókemencében, lépegető fenekű kemencében vagy forgatott dobkemencében, ellenáramban vezetett hidrogénben. A fémpor tömörítése sajtolással, majd szintereléssel történhet. A molibdént vákuum ívkemencében vagy elektronsugaras kemencében megolvasztva lehet belőle fémtömböt előállítani.

#### 7.1.5.2 Molibdén tartalmú másodnyersanyagok feldolgozása

A petrokémiai ipar katalizátorként nagy mennyiségben használja a molibdént, s így az elhasználódott katalizátorok anyagából gazdaságosan visszanyerhető. Ilyesféle hulladékokból az alábbi műveleti lépések szerint:

- Felmelegítés/hevítés levegőn 600 °C-on, hogy a kén-, szén- szénhidrogén-maradványok eltávozzanak és hogy e két fém molibdáttá, illetve vanadáttá alakuljon az oxidáció hatására.
- A molibdát és vanadát vegyületek szelektív kioldása (lúgzása) az oldatlanul visszamaradó nikkel-kobalt-alumínium-oxid szilárd maradékok mellől.
- A molibdát és a vanadát elválasztása
- A Ni-Co- $\text{Al}_2\text{O}_3$  maradvány kezelése a nikkell és a kobalt visszanyerése céljából.

## 7.1.6 Titán

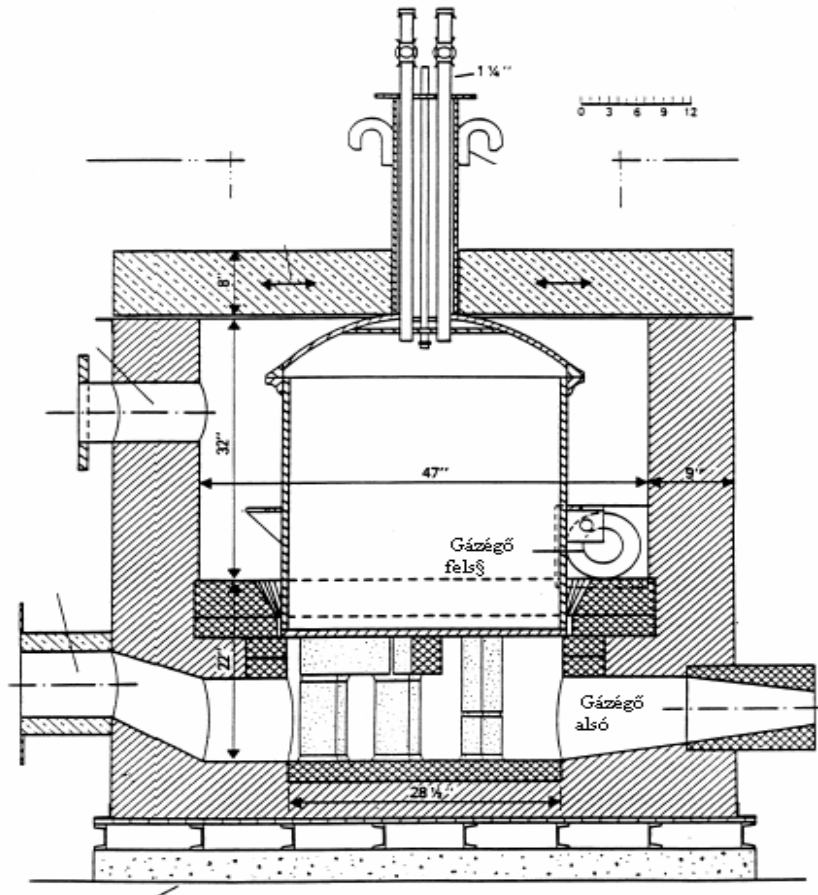
Az ipar a titánt elsősorban titán-dioxid ( $\text{TiO}_2$ ) formájában festékpigmentként, műanyagokban és papírban töltőanyagként, valamint fémtitánként használja föl. A fémes titánt és ötvözeteit elsősorban olyan helyeken használják, ahol a titán kiváló tulajdonságaiból adódó előnyök még a magas ára ellenére is indokoltá teszik a felhasználását. A titánt széleskörűen alkalmazzák repülőgép hajtóművekhez és repülőgép szerkezeti elemekhez, mivel nagy a szilárdsága, kicsiny a fajsúlya, valamint jó a korrózióállósága.

A gyakorlatban a titán előállítására kétféle eljárás terjedt el. A Kroll eljárás szerint a titán-tetrakloridot ( $\text{TiCl}_4$ ) olvadt magnéziummal redukálják, hogy tiszta titánt, illetve titán szivacsot állítsanak elő. A Hunter eljárás szerint olvadt nátriumot használnak a  $\text{TiCl}_4$  redukálására. Mivel az olvadt titánnak nagy a kémiai aktivitása, ezért az öntecset vákuum kemencében állítják elő.

A titán-tetrakloridot előállíthatják titán-oxid tartalmú ércből, vagy olyan titán salakból, amit az ilmenites érc feldolgozásánál nyernek. Ma már kizárólagosan fluidágyas reaktorokban klóroznak, mivel nagyobb a reakciósebesség, jobb a hőátadás és emiatt nagyobb az elérhető reakció-hőmérséklet. A klórozás művelete után még általában szükséges további elválasztási és tisztítási műveletek alkalmazása, hogy elérjék a kb. 99,9%-os tisztaságot.

### 7.1.6.1 Titánszivacs előállítása

A fentebb említettek szerint a titánszivacsot akár a Kroll, akár a Hunter eljárással elő lehet állítani. A Kroll eljárás szerint a titán-tetrakloridot (titanium tetrachloride =TTC, amely szintelen, füstölő folyadék) semleges gázatmoszférában, folyékony magnéziummal redukálják rozsdamentes acélból vagy szénacélból készített reaktorban, amelyet esetenként belülről titánnal bevonatolnak. Jellegzetes kialakítása az alábbi ábrán látható.



**8.7. ábra (Figure 8.7) A Kroll eljárás szerinti titán előállításához használatos reaktorüst**

A reaktorba először oxidmentes magnéziumot raknak és argon gázzal feltöltik. A magnéziumot közvetett fűtéssel megolvastják, ezután óvatosan adagolni kezdik a  $\text{TiCl}_4$ -ot. Mivel a lejátszódó reakció exoterm, így a folyamat jól szabályozható a  $\text{TiCl}_4$  adagolásának ütemével. A hőmérséklet 850 és 950 °C között változhat, s ha alacsonyabb hőmérsékletet tartanak, akkor a reakcióidő hosszabb lesz, de tisztább fémterméket kapnak. A termék valójában a szivacsos szerkezetű fémtitán, amely magába foglalja a magnézium-kloridot és más szennyezőket, mint például a reagálatlanul visszamaradt magnéziumot,  $\text{TiCl}_4$ -ot és valamennyi titán szubkloridot is. Ezek a szennyezők az alábbi módon távolíthatók el: [tm 008 HMIP 1993].

- Savas lúgzás híg salétromsavval vagy sósavval
- 1000 °C-on argon gázos átöblítése a reaktorban lévő anyagnak, miáltal a szennyezők illódnak és eltávoznak.
- Vákuum desztilláció 30 Pa nyomáson 960 – 1020 °C-on mintegy 30 – 60 óráig.

A Hunter eljárás, amelynél fém nátriummal redukálják a  $\text{TiCl}_4$ -ot mára elvesztette jelentőségét, s zömében a Kroll eljárással váltották föl.

A nyert titán szivacsból vákuumban, fogyó-elektrodás átolvasztással lehet titán tömböt előállítani.

### 7.1.6.2 Titán tartalmú másodnyersanyagok és a titánszivacs feldolgozása

A növekvő titán gyártással az újrahasznosításra rendelkezésre álló titán tartalmú másodnyersanyagok mennyisége is növekedett, aminek az átolvasztása ugyanúgy, mint a titánszivacsé csak különleges kialakítású kemencékben és vákuum alatt történhet. A titán hulladékot és a titán szivacsot összekeverik és együtt tömbökké sajtolják. Ezeket a sajtolt tömböket azután összehegesztik un. fogyó elektróddá, amit azután úgy helyeznek be az ívkemence terébe, hogy az elektród alsó részét körülfogja az átolvasztott titán összegyűjtésére kialakított, hűtött rézkokilla. Az elektród alsó vége és a kokilla fenéke között elektromos ívet húznak és az elektródot olvadása ütemében lassan lefelé engedik.

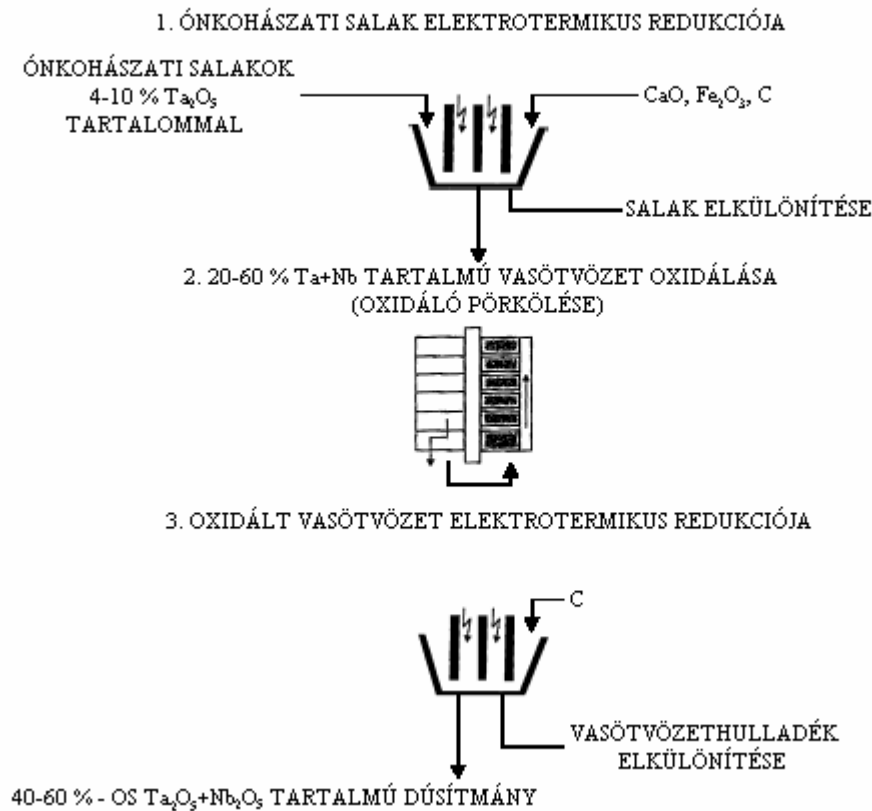
Az át nem olvasztott titán hulladékot közvetlenül is felhasználhatják ötvözőként az acélgyártásban, a nikkell, a réz, az alumínium vagy más fémek kohászatában vagy ferrotitán gyártásához is.

### 7.1.7 Tantál

A fémes tantálnak jelentős a szerepe az elektronikai alkatrészek, vegyipari berendezések és az űrtechnikai eszközök gyártásánál, például készül belőle kondenzátor az elektrotechnikai ipar vagy hőpajzs a gyorsító rakéták számára. Savas folyadékokhoz hőcserélők, kolonnák és diafragmák, stb. szerkezeti anyaga is a tantál, kiváló korrózióállósága következtében.

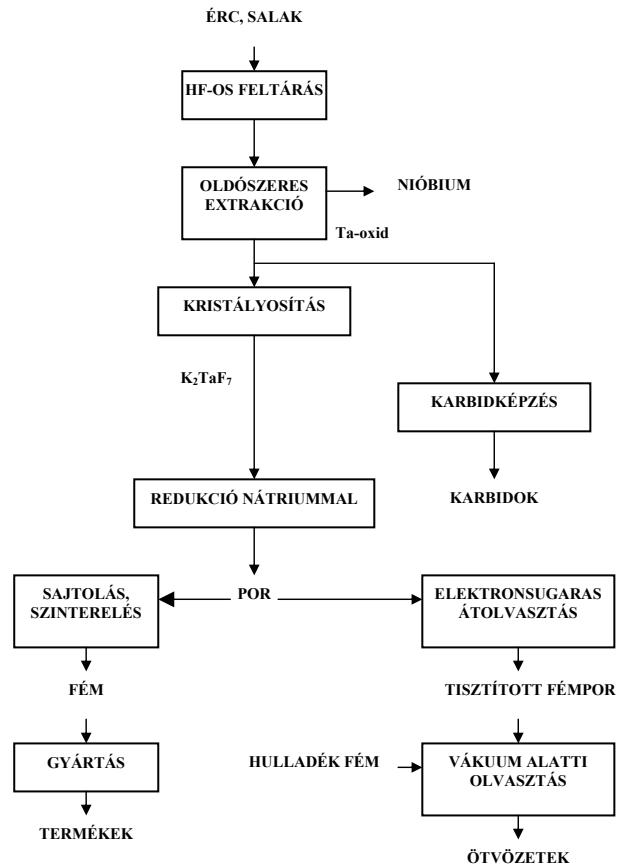
#### 7.1.7.1 Tantál előállítása primér nyersanyagokból

A tantál fém előállítása kiindulhat tantál tartalmú ércekből vagy tantálban gazdag ónkohászati salakokból. Az ónérc koncentrátumok kohósításánál keletkező salakból történő tantálkinyerés jelentősége az utóbbi években növekedett és mára kb. a világtermelés 30 %-a ebből származik. A következő ábra az ónkohászati salakokból való tantál- és nióbium oxidok előállításának elvét mutatja.



