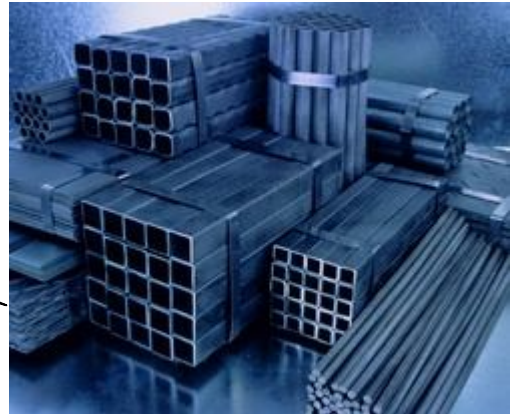


Alapanyaggyártás

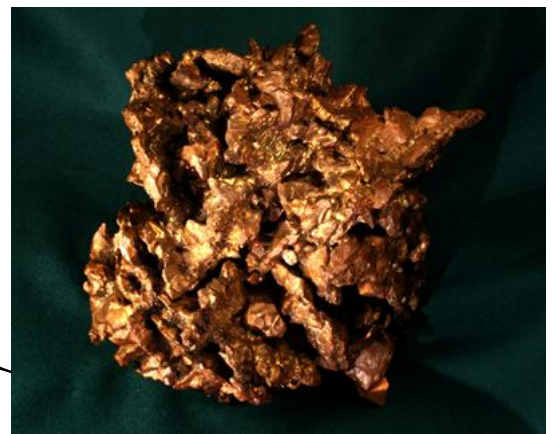
Acél



Alumínium



Réz



TARTALOMJEGYZÉK

Érckitermelés	3
Ásvány-előkészítés.....	4
Ércdúsítás.....	4
Ércdarabosítás	4
Fémkinyerés.....	5
A fémkinyerés elektrometallurgiai módszerei	8
A fémkinyerés pirometallurgiai módszerei.....	10
A nyersréz előállítása kéneskőből.....	11
A nyersvasgyártás	11
Konverteres acélgyártás	18
Elektroacélgyártás	19
Alumíniumkohászat	20
Felhasznált irodalom	Hiba! A könyvjelző nem létezik.

Érckitermelés

Az arany, az ezüst, a réz, a higany és a platinacsalád tagjai néha elemi állapotban is megtalálhatók a természetben. A többi fém elemi formában nem, csupán vegyületeikben fordul elő. A leggyakoribb fémvegyületek főként oxidok, de gyakoriak a szulfidok, a karbonátok és a kloridok is. A földkéregben megtalálható vegyületek az **ásványok**. A fémkinyerés szempontjából értékes és értéktelen (meddő) ásványok keveréke az **érc**.

A fémek kinyerésére - mai technikai lehetőségeink miatt - a Föld egészének csak egy kis része, mindössze a 30...40 km mélységig terjedő földkéreg, a légkör, a litoszféra, valamint a vízkészlet, a hidroszféra áll rendelkezésre. A hidroszféra a fémeket oldott sók, elsősorban kloridok és szulfidok formájában, a litoszférához viszonyítva sokkal kisebb koncentrációban tartalmazza. A földkéreg átlagos fémtartalmát az 1. TÁBLÁZAT mutatja be.

A FÖLDKÉREG ÁTLAGOS FÉMTARTALMA

Fém	Átlagos koncentráció a földkéregben,	
	tömeg %	atom %
alumínium	8.13	5.92
vas	5.61	1.76
magnézium	2.09	1.49
titán	0.74	0.28
mangán	0.10	0.03
króm	0.04	0.01
nikkel	0.008	0.003
cink	0.007	0.003
réz	0.006	0.002

Az érc kitermelésekor elkerülhetetlen, hogy ne keveredjék a kísérő kőzetek-vel. Ezek a kísérő anyagok, valamint az ércnek az adott fémek nem tartalmazó további ásványai alkotják a **meddőt**.

Az a folyamat, amelynek során a fémeket kinyerik érceikből, több, jellegzetes műveletsorra tagolható:

- Az érc kitermelését követően az első munkafázis a meddőtartalom csökkentése, az ércdúsítás, valamint a kohósításra alkalmas szemcseméret létrehozása, az ásvány-előkészítés.
- A második lépés, az **extraktív metallurgia**, vagy más néven kémiai metallurgia, amelynek során a fémek kinyerik vegyületeiből.
- Harmadik munkafázisban, a **finomítás** során a kohósított, illetve az újrafeldolgozásra kerülő fém szennyezőtartalmát csökkentik, továbbá a kívánt tulajdonságok elérése érdekében szükség szerint ötvözik.
- A fém finomítását általában olvadt állapotban végzik. A kohászati eljárás befejezéseként az olvadék megszilárdítása, a **kristályosítás** zárja a folyamatot.