8.8. ábra (Figure 8.8) Tantál- és nióbbium oxidok előállítása ónkohászati salakból

A tantál tartalmú ércet először aprítják, örlik, flotálják, majd lúgozzák és flotálással vagy más dúsítási módszerrel koncentrálnak. A dúsítványt folyosavban tárják fel. Ezt követően a Ta és Nb extrahálása szerves oldószeres elválasztással történik, melynek eredményeképpen kálium-heptafluorotantalát köztiterméket kapnak. A kálium-heptafluorotantalát ezután nátriummal tantál fémporrá redukálják. Tiszta tantálpórt előállítás általában kétféle módon történhet. Az egyik szerint a nyers tantálpórt magnéziummal dezoxidálják vagy pedig vákuumban vagy védőgáz alatt termikusan kezelik (hevítik). A másik szerint a nyers tantál pórt elektronsugaras kemencében átolvasztják (vákuumban). A tantál nagy olvadáspontja következtében a fémport szennyező anyagok zöme elpárolog és a kemencegázzal távozik. A tisztított tantálpórból azután már készíthetnek félkész termékeket vagy például tantál-kondenzátort. A tantál előállításának folyamatvázlata az alábbi ábrán látható.



8.9. ábra (Figure 8.9) Tiszta tantálpor előállítása

### 7.1.7.2 Tantál tartalmú másodnyersanyagok feldolgozása

A tantál visszanyerésére feldolgozható másodnyersanyagok lehetnek fémes (nem oxidálódott) tantál hulladékok és fémtartalmú, oxidált tantált és más fénoxidokat is tartalmazó vegyes hulladékok. A fémes tantál hulladékot, például szinterelt darabokat elektronsugaras kemencében át lehet olvasztani vagy vákuum kemencében hidrogénnel kezelni, hogy tantál fémport nyerjenek. A másik fajta (oxidált) hulladék, például a mangán-dioxiddal bevont oxidált tantál anódok vagy az ezüst vezető réteggel ellátottak [tm 107 Ullmanns 1996] kezelése történhet salétromsavval vagy sósavval, aminek a maradéka tartalmazza az oxidált tantált. A mangán-dioxid tartalmú oxidos hulladékot emellett közvetlenül is fém tantállá lehet redukálni argon-hidrogén plazmában.

### 7.1.8 Nióbium

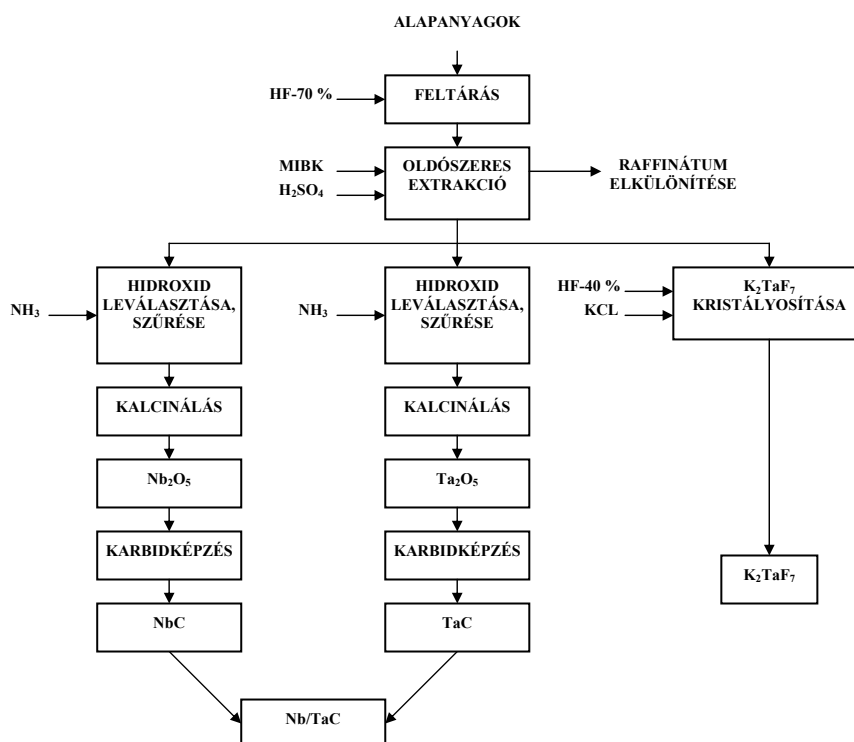
A nióbium is nagyolvadáspontú fém, amely sokban hasonlít a tantálra, s így majdnem ugyanolyan jó korrózióállóságú, mint a tantál. Az olvadáspontja viszont inkább a molibdénéhez esik közelebb. Atomreaktorokban csöveket készítenek belőle, mivel ellenáll a neutronok bombázásának. A rakéták és a sugárhajtóművek fűvókaelemeit is nióbiumból



gyártják, mivel nagy a szilárdsága és az oxidációval szembeni ellenállása, s emellett viszonylag kicsiny a fajsúlya.

### 8.1.8.1. Nióbium előállítása primér nyersanyagokból

A kolombitos és tantalitos ércekben a nióbium mindig tantállal és más elemekkel együtt fordul elő. A két fém elválasztása céljából ugyanazokat a módszereket kell alkalmazni, mint amelyeket a tantál előállításánál már láttunk. Számos előkészítési és elválasztási művelet eredményeként nióbium-pentoxidot állítanak elő közbülső terméként. A nióbium-pentoxidot használhatja a vegyipar vagy pedig nióbiumpor és nióbium-karbid állítható elő belőle. A nióbium és a tantál vegyületeinek előállítását az alábbi ábra szemlélteti.



8.10. ábra (Figure 8.10) Nióbium- és tantálvegyületek előállítása

A nióbiumot karbotermikus vagy metallotermikus úton is elő lehet állítani nióbium-pentoxidból, de az alumíniumos redukció a legelterjedtebb. Ezen a módon állítják elő ma a nióbium 90 %-át. Vákuum alatt, elektromos ívkemencében redukálnak, és alacsony oxigéntartalmú, karbon mentes nióbiumot nyernek.

A karbotermikus redukcióhoz a nióbium-pentoxidot karbonnal keverik, pelletéznek és vákuum alatt nyerik ki a fémet. A folyamat munkahőmérséklete kb. 1950 °C. Az előállított nióbiumnak magas a karbon és oxigén tartalma, emiatt további tisztítása szükséges.

A tisztító művelet(ek)re azoknak a szennyezőknek az eltávolítása miatt van szükség, amelyek vagy még a nyersanyagból származtak vagy a feldolgozási műveletek során kerültek a fémbe. A raffinálást nagy hőmérsékleten, elektromos ívkemencében vagy elektronsugaras kemencében végzik. Mivel a nióbiumnak magas az olvadáspontja, a szennyezők zöme illósodik és kipárolog az olvadékból. A megfelelő minőségű fém előállítása céljából még egy további tisztító műveletsorra is szükség van, ezután az elektronsugaras átolvasztás után már olyan nagy tisztaságú nióbiomot nyernek, amely felhasználható nagyfrekvenciás szupravezetők gyártására.

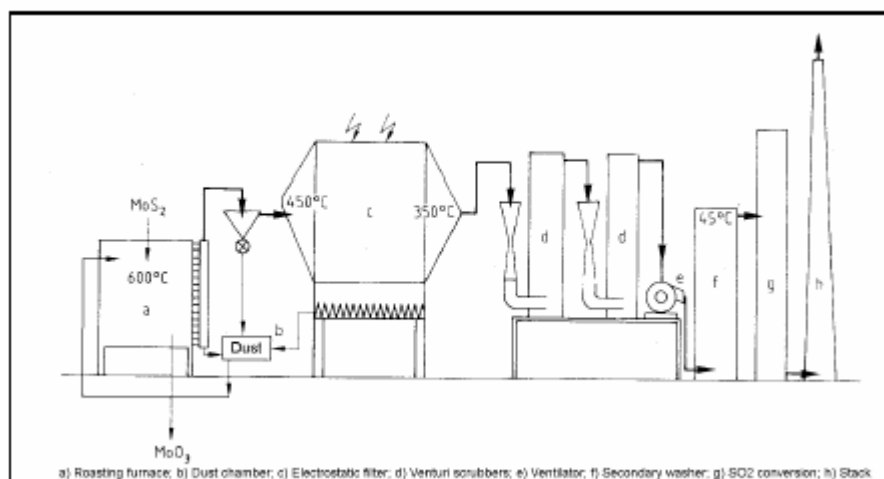
### **7.1.9 Rénum**

A nagyolvadáspontú fémek közül a rénum olvadáspontja a harmadik legmagasabb, s e fém gyakorlati felhasználása csak napjainkban kezdődik. A kinyert fém kevesebb, mint egynegyede igen fontos hatású mikro-ötvözőként kerül felhasználásra, s legnagyobb arányban az ólommentes benzin előállítására használt platina-rénum katalizátorokhoz használják. Egyéb felhasználási területei: a termoelemek gyártása és különféle elektronikai alkalmazások.

A rénumot kizárólag a molibdenites ércek pörkölési műveletének melléktermékeként állítják elő napjainkban. Ennek során a rénum könnyen illó heptoxidja a pörkölési gázokkal távozik és abból nagy teljesítményű gázmosókkal kimosható.

#### **7.1.9.1 Rénum kinyerése a molibdenit pörkölési gázából**

A molibdenites érc pörkölésénél nagy mennyiségben keletkezik por és kén-dioxid, s ezek mellett a rénum is illan, mégpedig rénum-heptoxid ( $\text{Re}_2\text{O}_7$ ) formájában, ahonnan a vele együtt távozó szelén-oxiddal kinyerhető a nedves gázmosóban az alábbi folyamatvázlat szerint [tm 107 Ullmanns 1996].



a) Pörkölő kemence; b) Porkamra; c) Elektrosztatikus szűrő; d) Venturi mosósó;  
e) Ventilátor; f) Utánmosó; g) SO<sub>2</sub> átalakító; h) Kémény

**8.11. ábra (Figure 8.11) Rénium kinyerése a molibdenit pörkölési gázából**

A vízben jól oldódó Re<sub>2</sub>O<sub>7</sub> könnyen elnyelehető a gázmosó vízében, amit visszaforgatva, mintegy 0,2...1,5 g/l koncentrációig töményítik az oldatot. Ebből kémiai precipitációval, vagy inkább ioncserés módszerekkel kinyerhető a rénius.

### 7.1.9.2 Rénium előállítása

A pörkölési gáz mosóoldatából például szulfid alakban kicsapással vagy ioncserével kinyert réniusvegyületből erős ásványi savas kezeléssel elő lehet állítani ammónium-perrenát köztiterméket, amiből hidrogénes redukcióval rénius fémport nyerhető. A hidrogénes redukciót két lépésben vezetik: 300 -350 °C-on rénius-dioxidot állítanak elő, majd a második lépésben, 800 °C-on nyerik a tiszta rénius port. A rénius fémportból sajtolással és szintereléssel pelleteket vagy nagyobb fémtömböket állítanak elő.

### 7.1.10 Cirkónium és hafnium

E két, a természetben többnyire együtt előforduló fémnek nagy a jelentősége az atomiparban, mivel kiváló metallurgiai és korrózió-állósági tulajdonságaik folytán a nukleáris reaktorok magjában uralkodó szélsőséges viszonyoknak is megfelelő szerkezeti anyagok, emellett a termikus neutronokkal szemben éppen ellentétesen viselkednek. A fém cirkóniumot a vegyipar is használja, oxidjából pedig (cirkon) tűzálló téglát és kemencebélést készítenek.

A cirkónium és a hafnium előállítása a cirkon koncentrátumból, karbonnal való összekeverés után, klórozással kezdődik fluidágyas reaktorban. A reaktor gázából, a hőmérséklet megfelelő szabályozásával, a cirkónium-klorid kondenzáltatható. A cirkónium- és a hafnium-klorid szétválasztására oldószeres extrakciót használnak, a fémek szinítésére pedig a Kroll eljárást, magnéziumos redukcióval. A kinyert fémet vákuum ívkemencében átolvasztással tisztítják.

## 7.2 Jelenlegi emissziós, illetve anyag/energia-felhasználási szintek

A nagyolvadáspontú fémek előállítása általában magas hőmérsékleten, pirometallurgiai módszerekkel történik. A gyártástechnológiai műveletek környezeti hatásai (a levegőre, vizekre és a talajra) az alábbiakban összegezhető.

- Felhasználás nyersanyagokból és energiából
  - Nyersanyag- és energia-felhasználás
- Emissziók a levegőbe
  - Por- és füst-kibocsátás az olvasztáskor/kohósításkor, a keményfém- és a karbid-gyártáskor
  - További emissziók: ammónia (NH<sub>3</sub>), savköd (HCl), hidrogén-fluorid (HF), VOC-ok és nehézfémek
  - Zaj- és rezgési emissziók/kibocsátások
- Szilárd maradványok, hulladékok és melléktermékek
  - Por, füst és iszap
  - Salak
- Hulladékoldatok emissziója/kibocsátása
  - Nedves mosók túlfolyó oldatai
  - Salak- és fémgranulálás hulladékoldatai
  - Hűtővízkörök lefűtatása

### 7.2.1 Nyersanyag- és energia felhasználás

A nagyolvadáspontú fémek előállításának nyersanyag- és energia-felhasználási adatait a következő két táblázatban egy-egy tonna termékre vonatkoztatva közöljük.

**8.1. táblázat (Table 8.1) Nagyolvadáspontú fémek előállításának nyersanyag- és energia-felhasználási adatai**

	Cr	W
Ércek és koncentrátumok, kg/t	Króm-oxid	n.a.
Energia-felhasználás, kWh/t	139	1000 – 1500 (APV-gyártás) 3500 – 12000 (Karbid gyártás) 1500 – 2500 (Cinkamalgámos eljárás)
Gáz, m <sup>3</sup> /t	6	n.a.
Víz, m <sup>3</sup> /t	2 (N 1)	n.a.
Alumínium por, kg/t	n.a.	n.r.
Kalcium por, kg/t	n.r.	n.r.
Egyéb anyagok, kg/t	n.a.	n.a.