Ásvány-előkészítés

Az ércekben a fémásványok gyakran diszperz eloszlásban fordulnak elő. Az ásvány-előkészítés első lépése a **feltárás**, amikor a kibányászott ércet olyan kis szemcseméretűre aprítják, hogy az ércet alkotó ásványok zömmel elkülönüljenek egymástól.

Az apró, többé-kevésbé homogén szemcsék elválasztása a meddőtől, az érc **dúsítása** - a nagy fajlagos felületnek köszönhetően - viszonylag egyszerű fizikai-, illetve ha szükséges, akkor további kémiai módszerekkel megvalósítható.

Az ásvány-előkészítés harmadik, lényeges művelete a darabosítás, a dúsított érc olyan szemcseszerkezetének a kialakítása, amely a további metallurgiai folyamatokhoz a legkedvezőbb.

Ércdúsítás

A töréssel majd a malomban őrléssel finomra aprított, továbbá a szemcsenagyság szerint osztályozott, megfelelő méretű ércből az ásványok fizikai módszerekkel elválaszthatók, illetve kémiai módszerekkel dúsíthatók. A fizikai és kémiai dúsító eljárásokkal előállított **koncentrátumból** a fém kinyerése vegyületeiből gazdaságosabbá tehető.

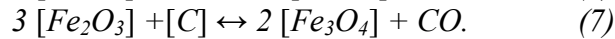
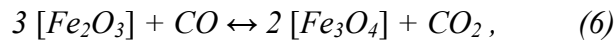
Ércdarabosítás

Az ércdúsítás során előállított koncentrátumok általában legfeljebb milliméter méretű szemcsékből álló porok. Az olyan fémkinyerési módszereknél, ahol az extrakció oldatban megy végbe - mint a timföld kohósításakor -, ott ez a szemcseméret az oldódáshoz kifejezetten előnyös. Az olvadékból való redukció során a kiinduló szilárd anyag szemcsemérete gyakorlatilag érdektelen.

A nyersvasgyártáskor a befúvatott levegő, továbbá a felszálló füstgázok a por alakú vasérc koncentrátumot képesek magukkal ragadni és ezért a vastartalmú por a torokgázzal el tudna távozni a nagyolvasztóból. Ez jelentős fémvesztést okozna. Ennek elkerülésére a vasérc koncentrátumot darabosítják, **agglomerálják**. A darabosítás során az érc koncentrátumnak nemcsak a mérete növelhető meg, hanem összekeverhetők a salakképző anyagokkal, sőt bizonyos redukációs folyamatok is bekövetkeznek. Ezeknek a redukációs folyamatoknak az eredményeként az igen drága kokszt felhasználása a nagyolvasztóban, csökkenthető. Az ércdarabosítás további előnye, hogy a nagyolvasztóba kerülő adag egyenletesebb összetételű, ami további energia-megtakarítást eredményez.

A darabosító eljárások két nagy csoportba sorolhatók, nevezetesen a zsugorító pörkölésre és a pelletezésre.

A zsugorító pörkölés első művelete az érc koncentrátum, a mészkő- és a szénpor nedves keverése. A keveréket mozgó rostélyra adagolják, amelyet átvezetnek egy kemencén, ahol a felmelegedett keveréken keresztül levegőt fúvatva a szén- vagy kokszipor begyullad. A levegő mennyisége azonban nem elegendő a teljes égéshez. Kezdetben, a keletkező szén-monoxid például a (6) reakció szerint, majd a hőmérséklet növelésével maga az izzó szénpor részlegesen redukálja a vasércet, a (7) reakcióegyenletnek megfelelően:



Az ércben visszamaradt kísérőásvány, a szilícium-dioxid a mésszel komplex szilikát formájában vegyül, amely a vas-oxiddal viszonylag alacsony, 1260 °C olvadáspontú **eutektikumot** alkot. Az 1300...1350 °C hőmérsékletre felmelegedő keverékben ez az olvadt eutektikum a szilárd vas-oxid szemcséket összeköti. Ez a folyamat **szinterelés**ként ismert. Az így kialakult porózus szerkezetű összetapadt keveréket levegő átfúvatásával gyorsan lehűtik. Az összesült, porózus agglomerátum törése, majd rostálása jelenti a zsugorító pörkölés utolsó műveletét.