Megjegyzések:

(N 1) A vízfelhasználásra vonatkozó adat csak jelzésszerű

n.a. = nincs adat n.r. = nem releváns erre az eljárásra

A következő táblázat nagyolvadáspontú fémek elektronsugaras kemencében történő átolvasztására közöl adatokat. A nagyenergiájú elektronágyúval olvasztó kemencéket a nagyolvadáspontú fémek (például V, Nb és Ta, továbbá Mo és W) valamint az erősen reakcióképes Zr és Hf megolvasztására és raffinálására használják [tm 107, Ullmanns, 1996]

**8.2. táblázat (Table 8.2) Üzemviteli jellemzők nagyolvadáspontú fémek elektronsugaras kemencében olvasztására**

Fém	Tégely befogadó képessége, t	Kemence teljesítménye MW	Átbocsátott mennyiség t/h	Fajlagos energiafelhasználás kWh/t
Nióbium	0,5 – 2	< 1,2	0,02 – 0,4	6000 - 15000
Tantál	0,5 - 2	< 1,2	0,02 – 0,4	6000 - 15000
Molibdén			0,02 – 0,1	< 5000
Volfrám			0,02 – 0,1	< 5000
Titán			0,2 - 1	1000

## 7.2.2 Emissziók

### 7.2.2.1 Emissziók a levegőbe

A feldolgozott nyersanyag-féleségekből, valamint az alkalmazott gyártástechnológiai műveletek (aprítás-örlés, szárítás fémszintő olvasztás-kohósítás, fém és salak szétválasztása, kalcinálás, hidrogénes redukció, karbidképzés, valamint a termékek mozgatása) jellegéből adódóan a por- és a füstképződés van a környezetre legnagyobb hatással. A por-emisszió, s a por akár a kéményen keresztül távozik, akár másképpen szökik ki, azért is különös figyelemre érdemes, mivel káros fémvegyületeket, például mangán- vagy kobalt vegyületeket is tartalmazhat.

A nyersanyagok rakodási és tárolási műveletei (például nagy hordókból, műanyag zsákokból vagy ömlesztett anyagok átmeneti tárolóedényeiből /FIBC= Flexible Intermediate Bulk Containers/ ürítés) közben is van porképződés.

A fémek, például a króm vagy a titán szinítésénél vagy olvasztásánál, továbbá a keményfém porok gyártásánál keletkező port és füstöt elszívó ernyőkkel összegyűjtik és a porleválasztó rendszerbe továbbítják, ami például szövet szűrőkkel és nedves mosókkal van felszerelve. A

kéményből távozó gázok és szilárd anyag (por) mennyiségét általában folyamatosan vagy időszakosan mérik és az üzem szakemberei vagy külső szakértők a regisztrált adatokat az illetékes hatóságoknak továbbítják. A kiszökő anyagok mennyiségét is lehet mérni, amire a jelen dokumentum eredeti változatának 2. fejezetében találhatunk áttekintő összefoglalást.

Az ércek és másodnyersanyagok kisebb mennyiségben nehézfémeket is tartalmaz(hat)nak, amelyek közül a könnyen illók (azaz a munkahőmérséklet alatti forráspontúak) a kohósítás során kigőzölögnek és később részben kondenzálódhatnak és/vagy oxidálódhatnak, s ilyen formában (por, füst) távozhatnak a reaktorüst gázaival együtt. Az elektronsugaras kemencében átolvasztott vagy raffinált nagyolvadáspontú fémek gőzeit, illetve füstgázát a kemence vákuum rendszerével összegyűjtik és intenzív hűtéssel kondenzáltatják.

A nagyolvadáspontú fémek, különösen a tantál, a cirkónium és a hafnium egyes nyersanyagainak a megszokottnál nagyobb lehet a rádióaktivitása, s ennek környezeti hatására is figyelemmel kell lenni. Néhány nagyolvadáspontú fém, például a króm, a mangán és a vanádium egyes vegyületeinek toxikus hatására is figyelni kell. Hasonló a helyzet a kobalttal, ha a kobalt egyik komponense a keményfémeknek, amikor is előadódhat az un. „keményfém pestis” („hardmetal disease”) [tm 008, HMIP, 1993].

### **7.2.2.2 Emissziók a vizekbe**

A nagyolvadáspontú fémek konkrét előállítási technológiái, és a kialakított víz- és hulladékoldat-kezelő rendszerei alapvetően meghatározzák, hogy milyen jellegű és mértékű kibocsátásokra lehet adott helyeken számítani. Egyes üzemeknek központi szennyvízkezelő rendszere van, ahol a különböző technológiai műveletek hulladékadatait és a felszíni elfolyóoldatokat is egyazon műben kezelik. Másoknál külön-külön gyűjtik és kezelik a csapadékvizeket, illetve a különböző technológiai hulladékoldatokat. A legfőbb szennyezők az oldatokban szuszpendált szilárd anyagok és a fémvegyületek. A hulladékoldatokat, szennyvizeket a lebegő szilárd anyagok és a fémek elválasztása céljából kezelik, majd visszavezetik – amennyire csak lehet – az adott gyártási folyamatokhoz. A lehetséges hulladékoldat áramok típusai:

- Felszíni elfolyó és kanalizált vizek
- Nedves mosók hulladékadatai
- Salak- és fémgranulálás hulladékadatai
- Hűtővizek

A szennyezett vizeket/oldatokat először általában egy sűrítő, ill. ülepitő medencébe vezetik, hogy a szilárd anyagok kiülepedhessenek. Kémiai precipitációs (kicsapásos) műveleteket is gyakran alkalmaznak a vízben oldott fémtartalom csökkentésére. A frissen leválasztott csapadékok (oldhatatlan fémvegyületek) szemcséi általában nagyon finomak, ezért flokkuláló szereket adagolnak az ülepedés gyorsítása céljából. A sűrítőből vagy az ülepitő medencéből távozó kezelt oldatok/vizek lebegő szilárdanyag tartalma általában 20 mg/liter alatti, ami megengedi újrafelhasználásukat a gázmosókban, a hűtő berendezésekben vagy ahol szükséges, az adott technológiai műveletekhez is.

### 7.2.2.3 Melléktermékek, maradványok és hulladékok

A nagyolvadáspon t ú fémek előállítása számos olyan melléktermék, maradvány- és hulladék-anyag keletkezésével kapcsolatos, amelyek szerepelnek az Európai Hulladék Katalógusban (European Waste Catalogue, Council Decision 94/3/EEC). Az adott gyártási műveletekhez legközvetlenebbül kapcsolódó sajátos maradvány-anyagok a szűrőporok, a nedves mosók iszapja, a fémszínít ő (kohósít ő) olvasztások salakja, az elhasználódott kemencebélés-anyagok és a csomagolóanyagok/göngyölegek, mint például a tároló hordók vagy a nagy zsákok (big bag). A felsorolt maradványanyagok egy részét melléktermékként eladják, visszajáratják a gyártási folyamatokhoz vagy estenként, amikor másra más nem hasznosíthatóak, akkor feltöltésre vagy lerakókba kerülnek.

### 7.2.2.4 A nagyolvadáspon t ú fémek előállításával kapcsolatos emissziók összefoglalása

A következő táblázatokban áttekint ő, összefoglaló jelleggel adatokat közlünk a különböz ő nagyolvadáspon t ú fémek előállítási eljárásainak környezeti hatásairól, vagyis a leveg őbe, a vízbe és a talajba kerül ő emissziókról, arra is figyelemmel, hogy a gyártás ércéből vagy másodlagos nyersanyagokból történik.

### 8.3. táblázat (Table 8.3) A króm és a mangán előállításának emissziós adatai

(Részletesebben lásd az eredeti dokumentumban!)

Nagyolvadáspon t ú (h őáll ő) fémek	Kibocsátás (leveg őbe)		Kibocsátás (vízbe)	Maradványok keletkezése, visszajáratása és újrahasonosítása	Megjegyzések
<b>Króm</b>		mg/m <sup>3</sup>			
El őállítás ércből	Por	Nyersanyagok előkészít ő műveleteinél (zsákszűrés)	5 – 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>A vizes hűt ő-tartály-tól</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porleválaszt ő rendszerben</li> <li>Króm-aluminát salakot újra-hasonosítják</li> <li>Egyéb salakok</li> </ul>
	Por	Reaktorüstt ő l (zsákszűrés)	< 5		
	Por	Kiszök ő por színítéskor	n.a.		

	Cr (porban)	Összegzett kibocsátás	< 2		engedélyezett lerakókba	
Előállítás másodnyersanyagból						Fémes hulladékok acélipari felhasználása
<b>Mangán</b>			mg/m <sup>3</sup>			
Előállítás ércből	Por	Zsákos szűrők	< 10	n.a.	Kevés adat	
	Mn	Mn füst; Mn-tetroxid; szerves Mn vegyületek	n.a.			
Előállítás másodnyersanyagból						n.a.

**8.3. táblázat (Table 8.3) A volfrám fém és a volfrám por előállításának emissziós adatai**  
(Részletesebben lásd az eredeti dokumentumban!)

Nagyolvadáspon tó (hőálló) fémek	Kibocsátás (levegőbe)			Kibocsátás (vízbe)	Maradványok keletkezése, visszajaratása és újrahasznosít	Megjegyzések
<b>Volfrám</b>			mg/m <sup>3</sup>			
Előállítás ércből	Por	Előkészítés	< 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hűtővízkörök zártak</li> <li>Mosóvizek W és NH<sub>3</sub> tartalmát ellenőrzik és kezelik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leválasztott porokat visszaforgatják a gyártásba</li> <li>Maradványok az APV gyártásból</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A W por értékes anyag</li> <li>Az NH<sub>3</sub> erős szagú</li> </ul>
	Por	Kalcinálás	1 – 6			
	Por	Hidrogénes redukció	< 5			
	Por	Porítás	< 10			
	Por	Termékszállítás	< 10			
	Por	Egyéb műveleteknél	n.a.			
	NH <sub>3</sub>	Kalcinálás, kiszökő	< 60			
H <sub>2</sub>	Tűzveszélyes					
Előállítás másodnyersanyagból	Por	Mint fent!	< 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hűtővízkörök zártak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Leválasztott porokat visszaforgatják a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Co emisszió &lt; 1 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>
	Zn	Desztillációs eljárás cinkgőze	n.a.			



	Co	Desztilláció Co füstje	< 1	• Mosó- oldatok kezelése	gyártásba	kell legyen
--	----	---------------------------	-----	--------------------------------	-----------	-------------

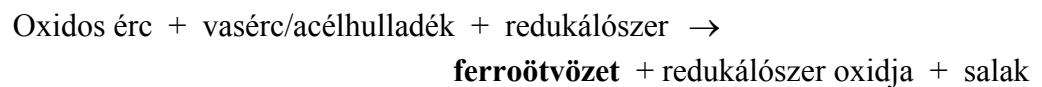
A többi nagyolvadáspontú fémre (vanádium, molibdén, titán, tantál, nióbbium, rénum, cirkónium és hafnium) vonatkozó emissziós adatokat az eredeti dokumentum 8.5-8.9. táblázatai tartalmazzák. Ez utóbbi fémek előállítása Magyarországon a jövőben is legfeljebb csak másodnyersanyagokból kiindulón prognosztizálható. Jelenlegi szerepük, a molibdénnek a volfrám alapú izzószál- és egyéb világítástechnikai alkatrészgyártáshoz kapcsolódó, egyébként igen fontos magyarországi felhasználásától eltekintve, nagyobb részt az acélgyártásban jelentős. Érdemes tehát kitérőt tenni a nagyolvadáspontú fémek vassal alkotott, un. ferroötvözeteire is.

## 8 FERROÖTVÖZETEK

A ferroötvözeteket elsősorban az acélipar alkalmazza előötvözeteknek, mivel így leggazdaságosabb ötvözőelemeket bevinni az acélolvadékba. Különleges ferroötvözeteket az alumínium ötvözésére is használnak és egyes ferroötvözetek fontos reaktáns anyagok bizonyos kémiai gyártási folyamatoknál.