A pelletezés a kisebb szemnagyságú, már nem zsugorítható méretű érckoncentrátumok darabosítására használatos. A lényegi különbség a zsugorító pörköléshez képest, hogy a pellethez nem adagolnak sem salakképző anyagot sem szénport. A szemcsék közötti kötést ragasztó anyag, mint bentonit vagy vízüveg hozza létre. A kötőanyaggal nedvesített ércszemcsék az agglomeráló forgó dobban vagy tányéron görögve egymáshoz tapadnak, és a kívánatos 20...30 mm-es szemcseméretet elérve készül el, a nyers pellet. Kiégetése, amely a kívánatos szilárdságot hívatott megvalósítani, 1250...1300 °C hőmérsékleten általában gáztüzelésű kemencében érhető el.

Fémkinyerés

A fémvegyületekben feldúsított érckoncentrátumból a fémeket extraktív metallurgiai módszerekkel nyerik ki. A legcélszerűbb, leggazdaságosabb fémkinyerési eljárást a fém fizikai- és kémiai tulajdonságai, az ásványt alkotó vegyület fajtája, a koncentrátum fémtartalma, valamint a meddő tulajdonságai határozzák meg.

Az extraktív metallurgiában alkalmazott eljárások az elektrolízisen alapuló **elektrometallurgiai** és **pirometallurgiai** módszerek csoportjába sorolhatók.

Az extraktív metallurgia alapja a fémeknek az egyik leglényegesebb tulajdonsága, az egyes elemekkel szemben tanúsított vegyi aktivitása. Az extraktív metallurgiai műveletek során a legfontosabb jellemző az a kötési energia, amely a feldolgozandó vegyület atomjait tartja össze. Néhány nemesfém, mint az arany a természetben fémes formában is található, így kinyerése pusztán egy fizikai dúsítási folyamatot igényel. Ezekről a ritka kivételektől eltekintve, a fémkinyerés nem más, mint a fémnek a vegyületeiből való redukálása.

A kohászati folyamatok döntő többsége állandó, atmoszferikus nyomáson megy végbe. Ha valamely rendszer egy mólnyi mennyiségével állandó nyomáson hőt közölnek, akkor az energianövekedés a moláris entalpia (ΔH) növekedésében nyilvánul meg. A rendszer moláris entalpiájának egy része, a szabadentalpia (ΔG), munkává átalakítható, a fennmaradó rész - az entrópia (ΔS) és a hőmérséklet szorzata -, a kötött energia. Az entalpia, a szabadentalpia közötti kapcsolatot írja le a (8) összefüggés.

$$\Delta H = \Delta G + T\Delta S \quad (8)$$

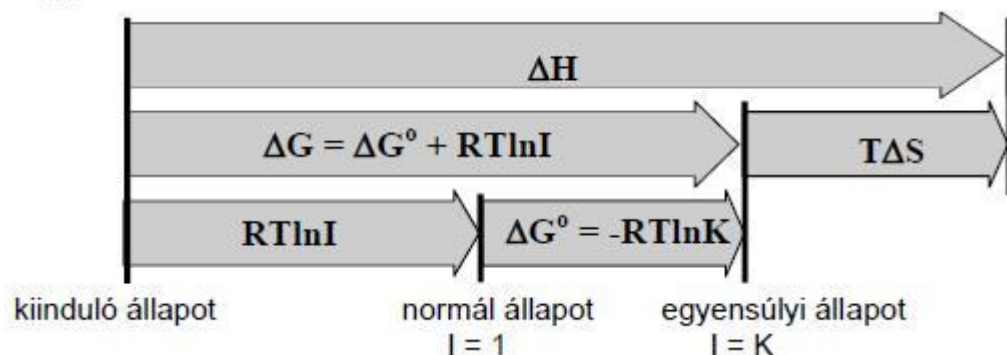
A szabadentalpia további két részre osztható a (9) összefüggés szerint, a tetszőleges kiinduló és a normál állapot között maximálisan munkává alakítható energiára, valamint a normál és az egyensúlyi állapot közötti energiára, a normál szabadentalpiára.

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln I, (9)$$

ahol:

ΔG a szabadentalpia, J/mol,
 ΔG^0 a normál szabadentalpia, J/mol,
 R az egyetemes moláris gázállandó, 8.314 J/molK,
 T a hőmérséklet, K,
 I az egyensúlyi állandóhoz hasonló, aktivitások hányadosa, amely:
 normál állapotban $I = 1$, amikor $\Delta G = \Delta G^0$,
 egyensúlykor $I = K$, amikor $\Delta G = 0$,

vagyis:



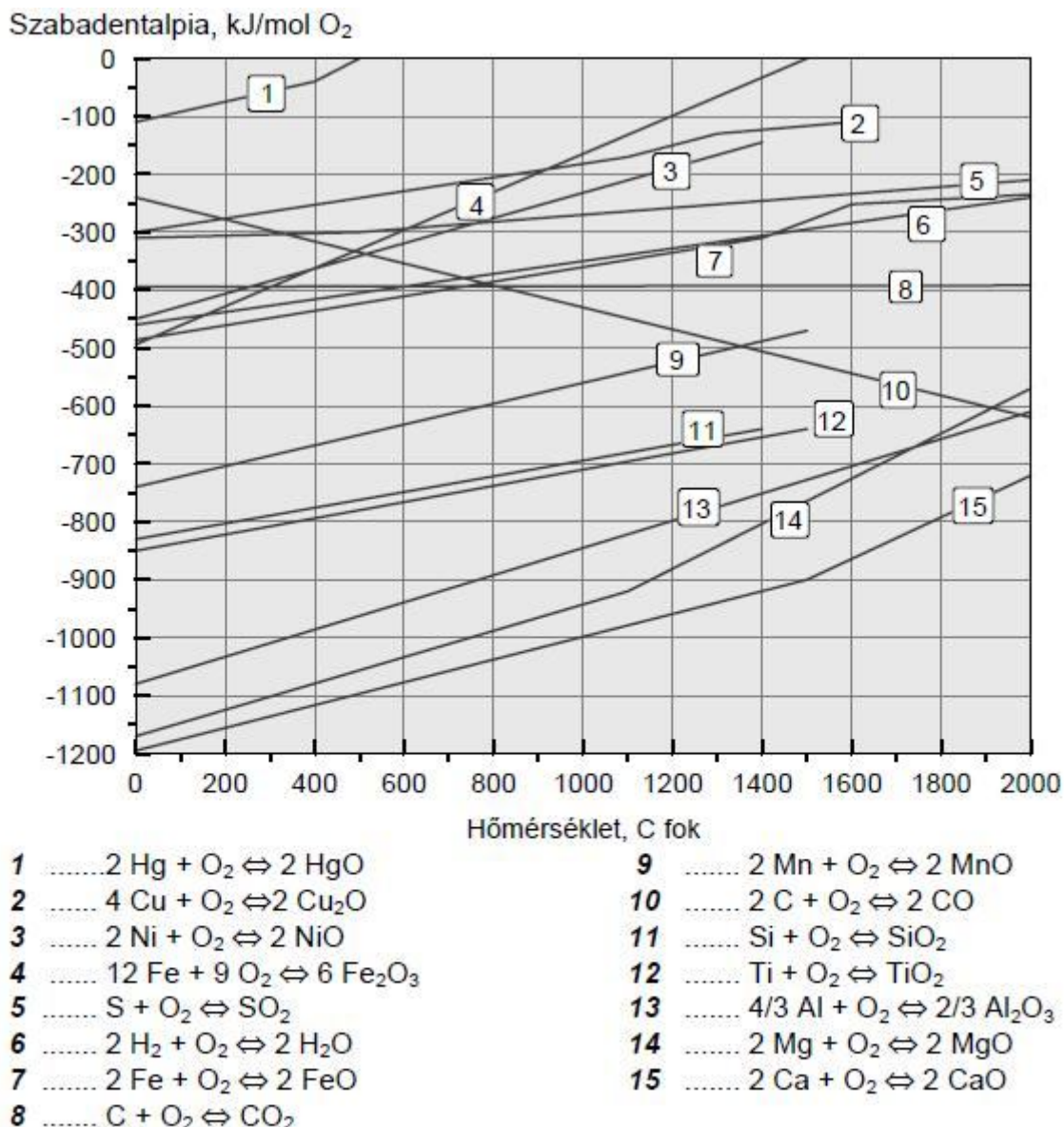
Ha halmazállapot-változás nem következik be, a reakció entalpiája és entrópiája gyakorlatilag állandó, ezért a normál szabadentalpia a (10) összefüggés szerint egyenesen arányos a hőmérséklettel :

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0. (10)$$

A hőmérséklet növekedésekor a rendszer a forráspontot elérve, az anyag entrópiája a gázfázis megjelenése, a rendezetlenség növekedése miatt lényegesen megnő, ami a $\Delta G^0 - T$ függvényben töréspontot és az egyenes meredekségének növekedését okozza.

Az ásvány-előkészítés során előállított érckoncentráció - az iparban legnagyobb mennyiségben használt fémek esetében - e fémeknek az oxidos vegyületeiből áll. A **4. diagram** a kohászati gyakorlatban lényeges oxidok moláris normál szabadentalpiájának hőmérséklettől való függését mutatja be.

Ha valamely vegyület szabadentalpiája egy adott hőmérsékleten illetve nyomáson kisebb mint nulla, akkor ott a vegyület stabilis. Egy több komponensű rendszerben reakció akkor mehet végbe, ha a reakció eredményeként a rendszer szabadenergiája csökken. Ennek megfelelően a **4. diagram** adataiból látható, hogy a higany az egyetlen olyan fém, amely oxidjából hevítéssel redukálható, kiizzítható.