Előállításuk történhet ércekből, ill. azok dúsítmányaiból, valamint alkalmas összetételű másodnyersanyagok felhasználásával is:

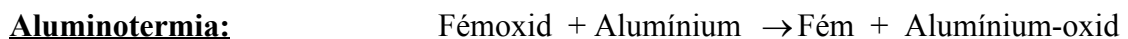
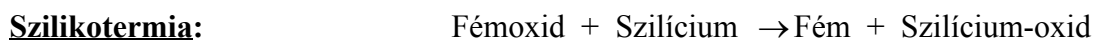
Folyamatvázlat az ércekből (primér nyersanyagokból) történő előállításnál:



Folyamatvázlat a másodnyersanyagokból történő gyártásnál:



Ércekből szenes redukcióval vagy metallotermiás úton állítják elő a ferroötvözeteket. Legfontosabb a karbo-termiás módszer, amihez (metallurgiai) kokszot, ásványi szenet vagy faszenet használnak. Aknás kemencét használva a koksz egyben fűtőanyag is. A metallotermiás redukcióhoz leginkább szilíciumot vagy alumíniumot használnak. A jellegzetes folyamatvázlatok az alábbiak:



A legfontosabb ferroötvözetek az alábbiak:

Ferrokróm és szilícium-króm:

- Nagy karbontartalmú ferrokróm
- Közepes karbontartalmú ferrokróm
- Kis karbontartalmú ferrokróm
- Szilícium-króm

Ferroszilícium és szilícium-ötvözetek:

Ferroszilícium  
 Szilícium fém  
 Szilícium-kalcium

Ferromangán és mangán-ötvözetek:

Nagy karbontartalmú ferromangán  
 Közepes karbontartalmú ferromangán  
 Kis karbontartalmú ferromangán  
 Szilícium-mangán

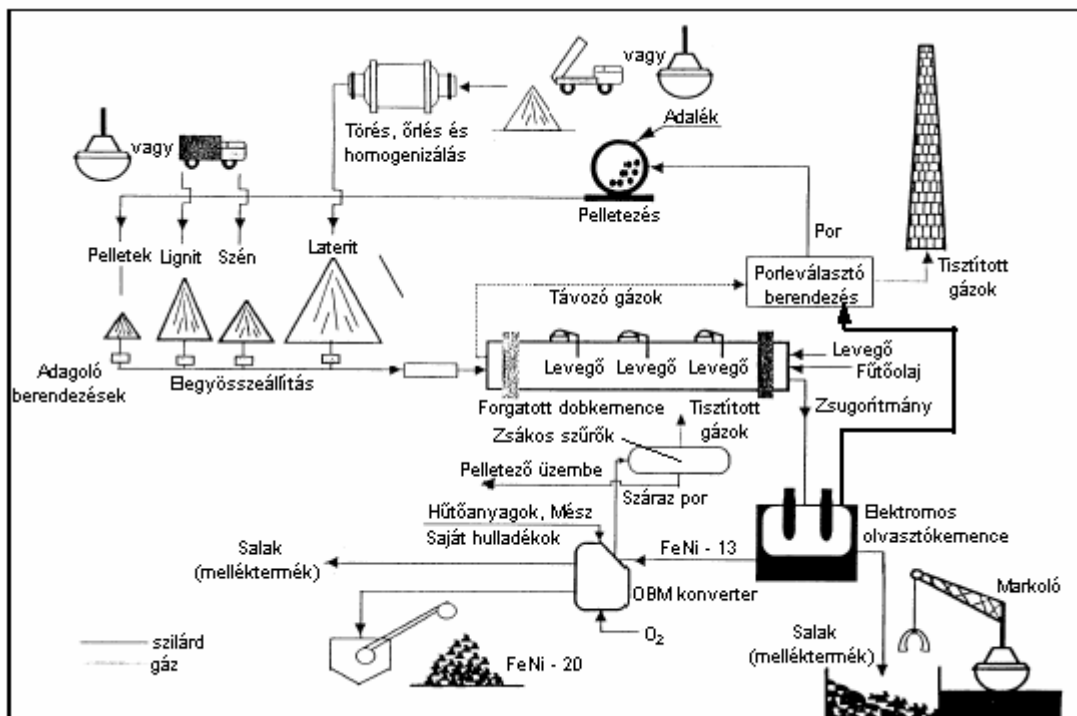
Ferronikkel,

továbbá még a ferrovanádium, a ferromolibdén, a ferrovolfrám, a ferrotitán, a ferrobór, és a ferronióbium.

A ferroötvözetek gyártástechnológiái esetenként hasonlóságot mutatnak, illetve kapcsolódnak a vas előállításának technikáihoz, s túlnyomóan a pirometallurgiai eljárások a gyakoribbak. Két jellemző példaként vázlatosan ismertetjük a ferronikkel és a ferromolibdén néhány előállítási módszerét.

### 8.1 Ferronikkel előállítása laterites nikkelérből

A ferronikkel (FeNi), a ferrokrómhoz hasonlóan, a rozsdamentes acélok (króm-nikkel acélok) legfontosabb ötvözője. A primer nyersanyagok közül a viszonylag kis Ni tartalmú (1,2...3%) laterites ércek a legfontosabb kiinduló nyersanyagai a ferronikkel gyártásnak napjainkban. Ezek az ércek nagy nedvességtartalmúak (akár 45 %) és a kémiailag kötött víztartalmuk (hidroxidok formájában) is nagy [tm 107, Ullmanns 1996]. A karbotermikus úton történő FeNi gyártáshoz szükség van még szénre vagy kokszra, mellyel dolgozó, s meglehetősen összetett gyártástechnológia főbb műveleteit az alábbi ábra szemlélteti.



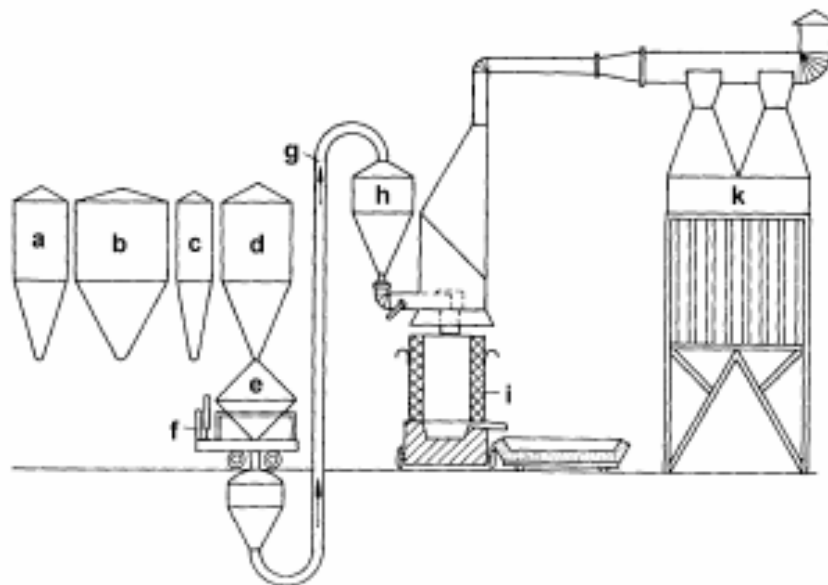
9.1.ábra (Figure 9.6) Forgatott dobkemence – elektromos ívkemence útvonalon történő ferronikkel gyártás folyamatvázlata

## 8.2 Ferronikkel előállítása másodnyersanyagokból

FeNi előállítható nikkeltartalmú másodnyersanyagokból is, mint például zsírok előállításánál használt katalizátor-hulladékból vagy alkalmas összetételű galvániszapból. Ezeket a hulladékanyagokat először forgatott dobkemencében pörkölik, hogy az oxidálódott nikkelt a füstgázból leválasztva koncentrálják (pl. membrán zsákszűrővel). Maga a FeNi gyártás merülő elektródás ívkemencében történik. A lecsapolt ötvözet-olvadékot vízben granulálják, majd hordókban vagy nagy zsákokban (big-bag) kiszállítják a felhasználókhoz.

## 8.3 Ferromolibdén előállítása metallotermiás redukcióval

Molibdenites (molibdén-szulfidos) ércből indulva, először Nichols Herreschoff vagy Lurgi típusú etázsos kemencében a dúsított nyersanyag szulfidos Mo tartalmát oxiddá ( $\text{MoO}_3$ ) pörkölik, amit azután például az alábbi ábrán látható üstreaktorban kevés alumíniumot is tartalmazó ferroszilíciummal redukálnak fémötvözet-termékké. A fémtömb tömege 2,5-3 tonna is lehet, s megfelelő törés és aprítás után kerül kiszállításra.



- a) Adagolótartály a vasérc vagy hengerlési reve számára
- b) Adagolótartály a molibdén-koncentrátum (oxidos) pörköléke számára
- c) Folypát (kalcium-fluorid) adagolótartálya
- d) Alumínium és ferroszilícium (75 % Si) adagolótartálya
- e) Keverős adagoló    f) Mérlegkocsi    g) Levegőliftes rendszer    h) Reaktor adagolója
- i) Reaktorüst    k) Elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos porszűrő

**9.2. ábra (Figure 9.8) Ferromolibdén előállítása metallo-termiás redukcióval**

## 9 ALKÁLIFÉMEK ÉS ALKÁLIFÖLDFÉMEK ELŐÁLLÍTÁSI ELJÁRÁSAI

Az alkálifémek (lítium, nátrium, kálium, rubídium, cézium és francium) a periódusos rendszer első (1.A) oszlopának elemeit alkotják. Az alkáliföldfémek (kalcium, stroncium és magnézium – 2.A) hasonló tulajdonságúak, mint az alkálifémek, ezért ebben a fejezetben együtt tárgyaljuk őket.

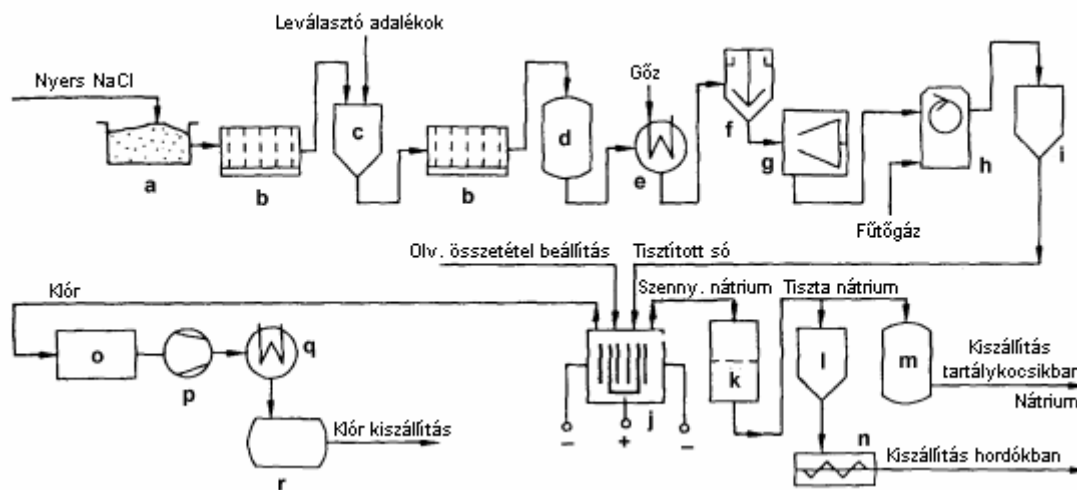
Az Európai Unióban (EU) nagyon kevés fémkohászati üzemben állítanak elő alkálifémeket és alkáliföldfémeket; az alkalmazott módszerek ezért is korlátozott számúak, melyek egyébként megfelelnek a világban leginkább elterjedteknek. Az EU-ban két nátrium- és egy lítium-előállító fémkohászati üzem működik. Egyetlen cég foglalkozik kalcium és stroncium gyártásával, továbbá két olyan vállalat működik, amely magnéziumot termel.

### 9.1 Alkalmazott eljárások és módszerek

#### 9.1.1 Nátrium

A nátriumot nátrium-klorid (NaCl) olvadékának elektrolízisével állítják elő. Az elektrolit nátrium-klorid, kalcium-klorid és a bárium-klorid ( $\text{CaCl}_2$  és  $\text{BaCl}_2$ ) eutektikus elegye, melynek olvadáspontja  $580\text{ }^\circ\text{C}$  [tm 106, Farrell 1998].

A nátrium-előállítás folyamatát — amelynek leglényegesebb része az elektrolizáló cella — a következő ábra szemlélteti.



A klór tisztítása és cseppfolyósítása

A nátrium elektrolitos

kinyerése és tisztítása

a) Oldás vízben; b) Szűrés, c) Precipitációs reaktor; d) Tiszta sólé tartálya; e) Bepárló; f) Sűrítő/kristályosító; g) Centrifugálás;

h) Dobszárító/forgatott; i) Tisztított só tárolása; j) Elektrolizáló cella; k) Nátrium szűrése; l) Nátrium tárolása; m) Nátrium tartály;

n) Öntés; o) Klór tisztítása; p) Kompresszor (klórhoz); q) Cseppfolyósítás; r) Klór tároló tartály

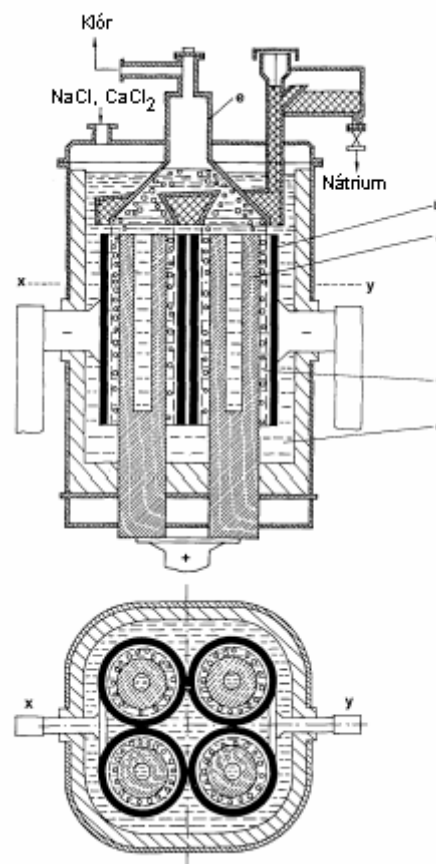
10.1. ábra (Figure 10.1): Nátrium előállításának folyamat-vázlata

[tm 107, Ullmanns 1996]

Az elektrolizáló kádban (Down cella) a speciális hengeres anódot és azt körülvevő katódot acélhálós diafragma választja el. A kádak általánosan négy pár elektródot tartalmaznak. Az elektrolit ellenállásán fejlődő hő elegendő az elektrolit olvadt állapotban tartásához, külső fűtésre nincs szükség. A cellafeszültség 6,2-7V között változik. Ezzel az értékkel ellenőrizhető és szabályozható az eljárás. Az elektrolitban a nátrium koncentrációját folyamatos sóadagolással a megfelelő értéken tartják, annyit pótolnak, amennyi kielektrolizálódott nátrium illetve klór formájában. Ezáltal biztosítható az állandó elektrolitszint. A nátrium és a klór térben elkülönítve válik le a katódon, illetve az anódon és a fürdő felett összegyűjthető. Mindegyik külön tápláló térbe kerül. A klór kis vákuum mellett távozik el, melyet cseppfolyósítanak és tárolnak. A nátrium, kis sűrűsége révén, a fürdő felszínére emelkedik, ahonnan egy gáton keresztül kerül a gyűjtőtartályba. Kétóránként csapolják le egy 24 óránként üríthető tartályba.

Elektrolízis közben a katódon a Nátrium mellett kis mennyiségű Ca is leválik. Az elbontott  $\text{CaCl}_2$ -ot naponta pótolják. A Ba nem válik le. A Ca mellékterméket szűréssel távolítják el, a tisztított nátriumot vákuummal egy köztes tárolóedénybe vezetik, ahonnan légköri nyomású tartályba kerül.

A nátriumtisztítási szűrő-pogácsából préseléssel nyerik ki a nátriumot, majd mossák, az alkáli szennyezők eltávolítására. Ezt ugyanúgy kezelik, mint a többi szennyező anyagot. További szilárd szennyező található még a tárolóedény üledékében, amelyeket elégetnek. A füstgázt kétlépcsős vizes mosóban, majd harmadik fokozatban sósavas oldattal mossák. A következő ábra az elektrolizáló kád (Down cella) szerkezetét szemlélteti.



a) Anód; b) Katód; c) Sóolvadék; d) Diafragma; e) Klórgáz-gyűjtő kupola

10.2 ábra (Figure 10.2): A Down cella

[tm 107, Ullmanns 1996]

### 9.1.2 Lítium

A lítiumot lítium-klorid (LiCl) és kálium-klorid (KCl) eutektikus összetételű olvadékából elektrolizálják 450 °C hőmérsékleten [tm 106, Farrell 1998] A lítium-karbonátból, ill. lítium-hidroxidból előállított LiCl szemcséket szárítják, őrlik, majd ezt követően adagolják az elektrolitba. Adagoláskor minimális helyi porzás valószínűsíthető. A 4 – 5 V kádfeszültség hatására a K nem válik le, ezért csak a LiCl pótlásáról kell gondoskodni.

A kádak derékszögűek, mindegyik öt pár elektródot tartalmaz (hengeres szénanód és koncentrikus körű acékatód). Ennél az eljárásnál nem alkalmaznak membránt, és úgy tűnik, ez csökkenti az elektrolízis hatásfokát, mivel a lítium egy része reakcióba lép a klórral. Indításkor és télen a kádat gázegőkkel fűtik, minden más esetben elegendő az elektrolízis hatására felszabaduló energia az optimális hőmérséklet fenntartására. A cella élettartama kb. 7 év, mely a gátlemez függvénye.

A Li-olvadék a cella elejénél gyűlik össze. Ezt kanállal merik ki és finom lyukméretű szűrőn szűrik. A fémot ezután rögtön a kis öntőformákba öntik (350x50x50 mm). Fémgőz nem keletkezik, de az oxidáció elkerülése érdekében az öntvényeket azonnal bevonják ásványi olajjal. Ennek hatására olaj tartalmú füst keletkezik, melyet gázelszívó tölcseren keresztül vezetnek el a többi, az elektrolízis során keletkezett, alkáli gázokat, klórt és port tartalmazó gyűjtőbe. Lítium-rúd is előállítható kis mennyiségben, kézi vezérlésű hidraulikus préseléssel.

A cellatérben keletkezett klórgázt vákuummal összegyűjtik és nátronlúgban elnyeletik, a keletkezett nátrium-hipokloridot értékesítik. Két abszorpciós oszlopot használnak, az egyik ezek közül csak készenlétkben van, veszély esetére.

Az eljárás a kádfeszültség és az áramerősség szabályozásával tartható kézben. Az egyenirányító berendezéssel könnyen lehet bánni és csak a lekanalazásnál okoz gondot, amikor az elektromos áram okozta keverő hatás megszűnik az elektrolitban. Hátrányos az elektrolit Na szennyezettsége, mivel a Li-mal együtt leválik és lehűléskor elkülönül, kis „gomba alakban” jelenik meg a fém felületén. Ezek könnyedén belobbannak, és esetleg meggyújthatják az öntvényt. Ennek megelőzése céljából a nyersanyagok Na tartalmát ellenőrzik.

A vízzel kapcsolatos dolgokról nincs információnk; a LiCl előállításakor visszamaradó oldatot cirkuláltatják.

### 9.1.3 Kálium



Az összefoglaló írásának idején káliumot iparilag csak kálium-klorid nátriumos redukciójával állítják elő. Folyamatos gyártás során a folyékony kálium-kloridot tartalmazó hengerekbe nátriumot adagolnak. A lezajló reakcióban keletkező kálium és nátrium gőzöket frakcionált desztillációval különítik el [tm 107, Ullmanns 1996].

## **9.1.4 Kalcium és stroncium**

A fémes kalciumnak és stroncium felhasználási területe széles. A kalcium acélötvözőként javítja a minőséget, különösen a mechanikai tulajdonságokat, mint pl. az alakíthatóságot, húzást és a forgácsolhatóságot. Mivel könnyen képez oxidokat és szulfidokat, a kalcium egy fontos ötvözője a nagy tisztaságú acéloknak. A kalcium még ólom bizmuttalanítására is használják. Stroncium fémet ugyanúgy használják alumínium finomítására, mint az acél salakos finomítására.

### **9.1.4.1 Kalcium**

Fémes kalciumot elektrolízissel vagy metallo-termikus redukcióval lehet előállítani, azonban jelenleg az EU-ban alkalmazott egyetlen eljárás a kalcium-oxid alumíniumos, magas hőmérsékletű vákuumos redukciója, tehát a metallo-termikus eljárás. Ennek ellenére röviden szót ejtünk az elektrolitikus módszerről is.

#### **9.1.4.1.1 Az elektrolitos módszer**

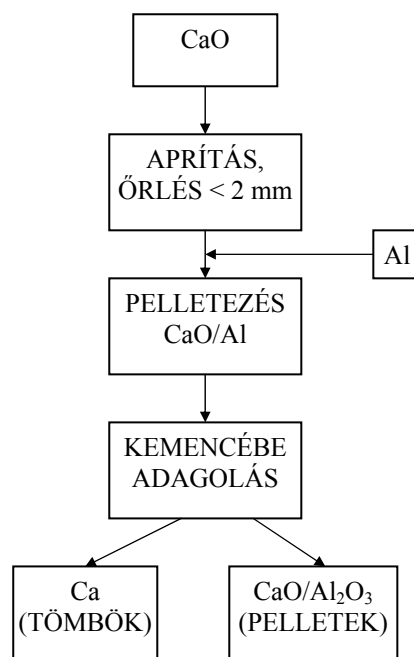
Az elektrolízist grafitnal bélelt cellában végzik, amelybe részlegesen megolvasztott kalcium-kloridot adagolnak. Az elektrolit hőmérsékletét a  $\text{CaCl}_2$  olvadáspontja felett, de a fém kalciumé alatt tartják. A kalcium vízzel hűtött katódon válik le, s ez a szilárd termék 15 – 25 %-nyi mennyiségben elektrolitot is (magába zárva) tartalmaz. Ezt átolvasztással lehet a fémtől elkülöníteni.

#### **9.1.4.1.2 A metallo-termikus eljárás**

A fém kalcium előállításnak alapja ennél a módszernél a kalcium számottevő egyensúlyi gőznyomása az 1000 – 1200 °C-os munkahőmérsékleten. A részlegesen illósodott kalcium gőzét ugyanis a vákuum-rendszer folyamatosan átszívja a kemence hűtött részébe, ahol az kondenzál, s ez egyben a kalcium-oxid redukciója előrehaladásának termodinamikai feltételét is biztosítja.

A mészkövet kicsiny szemcseméretűre őrlik, majd megfelelő mennyiségű alumíniummal szárazon összekeverik. A keveréket brikettálják, hogy minél nagyobb legyen az érintkezési felület a reagáló anyagok szemcséi között. A briketteket ezután ellenállás fűtésű kemencében kb. 1300 °C hőmérsékletre hevítik. A kemencében fenntartott vákuum és a gőzfázisból történő kondenzáció következtében a fémet tömbalakban nyerik, melynek több mint 95 %-a

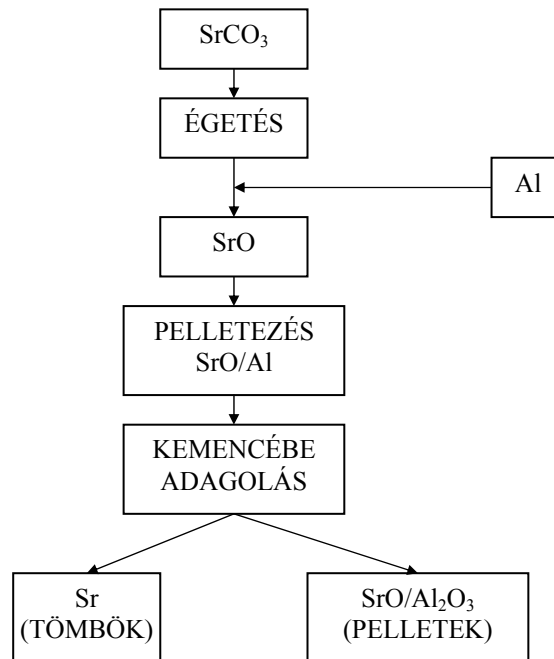
fém kalcium. A kemencéből ezeket a nyers kalcium tömböket és a kalcium-aluminát maradványt kieszedik. Néhány felhasználási területhez a kalcium fémtömbök méretét csökkenteni kell, melyhez különleges, a kalcium tulajdonságaihoz legjobban illeszkedő daráló/aprító berendezést használnak. A Ca fém gyártásának vázlatos folyamatábrája alább látható.



10.3. ábra (Figure 10.3): Ca fém gyártási folyamatvázlata

#### 9.1.4.2 Stroncium

Az EU-ban kizárólag stroncium-oxid termikus redukciójával gyártják a stroncium fémet, ahol alumínium a redukálószer. A reakció a kalcium fémhez hasonlóan vákuumkemencében zajlik. Az elgőzöltetett fém a kemence hűvös részében kondenzál. A stroncium tömböket és a stroncium-aluminát maradékokat eltávolítják a kemencéből. Ezt követően a Sr fémet mindenféle darálás, őrlés nélkül értékesítik. A gyártás jellegzetes folyamatábrája látható alább.



10.4. ábra (Figure 10.4): Sr fém előállításának vázlatos folyamatábrája

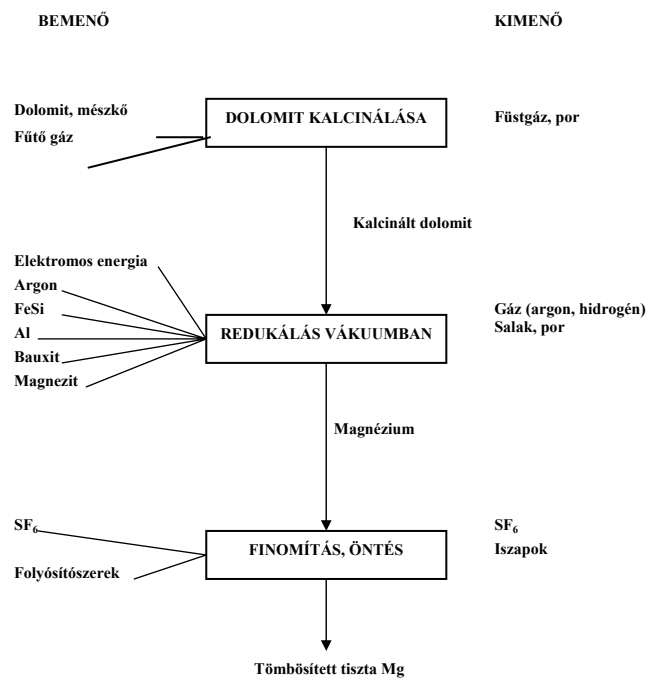
### 9.1.5 Magnézium

A magnéziumot és a magnézium-tartalmú ötvözeteket széleskörűen használják különböző ipari körökben, pl. alumíniumötvözőként, az autóiparban, a telekommunikációban vagy elektrotechnikai célokra egyaránt. Magnézium csőhálózatok, tartályok, hidak katódos védelmére is használható.

Magnézium előállítható elektrolízissel és nagyhőmérsékletű redukciós (pirometallurgiai) eljárással is. Kiindulási nyersanyagok: dolomit, magnezit, karnallit, sós víz, vagy tengervíz — eljárástól függően. A fém magnéziumot (magnézium tartalmú) másodnyersanyagból is kinyerik, illetve visszanyerik.

#### 9.1.5.1 Magnézium előállítása metallotermikus úton primér nyersanyagokból

A pirometallurgiai előállítás során a kalcinált dolomitot kemencében vagy retortában reagáltatják ferroszilíciummal, néha még alumíniummal is. A kalcinált dolomit előállításához forgó dobkemence vagy aknáskemence használatos. A következő ábrán a magnézium metallotermikus előállításának vázlatos folyamata látható.



10.5. ábra (Figure 10.5) Magnézium előállítása pirometallurgiai úton

### 9.1.5.2 Magnézium előállítása elektrolízissel

A magnéziumot magnézium-klorid olvadékból elektrolizálják. Az utóbbit különböző magnézium-tartalmú nyersanyagokból állítják elő. A következőkben dolomitból és tengervízből kiinduló technológiát tárgyaljuk, melyet egy európai üzemben alkalmaznak. Az üzembe érkező dolomitot gázfűtésű reaktorban kalcinálják.