4. diagram

A kohászati gyakorlatban lényeges oxidok moláris normál szabadentalpiájának hőmérséklet függése

Ha egy olyan rendszert vizsgálunk, amelyben több elem, illetve ezek oxidjai találhatók, akkor azok az elemek, amelynek oxidjai kisebb szabadentalpiával rendelkeznek azon a hőmérsékleten, a másik elem oxidját redukálni képesek. Vagyis olyan, az oxigén iránt kisebb affinitással rendelkező fémek, mint a réz, a nikkal a hidrogénnel redukálhatók, mert a hidrogén-oxid szabadentalpiája kisebb, mint a felsorolt fémek oxidjaié. A vas redukciója karbonnal csak mintegy 800 °C hőmérséklet felett lehetséges (4. diagramon ahol a szabadentalpia-görbék metszik egymást). E hőmérséklet felett a szén-monoxid szabadentalpiája kisebb, mint az ezen a hőmérsékleten legstabilisabb vas-oxigén vegyületé a vas(II)-oxidé, az FeO-é.

A 4. diagram alapján megítélhető, hogy a nagy kötési energiával rendelkező oxidok, mint az alumínium-, a magnézium-, vagy a titán oxidja a használatos redukáló szerek közül a karbonnal is csak jóval az iparszerűen alkalmazható hőmérséklet felett lehetséges. A nagy kötési energiájú magnézium, titán és alumínium kinyerésére ezért a pirometallurgiai módszerek helyett elektrometallurgiai módszereket alkalmaznak.

A fémkinyerés elektrometallurgiai módszerei

Az elektrometallurgiai eljárások körében a fémeket vegyületének oldatából vagy olvadékából nyerik ki. Az elektrometallurgiai eljárások alapvető folyamata az elektrolízis. Az elektrolízis során az ionokat összetartó kötések felbontásához szükséges energiát az elektromos tér energiája szolgáltatja. Az oldatokban az oldó anyag nagyobb dielektromos állandója révén lecsökken az oldott anyag részecskéit összetartó elektrosztatikus erő nagysága, így a disszociálódott molekulákból ionok jönnek létre.

Az elektrolízis folyadékban, az **elektrolit**ban megy végbe, amely villamosan töltött részecskéket, ionokat tartalmaz. A fémek esetében az ionok már szilárd állapotban is rendelkezésre állnak, de a rácsot alkotó erők az ionok vándorlását olyan mértékben akadályozzák, hogy esetleges mozgásuk elektrokémiai szempontból elhanyagolható. Folyadék állapotban viszont az ionvándorlással, de különösen az elektronáramlással szemben csekély ellenállást mutatnak, így kiváló elektrolitok.

Az elektromos teret az elektrolitokba merülő, ellentétes töltésű elektródok hozzák létre. Kellően nagy térerősség esetén az elektrolit villamosan töltött részecskéi, az ionok a töltésükkel ellentétes katód, illetve az anód irányába vándorolnak. A negatív ionok az anionok az anódon, a pozitív ionok a kationok - mint a fémek és a hidrogén -, a katódon válnak ki. Például a hidrogén kation a katódon elektronfelvétel mellett rekombinálódik atommá, majd az atomok egyesülésével molekulává. Ahhoz, hogy az elektrolízis - a töltött részecskék vándorlása az elektrolitban -, folyamatosan fenntartható legyen, az anódról a többlet elektront el kell vezetni, illetve a katód folyamatos elektron ellátásáról gondoskodni kell. Ezért az anód és a katód anyagának egyaránt villamosan vezetőnek kell lennie. Az anód anyaga maga is aktív szereplője lehet az elektrolízisnek. Az elektrolízissel való fémtisztítás az oldható anód elvére épül. Fémtisztításkor a szennyezőt tartalmazó fém képezi az anódot, amelynek fém-ionjai oldódva az elektrolitban, majd a katódon kiválva a tisztított fémeket alkotják. Számos anyag elektrolízisekor az anódon leváló ion a katód anyagával reakcióba lép. Ilyenek a fogyó anódok, amelyekre jellemző példát a későbbiekben tárgyalásra kerülő alumínium elektrolízise ad.