A kalcinált dolomitot tengervízbe keverik, ahol magnézium-hidroxid csapadék képződik. A magnézium-hidroxidot ülepitéssel és szűréssel víztelenítik, majd forgó dobkemencében kalcinálják. A keletkező a magnézium-oxidot szénnel keverik és pelletizálják.

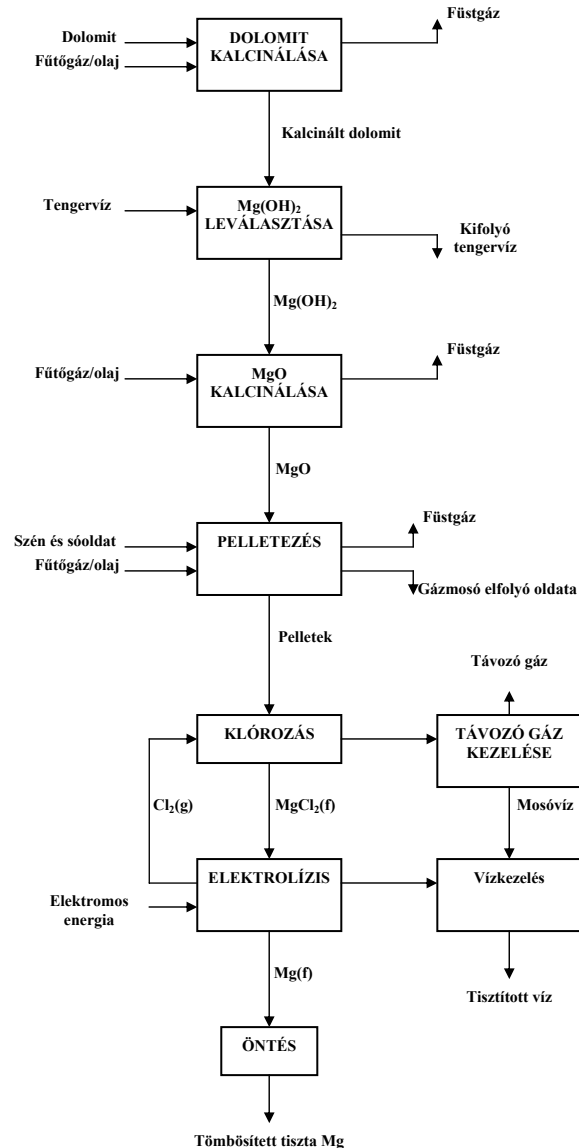
A pelletet a klórozó berendezésbe — tűzálló bélésű, kokszágyas aknás kemencébe — adagolják. Az elektrolízis során felszabaduló klórgázt pedig a fenék közelében, a kokszágyba vezetik. A felfelé áramló gáz a magnézium-oxidot magnézium-kloriddá alakítja, amely folyékony állapotban az elektromosan hevített kokszágyban gyűlik össze. A folyékony magnézium-kloridot szakaszosan csapolják, és zárt edényekben szállítják az elektrolízis színhelyére.

A magnézium-kloridot 300-400 kA-es áramerőséggel elektrolizálják. A kádból kiszedett folyékony magnéziumot zárt edényekben szállítják az öntőműhelybe, ahol tiszta magnézium vagy magnézium-ötvözet tömböket öntenek belőle. A fém levegőben történő oxidációjának megelőzésére kén-hexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) védőgázzal óvják meg a felületet.

A klórozó kemencéből távozó gáz nedves mosósoron és nedves elektrosztatikus gáztisztítón megy át, mielőtt véglegesen elégetik. A különböző nedves kezelési műveletek között kén-dioxidot adagolnak a gázhoz, hogy átalakítsák a  $\text{Cl}_2$ -t HCl-vá, ezáltal növelve a mosók hatásfokát.

A szennyezett vizet, mely főleg a gázmosókban keletkezik, kétlépcsős szennyvízkezelőben tisztítják. Az első lépés koagulációt és a szilárd részek elválasztását foglalja magában, a második lépés pedig aktív karbonos tisztítási folyamat.

Az elektrolízissel történő magnéziumgyártás vázlatos folyamatábrája a következő ábrán látható.



10.6. ábra (Figure 10.6): Elektrolitos magnézium-gyártás folyamat-vázlata

### 9.1.5.3 Magnézium előállítása másodlagos nyersanyagokból

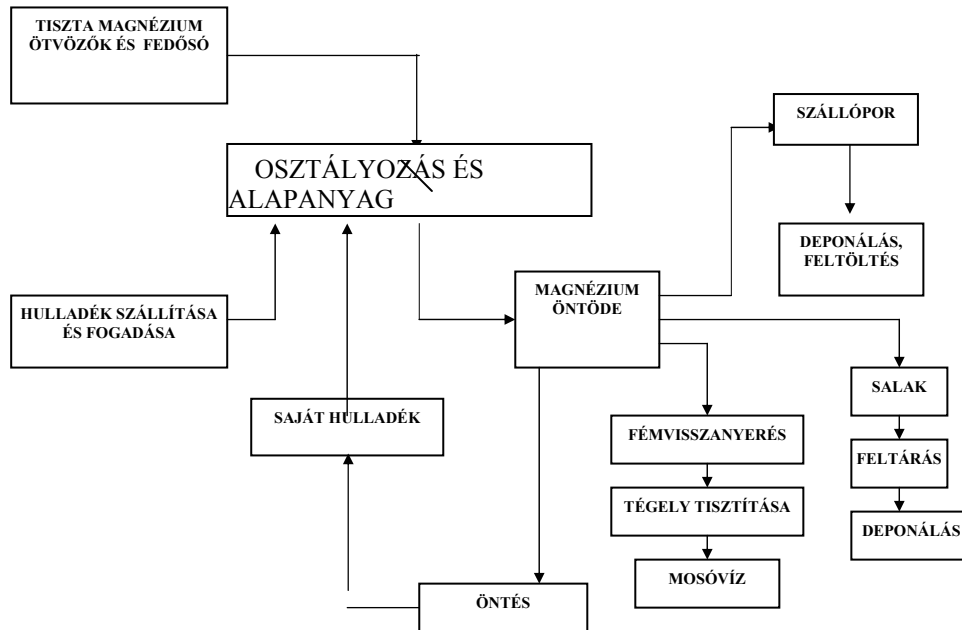
A magnézium és magnézium tartamú hulladékok, valamint a másodlagos nyersanyagok mennyiségi növekedése következtében egyre nagyobb a jelentősége a másodlagos magnéziumból történő fémelőállításnak. A saját hulladékok közvetlenül újrahasznosíthatók, vagy elküldhetők más feldolgozó üzembe. A minőségtől függően az újrahasznosított magnézium anyagok a következőképpen csoportosíthatók.

10.1. táblázat (Table 10.1): A magnéziumtartalmú hulladékok és anyagok osztályozása

Másodlagos alapanyag típusa	Osztályozás	Jellemzés, minőségi leírás
<b>Magnézium hulladék</b>	1/A típus	Jó minőségű, tiszta fémhulladék, pl. tömbök, pogácsák, stb.
	1/B típus	Nagy felületű, de tiszta fémhulladék, pl. vékonyfalú ötvény, kifröccsent fém
	2. típus	Tiszta fémhulladék, acél/alumínium szennyezéssel. Réz és sárgaréztől mentes. Ha rézzel vagy sárgarézzel szennyezett, akkor külön kezelik
	3. típus	Öntött fémhulladék, festett, acél/alumínium szennyezéssel vagy anélkül. Amennyiben rézzel vagy sárgarézzel szennyezett, akkor külön kezelik
<b>Egyéb magnéziumtartalmú nyersanyagok</b>	4. típus	Szennyezett fémhulladék, pl. olajos, nedves. A fémhulladék esetleg tartalmaz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• szilícium szennyezést, pl csiszolópor, homok, üveg</li> <li>• alumínium-ötvözeteket</li> <li>• rézet tartalmazó ötvözeteket</li> <li>• szemetet</li> </ul>
	5/A típus	Gépi megmunkálás fémhulladékai (forgács, stb.); tiszta és száraz állapotban
	5/B típus	Gépi megmunkálás fémhulladékai; olajos és/vagy vizes-nedves állapotban
	6/A típus	Folyósító anyagoktól mentes maradványok, pl. üstvakarék, felzések, stb., ha szárazak és szilikát (homok) mentesek
	6/B típus	Folyósító anyagot is tartalmazó száraz és homok mentes maradványok, pl. üstvakarék, felzések, stb.



A másodlagos magnéziumgyártás vázlatos folyamatábrája látható a következő ábrán.



10.7 ábra (Figure 10.7): A másodlagos magnéziumgyártás vázlatos folyamatábrája

A feldolgozás a különféle másodlagos nyersanyagok átvételével kezdődik. A minősítő vizsgálatok és osztályozás után a hulladékcsoportokat elkülönítetten tárolják, hogy a legmegfelelőbb betétösszeállítást kiválaszthassák. Az átolvasztást és ötvöztést indirekt gázfűtésű, vagy elektromos kemencében végzik. Az oxidáció megelőzésére az olvadékot fedő sótakaróval, vagy inert gázpárnával (kén-hexafluorid, SF<sub>6</sub>) védik. Az átolvasztott fémeket a feldolgozó kívánságának megfelelő formába öntik.

## 9.2 Jelenlegi kibocsátási és felhasználási szintek

Alkáli fémek gyártása, csakúgy mint a kalcium, stroncium és magnézium fémeké, szennyezik a levegőt, a vizet és a földet, melyek közül a legjelentősebb szennyező hatásokat a következőkben osztályozzuk.

- Nyersanyag és energiafelhasználás
  - Nyersanyag és energiafelhasználás
- Levegőszennyezés

- Dolomit és magnézium-oxid kalcinálásából származó por
- Klór és sósav, mint a kádban keletkező gázok és a csarnok ventilációja  
Klórozott szénhidrogének a folyékony klór előállítási technológiából
- SF<sub>6</sub>, melyet az öntésnél használnak, hogy megóvja a magnéziumot az oxidálódástól
- Dioxinok az elektrolitos Mg-előállítás közben klórozás során
- Szilárd maradékok, hulladékok és melléktermékek
  - Por, gáz és iszap
  - Kalcium- és stroncium-aluminát
- Szennyvíz
  - A nedves mosórendszerekből túlfolyó víz
  - Dioxinok, mivel az elektrolízissel előállított magnézium gyártása során dioxin keletkezik a klórozási lépéseknél, melyet el kell távolítani a mosóvízből.
  - A hűtővíz ciklikus cseréje

### 9.2.1 Nyersanyag- és energia felhasználás

A kalcium metallo-termikus előállításához szükséges energia mennyisége egy kilogramm gyártott fémre vetítve kb. 20-25 kWh. Ehhez az energiához hozzá kell adni még a CaO kalcinálásához szükséges és az alumínium előállításához szükséges energiát. A kalcium elektrolízissel történő gyártásához, melyet Európában nem alkalmaznak, kb. 33-55 kWh/kg energia szükséges, mely 60 %-os hatásfokot jelent.

A magnézium elektrolízise során felhasznált elektromos energia mennyisége 13-14 kWh/kg tartományban mozog. Ehhez hozzá kell adni a különböző nyersanyagokból származó magnézium-klorid gyártásához szükséges energiát.

### 9.2.2 Légszennyezés

A következő táblázatban az alkálifémek és az alkáliföldfémek levegőszennyezéséről rendelkezésre álló adatok; a gyártott termék tömegegységre jutó fajlagos emissziós értékei szerepelnek.

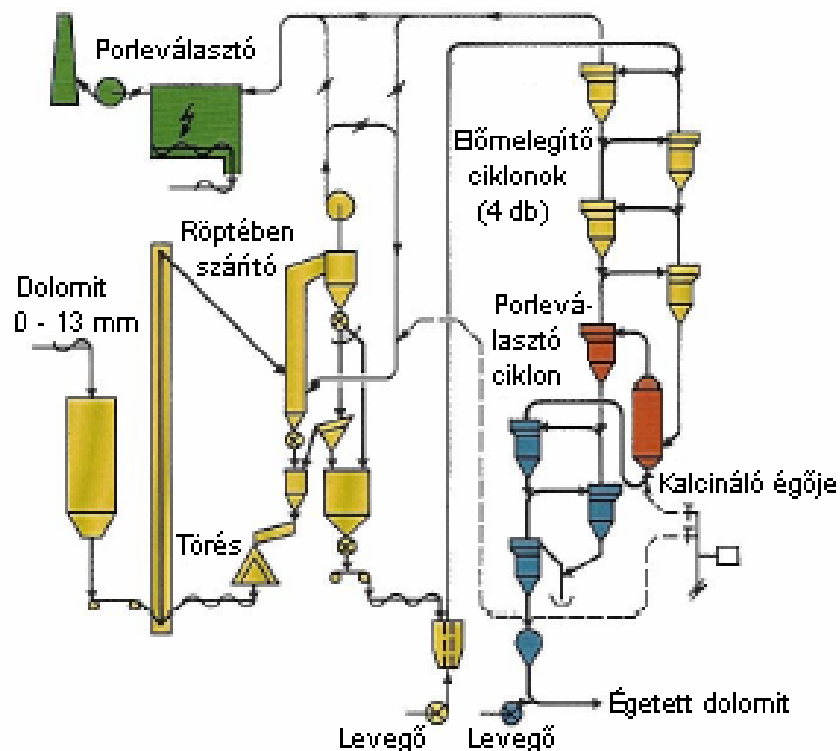
10.2. táblázat (Table 10.2): Na és Li gyártásakor keletkező légszennyezők

Szennyezők	Nátrium		Lítium	
	mg/m <sup>3</sup>	g/t	mg/m <sup>3</sup>	g/t
Klór	0,1 – 1	0,05	0 – 16	18,2
HCl	n.a.	n.a.	1 – 2	103
Hűtőközeg R 22 (N 1)		200	n.a.	n.a.
Por	4 - 6	120	n.a.	n.a.
<b>Megjegyzések:</b>				

(N 1) Az R 22 egy 'ODS' /Ozone Depleting Substance =  
Ózon-roncsoló/ hatású anyag, s kiváltását kezdeményezik  
n.a. = nincs adat

Kalcium és stroncium gyártása során a legjelentősebb levegőszennyező a por. A por származhat a kalcinált mészkő aprításából és lerakásából, a mészkő és az alumínium keveréséből és kompaktálásából, illetve a gyártott fém szitálása során. A stroncium-karbonát termikus bontása során, mely stroncium gyártása során elkerülhetetlen, kb. 420 kg CO<sub>2</sub> kerül a levegőbe minden tonna stroncium-oxid után.