A fém és a saját ionjait tartalmazó oldat között akkor lép fel potenciálkülönbség, az **elektródpotenciál**, ha a fém kémiai potenciálja más az oldatban és más a fémes fázisban. A fémion abba a fázisba megy át, ahol kémiai potenciálja kisebb. A fémion oldódásának vagy kiválásának moláris szabadentalpia-változásból számítható a (11) összefüggés szerint az elektródpotenciál:

$$\begin{aligned}\Delta G &= \Delta G^0 + RT \ln I = -\varepsilon_{Me} \nu F, \\ \varepsilon_{Me} &= -(\Delta G^0 + RT \ln I) / \nu F,\end{aligned}\quad (11)$$

ahol:

ε_{Me} az Me fém elektródpotenciálja, V,

ν az átvitt elektronok móljai,

F a Faraday állandó, As/mol.

Ha az aktivitás egységnyi, vagyis : $I = 1$, akkor $\varepsilon_{Me} = \varepsilon_o Me$,

ahol:

$\varepsilon_o Me$ az Me fém normálpotenciálja, V.

Mindig csak két elektród közötti potenciálkülönbség mérhető. Ahhoz, hogy valamely elektród potenciáljának számértékét meg lehessen adni, vonatkoztatási alapul a hidrogénelektrodot választották, amelynek egyezményes normálpotenciálja nulla volt. Valamely elektródból, valamint a hidrogén elektródból álló, egységnyi aktivitású rendszerben mérhető feszültség a standard-elektrodpotenciál.

A valóságban végbemenő elektrokémiai folyamatokban a rendszert alkotó anyagok aktivitása nem egységnyi. Az aktivitást is figyelembe vevő elektródpotenciál kifejezése például a fém elektródra a *Nernst törvény* szerint a (12) összefüggéssel írható le:

$$\varepsilon = \varepsilon^{\circ} + \frac{RT}{\nu F} \ln \frac{C_{Me^{v+}}}{C_{Me}}$$

ahol:

ε° az Me fém standard-elektrodpotenciálja, V,
 $C_{Me^{v+}}$.. az Me^{v+} ion koncentrációja az elektrolitban, mol/m³,
 C_{Me} az Me fém koncentrációja az elektródon, mol/m³.

NÉHÁNY ELEKTRODFOLYAMAT STANDARD ELEKTRODPOTENCIÁLJA

Elektródreakció	ε° , V	Elektródreakció	ε° , V
$Na^{+} + e^{-} = Na$	-2.71	$Cd^{2+} + 2e^{-} = Cd$	-0.40
$Mg^{2+} + 2e^{-} = Mg$	-2.38	$Ni^{2+} + 2e^{-} = Ni$	-0.25
$Ti^{2+} + 2e^{-} = Ti$	-1.75	$Sn^{2+} + 2e^{-} = Sn$	-0.14
$Al^{3+} + 3e^{-} = Al$	-1.66	$Fe^{3+} + 3e^{-} = Fe$	-0.04
$Zr^{4+} + 4e^{-} = Zr$	-1.53	$2H^{+} + 2e^{-} = H_2$	0.00
$Mn^{2+} + 2e^{-} = Mn$	-1.03	$Cu^{2+} + 2e^{-} = Cu$	0.34
$Cr^{2+} + 2e^{-} = Cr$	-0.90	$Cu^{+} + e^{-} = Cu$	0.52
$Zn^{2+} + 2e^{-} = Zn$	-0.76	$Ag^{+} + e^{-} = Ag$	0.80
$Cr^{3+} + 3e^{-} = Cr$	-0.74	$Au^{+} + e^{-} = Au$	1.68
$Fe^{2+} + 2e^{-} = Fe$	-0.44	$F^{2+} + 2e^{-} = 2F$	2.87

Feltételezve, hogy az elektród aktivitása egységnyi, továbbá hogy a hőmérséklet 25 °C, a konstansok behelyettesítésével a (13) összefüggéssel írható le az elektródpotenciál:

$$\varepsilon = \varepsilon^{\circ} - \frac{0.0592}{\nu} \lg C_{Me^{v+}} \quad (13)$$

Az elektrometallurgiában és a fémbevonatolásban, a **galvanizálásban**, valamint a nemfémes díszítő-, vagy védőréteg készítésében, az **eloxálásban** meghatározó elektródfolyamatok standard elektródpotenciálját a 4. **TÁBLÁZAT** foglalja össze.

Mind az elektrolízis során, mind pedig a galvánelemekben elektrokémiai folyamatok zajlanak le a katódon és az anódon egyaránt. Az elektrolízishez szükséges legkisebb feszültség, illetve a galvánelem elektromotoros ereje a katód és az anód elektródpotenciáljának különbségeként számítható a (14) összefüggés szerint:

$$U = \varepsilon k - \varepsilon a, \quad (14)$$

ahol:

U az elektromotoros erő, V,
 εk a katód elektródpotenciálja, V,
 εa az anód elektródpotenciálja, V.

Ha az elektrolízis során az anód oldható, akkor az áramkörben folyó áram erőssége *Ohm-törvénynek* megfelelően arányos a katód és az anód közötti feszültségkülönbséggel, a kapcsolófeszültséggel:

$$I = \frac{U_e}{R_e}, \quad (15)$$

ahol:

I az áramerősség, A,
 U_e az elektrolízis kapcsolófeszültség, V,
 R_e az elektrolit ellenállása, Ω .

Az oldhatatlan anódos elektrolízisnél oxidos elektrolitot feltételezve - ami olvadék elektrolízis esetén jellemző -, a fejlődő oxigén körbeveszi az oldhatatlan anódot, ami az elektrolízis megindulása után oxigénanódként viselkedik. Az így keletkező oxigénanód és a fémes katód galvánelemet alkot, amit az elektrolizáló kapcsolófeszültségnek le kell győznie. A rendszerben mindaddig nem folyik áram, amíg a kapcsolófeszültség nem nagyobb a keletkező galvánelem elektromotoros erejének maximumánál, a **bomlásfeszültségnél**. Az oldhatatlan anódos elektrolízisnél az áramerősség a kapcsolófeszültség és a galvánelem elektromotoros erejének különbségével arányos a (16) összefüggés szerint:

$$I = \frac{U_e - U_g}{R_e}, \quad (16)$$

ahol:

U_g a galvánelem elektromotoros ereje, V.

Az elektrolízis során a *Faraday törvény* szerint az elektródokon kiváló ionok száma az átfolyó elektronok számával arányos. Ennek alapján meghatározható az a minimális töltés, amely 1 kilogrammnyi fém elektrolíziséhez szükséges. Ez a mutató az ezüstenél 0.25 kAh/kg, a réznél 0.84 kAh/kg, míg az alumíniumnál - összefüggésben a vegyület nagy kötési energiájával -, kiemelkedően nagy, 2.98 kAh/kg.

A fémkinyerés pirometallurgiai módszerei

Az ércelőkészítés pirometallurgiai eljárásaival szemben, a fémkinyeréshez alkalmazott pirometallurgiai kezelések során a fém el is különül az elegy többi alkotórészétől. Szilárd állapotban is előállítható fém a fémvegyületekből, ha a metallurgiai eljárás során képződő reakciótermék gáz halmazállapotú. A fémeket pirometallurgiai úton mégis leggyakrabban

olvasztással állítják elő. Ennek során a fém és az egyéb alkotók egymásban nem, vagy kevéssé oldódó olvadékban gyűlik össze. Az olvadékban, a sűrűségkülönbség miatt a fém és a szilárd- vagy folyékony reakciótermékek elkülönülnek egymástól, illetve a gázalmazállapotúak eltávoznak.

A pirometallurgiai módszerek nemcsak a legnagyobb múltra visszatekintő eljárások, de egyben napjainkban is ezekkel a módszerekkel állítják elő a fémek döntő többségét, több mint 600 millió tonnát. A pirometallurgiai fémkinyerési eljárások széles köréből két jellemzőt, a réz oxidáló- és a vas redukáló-olvasztását mutatjuk be.

A nyersréz előállítása kéneskőből

A réz(I)-szulfidot nagy koncentrációban tartalmazó kéneskőből a réz oxidációval kinyerhető. A **4. diagram** 2-es és 5-ös jelű görbáját összevetve látható, hogy a kén oxigén iránti affinitása nagyobb, mint a rézé, és a szabadentalpia különbsége a két oxidnak a hőmérséklet növekedésével nő. A réz kinyerése a kéneskőből ezért olvadt állapotban, 1150...1200 °C-os hőmérsékleten folyik a (22) bruttó reakció szerint:



Az oxidáló olvasztást konverterben végzik, az oxigén forrása az olvadékra fúvatott levegő. Az oxidáció során keletkező kéndioxidot elvezetik. A kén az olvadt rézben 1.2 tömeg %-ban oldódik, ahonnan kiegészíthető a (23) reakció szerint:



A kéntartalom csökkenésével azonban egyre nagyobb mennyiségű oxigén oldódik a rézben. Az oxigén és a kén oldhatósági szorzatát atmoszferikus nyomásnál a nyersréz gyártásának hőmérsékletén a (24) összefüggés írja le:

$$[S \%] * [O \%] = 0.025. \quad (24)$$

A csapolt réz hőmérsékletének csökkenésével az oldhatóság jelentős mértékben csökken, ami kéndioxid kiválásával jár. A kristályosodó rézből kiváló gáz egy része már nem képes eltávozni és pórusok formájában befagy. A nyersréz 98.5...99.5 tömeg % rezet, a fennmaradó részben oxigént, ként, az ércből függően aranyat, ezüstöt, nikkelt, kobaltot, szelént és tellúrt tartalmazhat. A szennyezők eltávolítása, a nemesfémek kinyerése végett a nyersrezt finomítják.