A magnézium gyártása kapcsolatba hozható a por, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, Cl<sub>2</sub>, HCl, dioxin és számos más esetben SF<sub>6</sub> vagyis kén-hexafluorid emissziójával. A por leginkább a kalcinált dolomit előállításánál fordul elő. (Egy korszerű gáz-szuspenziós kalcináló /GSC berendezés/ folyamat-vázlatát alább közöljük). Dioxin a klórozó kemencében keletkezik, ahol magnézium-oxidot átalakítják magnézium-kloriddá. A kén-hexafluorid (SF<sub>6</sub>) emisszió a magnézium újraoxidálódástól való megóvásakor jelentkezik. Megjegyzendő, hogy a SF<sub>6</sub> nagyon veszélyes globális szennyezési potenciállal rendelkezik (23900-szor nagyobb a hatása a CO<sub>2</sub> gázhoz képest) és éppen ezért a Kyoto Protokoll szerint kell eljárni használatánál. Ezért minél előbb helyettesíteni kell ezt a közeget.



10.8. ábra (Figure 10.8) Gáz-szuspenziós kalcináló [tm 150, F.L. Schmidt 1992]



10.3. táblázat (Table 10.3): Légszennyezési adatok elektrolitos magnéziumgyártás és klórozás során

Szennyezők	Forrás és koncentráció mg/m <sup>3</sup>	Egy tonna Mg-ra vonatkoztatott mennyiségek
<b>Por</b>	Dolomit kalcinálásából 100 (N 1) MgO kalcinálásából 16 Pelletszárításból 40 Klórozás során keletkező gáz kezeléséből 3 Klórozásból (csarnoki gáz) 16	4 kg/t (Az eljárás egészére vonatkoztatva)
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dolomit kalcinálásából 30 MgO kalcinálásából 80 Pelletszárításból 30 Klórozás során keletkező gáz kezeléséből 200 Klórozásból (csarnoki gáz)50	7 kg/t (Az eljárás egészére vonatkoztatva)
<b>NO<sub>x</sub></b>	Dolomit kalcinálásából 80 MgO kalcinálásából 110 Pelletszárításból 50	3 kg/t (Az eljárás egészére vonatkoztatva)
<b>Cl<sub>2</sub> és HCl</b>	Klórozás során keletkező gáz kezeléséből 70 Klórozásból (csarnoki gáz) 50 Elektrolízistől 3	4 kg/t (Az eljárás egészére vonatkoztatva)
<b>Dioxin</b>	Klórozás során keletkező gáz kezeléséből 0,8 ng/Nm <sup>3</sup> Klórozásból (csarnoki gáz)0,8 ng/Nm <sup>3</sup> Elektrolízistől /Klórozásból	12 µg/t TEQ 28 µg/t TEQ 13 µg/t TEQ
<b>CO<sub>2</sub></b>	Összes kibocsátás az eljárás során	6,3 t/t
<b>SF<sub>6</sub></b>	Öntési folyamatokból (N 2)	0,45 kg/t öntött magnézium
<b>Megjegyzések:</b>		
(N 1) A dolomit égetésére használt gáz-szuszenziós kalcináló berendezésből távozó füstgázt elektrosztatikus (EP) porleválasztóval tisztítják		
(N 2) Az öntés során a magnézium visszaoxidálódásának megakadályozására használt SF <sub>6</sub> gáznak igen nagy a globális felmelegedést növelő hatása (23900-szorosa a CO <sub>2</sub> -énak) és emiatt a Kyoto Protokoll értelmében ellenőrzés alatt áll a felhasználása Ezt az anyagot minél hamarabb helyettesíteni kellene.		

**10.4. táblázat (Table 10.4): Pirometallurgiai magnéziumgyártás során keletkező légszennyezők**

Szennyező	Forrás	mg/m <sup>3</sup>	Egységnyi tömeg/tonna fém Mg
Por	Dolomit kalcinálása	< 100	3,5 kg/t
CO <sub>2</sub>		130 – 180 g/Nm <sup>3</sup>	4,5 – 6 t/t
SO <sub>2</sub>		0,5	0,016 kg/t
NO <sub>x</sub>		90	3,1 kg/t
N <sub>2</sub> O		4	0,13 kg/t
Por	Redukció vákuum alatt	-	0,5 kg/t (N 3)
Argon		-	4,3 m <sup>3</sup> /t
Hidrogén		-	0,7 m <sup>3</sup> /t
Dioxin	Redukció, finomítás (raffinálás) és olvasztás	0,08 ng/Nm <sup>3</sup>	3 µg/t TEQ
SF <sub>6</sub>	Finomítás és öntés-	n.m.	0,5 – 1 kg/t
<b>Megjegyzések:</b>			
( N 1) A fémtisztítás és az öntés során a magnézium visszaoxidálásának megakadályozására használt SF <sub>6</sub> gáznak igen nagy a globális felmelegedést növelő hatása (23900-szorosa a CO <sub>2</sub> -énak) és emiatt a Kyoto Protokoll értelmében ellenőrzés alatt áll a felhasználása Ezt az anyagot minél hamarabb helyettesíteni kellene.			
(N 2) A közölt adatok csak egyszeri méréseken alapulnak			
(N 3) Nedves mosót használva			
n.a. = nincs adat                      n.m. = nincs mérve			

### 9.2.3 Jellemző vízszennyezők

Alkálifémek és alkáli földfémek gyártása során keletkező vízszennyezés az alkalmazott eljárás függvénye. A vízgyűjtésnek és a vízkezelésnek nagyon sok változata létezik. A fő vízszennyezők: szuszpendált szilárd fém alkotók. A magnézium elektrolízise során pedig a klórozott szénhidrogének és dioxinok. Kalcium és stroncium előállítása nem hozható kapcsolatba szennyvíz keletkezésével. A következő táblázatokban a vízszennyezésről rendelkezésre álló adatokat mutatjuk be.

**10.5 táblázat (Table 10.5): Na és Li fém gyártásakor keletkező vízszennyezők**

[tm 106, Farrell, 1998]

Alkotó	Nátrium	Lítium
Összes klór	Visszajáratott szennyvíz	-
Lebegő részecskék	Visszajáratott szennyvíz	20 - 40

10.6. táblázat (Table 10.6): Elektrolitos magnéziumgyártás során keletkező vízszennyezők

Szennyező	Forrás	Kibocsátás (vízbe) mg/m <sup>3</sup> víz	Mennyiség (tömeg)/t
<b>Magnézium-hidroxid</b>	Kalcinált dolomit oltása		21 kg/t MgO
<b>Kalcium-hidroxid</b>	Kalcinált dolomit oltása		100 kg/t MgO
<b>Karbon</b>	Pelletezés		1,6 kg/t Mg
<b>Klórozott szénhidrogén (N 1)</b>	Szennyvízkezelés	0,15	0,017 g/t Mg (összesen 0,053)
<b>Dioxin</b>	Szennyvízkezelés	100 ng/m <sup>3</sup>	13 µg/t Mg Összesen 33 µg/t Mg (TCDD ekvivalens)
<b>Megjegyzések:</b>			
(N 1) A hexaklórbenzol, a pentaklórbenzol és az oktaklórsztirol összege			
n.a. = nincs adat			

A másodlagos magnézium gyártása során salak és olvasztótégely maradványok keletkeznek, melyek nem hasznosíthatók újra. Ezért van szükség vizes feltárássra, melynek során inert magnézium-hidroxidot, különböző ötvözőelemeket és hidratált iszapot kapunk. Egy tonna fémre fél tonna iszap jut, melynek kb. 50 %-a víz.

#### 9.2.4 Melléktermékek, maradványok, hulladékok

Alkálifémek és alkáli földfémek gyártása számos melléktermék, maradék és hulladék — melyek szintén megtalálhatók az Európai Hulladék Katalógusban (Tanácsi Döntés 94/3/EEC) — keletkezésével hozható összefüggésbe. Az alkálifémek és alkáliföldfémek legfontosabb eljárás specifikus visszamaradó (maradvány)anyagainak listája alább található.





10.7. táblázat (Table 10.7): Az alkálifémek és az alkáliföldfémek előállításánál keletkező maradványok

Előállított fém	Maradvány	Forrás	Mennyiség (tömeg)/t
<b>Nátrium</b>	Szűrőlepeny	nátrium tisztítása	n.a.
	üledék	tároló tartályok (N 1)	n.a.
	klór	melléktermék	1,6 t Cl/t fém
<b>Lítium</b>	Anyalúg	kristályosítás	n.a.
	elhasznált anódok	elektrolizáló kádak	n.a.
<b>Kalcium</b>	kalcium-aluminát	vákuum kemence	n.a.
	elhasznált kemencebélések	vákuum kemence	n.a.
<b>Stroncium</b>	stroncium-aluminát	vákuum kemence	n.a.
	elhasznált kemencebélések	vákuum kemence	n.a.
<b>Magnézium (olvadékelektrolit)</b>	iszap és homok	kalcinált dolomit oltása	0,05 t/t MgO
	salak	klórozó kemence	0,14 t/t fém
	dioxin tartalmú iszap	vízkezelő	0,01 t/t fém
	fém tartalmú iszap	elektrolízis és öntöde	0,04 t/t fém
	kalcinált dolomit por	dolomit kalcinálás mellékterméke	0,28 t/t MgO
	elektrolit-fölösleg	elektrolízis mellékterméke	0,18 t/t fém
<b>Magnézium (pirometallurgiai)</b>	dolomit és filter por	dolomit és mészkő szitálása	1 t/t fém
	granulált salak	redukciós vákuum kemence	2,5 -3 t/t fém
	finom száraz salak		0,5 -0,7 t/t fém
	nedves salak		0,3 – 0,5 t/t fém
	salak	tisztítási szakasz	0,3 t/t fém
<b>Megjegyzések:</b>			
(N 1) A tároló tartályok üledékét lángkemencében elégetik és az összegyűjtött füstgázokat egy kétfokozatú vizes mosóra vezetik, majd még egy HCl-os fokozatba is, melyen a szűrőlepeny mosásánál keletkező párát is átvezetik			
n.a. = nincs adat			

### 9.3 Az elérhető legjobb eljárások/technológiák (BAT)

E fejezet tartalmának könnyebb megértése érdekében az olvasónak érdemes először eme dokumentum előszavát (PREFACE) és különösen annak ötödik (5.) részét („Hogyan használjuk ezt a dokumentumot?”) felidézni. Ebben a fejezetben ismertetett eljárások/technikák és az ezekhez kapcsolódó emissziós és/vagy anyag-felhasználási szintek, illetve e szintek egyes tartományai lépcsőről-lépésre, az alábbiak szerint kerültek összefoglalásra:

- Az alkálifémek és az alkáliföldfémek előállításával foglalkozó és ehhez kapcsolódóan klór, HCl, dioxin, SF<sub>6</sub>, porok és füst, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, szennyvizek, iszapok, alumínát, szűrőporok és salakszerű maradványok képződésével is járó iparág működésének a környezetre leginkább káros hatás-elemeinek azonosítása és feltérképezése;
- E fentebbi tényezőkhez elsődlegesen kapcsolható eljárások és módszerek vizsgálata;
- A környezetre legkevésbé káros hatással bíró gyártó-rendszerek színvonalának (kibocsátási szintjeinek, stb.) megállapítása az EU-ban és a világon rendelkezésre álló adatok alapján;
- Azoknak a körülményeknek (pl. a költségeknek, a közegek keresztthatásainak, a korszerűbb eljárások bevezetése hajtóerőinek) a tanulmányozása, amelyek mellett a fentebbieknek megfelelő („környezetbarát”) működési színvonal elérhető;
- Az elérhető legjobb eljárások/módszerek (BAT-ok) és a kapcsolódó kibocsátási és/vagy anyag-felhasználási szintek kiválasztása ennek az iparágak számára, általános értelemben megfelelve a direktíva 2(11) számú cikkelyének és annak IV. mellékletében foglaltaknak.

Az európai IPPC iroda (European IPPC Bureau) és a megfelelő műszaki munkacsoport (Technical Working Group, TWG)) szakértői véleménye kulcsfontosságú szerepet játszott a fent felsorolt lépések megfogalmazásánál és abban is, ahogyan ez a szakmai anyag itt ismertetésre került.

Ezekre a jól átgondolt technológiákra alapozva a kibocsátási és a felhasználási szintek a 'BAT' helyénvaló megválasztásával lesznek bemutatva ebben a fejezetben. A kibocsátási és a felhasználási szintek kerülnek tehát bemutatásra „a leginkább megfelelő technológiákkal asszociálva” azért, hogy megérthessük ezek a szintek reprezentálják a környezetet. Ebben a fejezetben megtalálható a technológiák előre számított eredménye úgy, hogy szem előtt tartjuk a költségegyensúlyt és a benne rejlő előnyöket, melyekkel a 'BAT' definiálható. Tehát ezek egyáltalán nem kibocsátási és felhasználási határértékek és nem is így kezelendők. Műszakilag elképzelhető, hogy kedvezőbb kibocsátási és felhasználási szinteket érjünk el, de ez a költség és a média hatására nem fogalmazható meg pontosan, mint 'BAT'. Tehát ezeket a szinteket sok esetben jól átgondolva igazolni kell a húzóerő figyelembe vételével.

A kibocsátási és felhasználási szintek az 'BAT' használatával együtt kezelendők és még más speciális referencia-feltételeket is fontolóra kell venni (pl. átlagos periódusidő).

A fent leírt „BAT – hez asszociált szintek” koncepciója megkülönböztetendő az „elérhető szint” kifejezéssel, melyet máshol használunk ebben a dokumentumban. Mikor azt írjuk, hogy egy szint elérhető egy technológiai lépés vagy technológiák egymásutánja során, ezt úgy kell érteni, hogy az a szint elvárás szerint elérhető egy bizonyos határidőn belül egy jól működő eljárás rendszerében.

Rendelkezésre állnak a költséggel foglalkozó adatok, melyeket a technológiák leírásánál adtunk meg az előző fejezetben. Ezek durva közelítést adnak a költségek nagyságáról. Az aktuális költség, melyet az alkalmazott technológia követel, erősen függ bizonyos speciális hatásoktól, mint pl. adók, illetékek... stb. Nem lehet teljesen felbecsülni néhány helyfüggő faktort. Néhány a költségekkel foglalkozó adatok hiányának következtében a megvalósítható gazdaságos technikák csak megfigyelésekből és működő üzemek felméréséből állapíthatók meg.

Az általánosan vett 'BAT' ebben a szekcióban referencia pont a jelenleg működő cégek megítélésére illetve egy a jövőben működni fogó új fejlesztés létrehozásánál. Ezáltal segítséget nyújt a 9(8) cikk szerint az „'BAT' alapú” feltételek meghatározására, beszerelési ill. általános építési szabályok megállapítására. Előre látható, hogy új fejlesztések kivitelezéséhez szükséges általános 'BAT' szinteket mutatunk be itt. Szintén megfontolandó, hogy egy létező üzem túlléphet az általános 'BAT' szinteken és jobbat is létrehozhat a különböző műszaki és környezeti alkalmazások figyelembevételével.

Amíg a BREF nem határoz meg hitelesített standardokat, addig csak tanácsaival irányíthatja az ipart, a tagállamokat és a közérdeket a megfelelő kibocsátási és felhasználási szintek elérése érdekében. A pontosan megállapított határérték minden speciális esetben az IPPC direktíva és a helyi megállapítások figyelembevételével határozhatók meg.

### **9.3.1 Anyagtárolás és -kezelés**

A leginkább megfelelő technológiákból levonható következtetés az anyagkezelés és tárolás tekintetében e dokumentáció 2.17. fejezetében található.

### **9.3.2 Az eljárás kiválasztása**

#### **9.3.2.1 Előkezelési technikák**

A technológiák, melyek a 2. fejezetben kerültek bemutatásra a nyersanyagok előkezelésénél részlegesen 'BAT'-k ebben a fejezetben. Ahol a kalcinálási eljárás elengedhetetlen a nyersanyag preparálásához pl. dolomit kalcinálása, ott a gáz-szuszpenziós kalcinálási technológia (GSC) előnyösen használható. Abban az esetben, ha a kalcinálóból kiáramló portartalmú gáz EP-vel lett tisztítva, a porra vonatkozó emissziós érték kevesebb, mint  $30 \text{ mg/m}^3$ , ha zsákos szűrőt használunk, akkor ez az érték  $5 \text{ mg/m}^3$ . A magas fejlesztési, befektetési költségek egy ilyen kalcináló rendszer bevezetésekor az üzem konkrét gyártási kapacitást állapít meg.

#### **9.3.2.2 Az eljárásokról nagy vonalakban**

A különböző alkálifémek és alkáliföldfémek gyártásánál a környezetre ártalmas hatásokat széles körben befolyásolják az alkalmazott metallurgiai eljárások. A gyártott fémeknek megfelelően a következő metallurgiai eljárások használatosak az iparban, melyek egyben 'BAT'-ok is: 10.8. táblázat!

(Lásd az eredeti dokumentumban: Table 10.8.)

### 9.3.2.3 Folyamatok irányítása

A 2. fejezet különböző részeiben bemutatott technikákban leírunk lehetőségeket a folyamat számítógép-vezérlésű rendszerek irányítására, mely ugyancsak része az 'BAT'-nak ebben a fejezetben. De a legfontosabb dolgok megfontolandók.

- Elektrolizáló kád optimális működési feltételeinek ellenőrzése. Kulcsfontosságú paraméterek a következők: kádfeszültség, pH-érték és hőmérséklet.
- Vákuumkemence optimális működési feltételeinek ellenőrzése. Kulcsfontosságú paraméterek a következők: nyomás és hőmérséklet a kemence különböző pontjainál és a gázvezetékrendszerben, oxigén és szén-monoxid vagy szén-dioxid koncentrációk és nyomások.
- Folyamatirányítás megfelelő módszerek használatával, hogy lehetséges legyen fenntartani az optimális működési feltételeket, és elkerülni az elfogadható tartományon túli értékek létrejöttét.
- A vállalati operátorokat tréningre kell küldeni, és fel kell világosítani őket a helyes eljárási módokról és az irányítási paramétereikről.
- Az üzemi eljárások jó gyakorlatának fenntartása, rendszerek és más ehhez kapcsolódó eljárások csökkentése. Felülvizsgáló rendszert kell bevezetni.
- A tűzkárok csökkentése érdekében tűzjelzőket kell beszerezni.

### 9.3.2.4 Kemence utáni műveletek

A bemutatott technológiák, mint az 'BAT' meghatározásánál determináltak, szintén olyan eljárások, melyeket nevezhetünk 'BAT'-nak is ebben az iparágban. Az általánosan alkalmazott kemence utáni műveletek alapján, úgy mint az öntés, őrlés és szitálás, a 'BAT' a következőképpen definiálható.

- Az SF<sub>6</sub> hatalmas globális veszélyességi hatása következtében (23900-szor magasabb veszélyességi faktorral rendelkezik, mint a CO<sub>2</sub>) az öntőrészlegekben használt SF<sub>6</sub> mennyiséget, amennyire csak lehet redukálni kell. Lehetőség szerint amilyen gyorsan csak lehet, ezt a különösen veszélyes anyagot helyettesíteni kell egy kevésbé ártalmassal.
- Az őrlés és a szitálás különböző lépései zárt környezetben történjenek, ahol a nyomás valamivel kisebb a légköri nyomásnál.
- Az őrlő- és a szitáló rendszer lehetőség szerint legyen felszerelve ciklon- és zsákos szűrővel, hogy az ultrafinom szemcsék is kiszűrhetők lehessenek.
- A tűzveszélyes ultrafinom kalcium és stroncium fémek eliminálhatóak vízzel. A végső termék ezért egy kis mészkövet is tartalmaz.
- A tűzkárok csökkentése érdekében az őrlés és szitálás egyes lépései egymástól elszigetelten legyenek.
- A kalciumtárolóban létrejövő tűz továbbterjedésének megelőzése érdekében a falakat, melyek elválasztják a raktár egyes részeit, tűzálló anyagból kell készíteni.

- Az esetleges tüzet nitrogénnel kell eloltani.

### 9.3.3 Gázkezelés és megsemmisítés

A 2. fejezetben bemutatott technikák közül az elhasznált gáz gyűjtése és a légszennyezés kezelése ugyancsak része az 'BAT'-nak ebben a fejezetben. A légszennyezések kezelése érdekében megfontolandók alapján az 'BAT' ebben a szekcióban a következőképpen alakul.

- A zsákos szűrők alkalmasak arra, hogy megtisztítsák a nyersanyagtárolóból és az eszközök tisztításakor elszívott levegőt. Az ehhez tartozó visszamaradó anyagmennyiség a zsákszűrőben  $5 \text{ mg/m}^3$ . Megjegyzendő, hogy a zsákos szűrők csak kis mennyiségű port tudnak kezelni. A szűrés minősége a szűrő anyagától függ. Speciális esetben (pl. egészségügyi és biztonsági feltételek) szükséges, hogy nagyon alacsony legyen a porkibocsátás. Ez megfelelő membrános szűrőzsákok használatával érhető el.
- Egy EP vagy gyári szűrő tisztíthatja a kalcináló fáradt gázait, melynek poremissziós szintje  $20\text{-}30 \text{ mg/m}^3$  tartományban mozog EP esetében, mely zsákos szűrő használatakor  $5 \text{ mg/m}^3$ .
- A cellatér levegője a környezetszennyező klór- és HCl - tartalom következtében tisztításra szorul. A többlépcsős Venturi mosótornyot nátronlúggal töltik fel, mely alkalmas a klór eltávolítására. A klórhoz tartozó szint kevesebb, mint  $1 \text{ mg/m}^3$ .
- A klórozó kemence fáradt gázait többlépcsős mosó és egy hozzá kapcsolt nedves EP, valamint egy utóégetővel tisztítják, hogy csökkentsék a dioxin és a klórtartalmú szénhidrátok kibocsátását a levegőbe. A megsemmisítés összhatásfokának ebben a kombinációban  $99,9 \%$  -nak kell lenni. A fáradt gáz alacsonyabb dioxin-koncentrációjának eléréséhez aktivált karbont kell injektálni a rendszerben. A nedves mosó és az EP szennyvizét a dioxin- és a klórtartalmú szénhidrogének vízszennyező hatása miatt tisztítani kell.

A következő táblázat összefoglalja a felsorolt emisszióval kapcsolatos adatokat, és a hozzájuk tartozó leginkább megfelelő technológiákat ('BAT'), melyekkel elérhetőek az említett szintek.

*A vonatkozó táblázatot (Table 10.9) lásd az eredeti dokumentumban!*

### 9.3.4 Szennyvizek

A 2. fejezetben bemutatott technológiák, melyek szennyvízkezeléssel foglalkoznak, ennek a fejezetnek 'BAT' részei lehetnek. A vízkezelési technológiáknak megfelelően az 'BAT' a következőképpen határozható meg.

- Magnézium gyártásakor a klórozási részleg szennyezett mosófolyadékát úgy kell kezelni, hogy csökkenjen a dioxin és a klórtartalmú szénhidrogének mennyisége a vízben. Ez pelyhesítéssel, szilárd leválasztással és aktív karbonos kezeléssel történik.
- Zárt vízrendszerek alkalmasak nedves mosásra, hűtőrendszerekre és granulátumok készítésére.
- A zárt vízrendszerekből leeresztett folyadékot a fém alkotóktól is meg kell tisztítani.
- A kezelt szennyvizet újra kell hasznosítani és használni, ahányszor csak lehet.
- A mosófolyadékokat újrafeltöltés előtt analizálni szükséges.
- Lehetővé kell tenni a gyári csatornarendszerek szennyezők szerinti analizálását, ill. azok kezelését a tartalmuknak megfelelően, mielőtt kibocsátják őket.

### 9.3.5 Az eljárások maradéka

A 2. fejezetben a hulladék minimalizálása érdekében bemutatott technológiák ebben a szekcióban az 'BAT' részeként szerepeltethetők, és ezért számításba kell venni a technológia kiválasztásakor, vagy az új rendszerek beépítésekor azt, hogy melyiknek kisebb a környezetre gyakorolt ártalmas hatása. A legfontosabb faktor a környezetre ártalmas hatások és a hulladékok kibocsátásának csökkentése. Amennyire lehetséges, újra kell hasznosítani a teljes hulladékmennyiséget.

Az alkalmazott technológiák alapján, melyeket úgy definiálhatunk, mint eljárások a hasznosítás, újrahasznosítás és az újra használatba vétel esetén, ebben a részben mint 'BAT' szerepelhetnek: Az alkalmazott eljárások és a specifikus beadagolt anyagok befolyásolják a végső eljárás kiválasztását.

Előállított fém	Maradvány	Forrás	Mennyiség
<b>Nátrium</b>	Karbonszűrő	Nátriumtisztítás	-
	Üledék	Tároló tartályok (N 1)	-
	Klór	Eljárás mellékterméke	1,6 t Cl/t fém
<b>Lítium</b>	Anyalúg	Kristályosítás	-
	Elhasználdott anódok	Elektrolizáló kád	-
<b>Kalcium</b>	Kalcium-aluminát	Vákuum kemence	-
	Elhasználdott kemence bélés	Vákuum kemence	-
<b>Stroncium</b>	Stroncium-aluminát	Vákuum kemence	-
	Elhasználdott kemence bélés	Vákuum kemence	-
<b>Magnézium (elektrolitos eljárás)</b>	Iszap és szemcsés törmelék	Dolomitoltás	0,05 t/t MgO
	Salak	Klórozó kemence	0,14 t/t fém
	Dioxin tartalmú iszap	Szennyvízkezelés	0,01 t/t fém
	Fém tartalmú iszap	Elektrolízis és öntvényház	0,04 t/t fém
	Kalcinált dolomit por	Dolomit kalcinálásának mellékterméke	0,28 t/t MgO
	Elektrolitfelesleg	Elektrolízis mellékterméke	0,18 t/t fém
<b>Magnézium (termikus eljárás)</b>	Dolomit és filter por	Dolomit és mészkőosztályozás	1 t/t fém
	Granulált salak	Vákuumkemence	2,5 – 3 t/t fém
	Finomított száraz salak		0,5 – 0,7 t/t fém
	Nedves salak	Raffinálás	0,3 – 0,5 t/t fém
	Salak		0,3 t/t fém
<b>Megjegyzések:(N 1)</b>			

10.10 táblázat: A maradékok hasznosítása újrahasznosítása és újra használatba vétele alkálifémek és alkáli földfémek előállítása során.