A nyersvasgyártás

A világ acéltermelése 2000-ben mintegy 788 millió tonna volt. Ennek szinte elhanyagolható része, 31 millió tonna direkt redukcióval, jelentősebb része, 337 millió tonna hulladékvas újrafeldolgozásával készült, meghatározó része 576 millió az ércek kohósításával előállított nyersvasból származott.

A nyersvasgyártáshoz vasércet, hulladék vasat, vastartalmú ipari melléktermékeket is használnak alapanyagul, de a vasérc-koncentrátumok, mint a pellet és a szinter számos előnye miatt a többi alapanyag felhasználását szinte teljesen kiszorította.

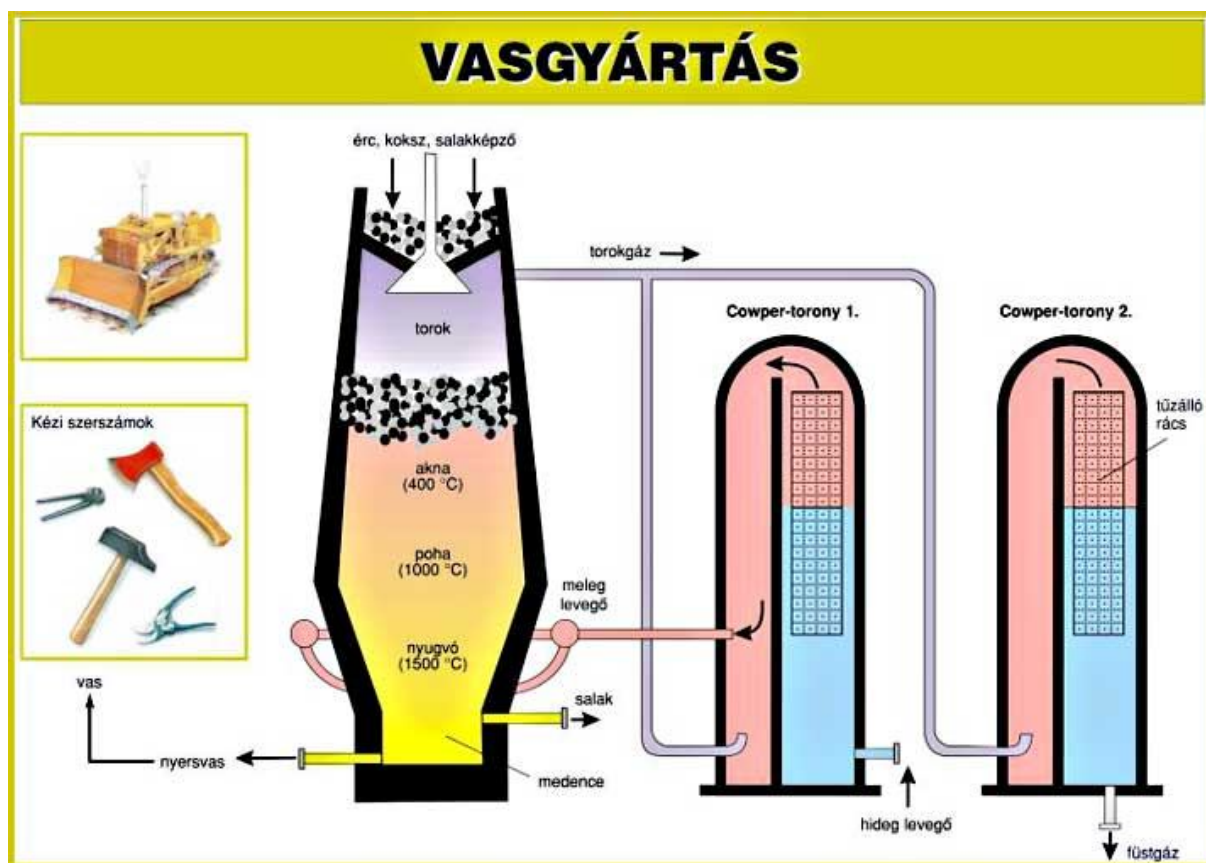
A nyersvasgyártáskor az alapvető hőforrás a karbon oxidációja. A vas kohósítása különleges követelményeket támaszt a fűtőanyaggal szemben. A felhasznált fűtőanyagnak nemcsak kis szennyezőtartalmúnak, jó gázáteresztő képességűnek, porózus szerkezetűnek kell lennie, hanem nagy szilárdságúnak is, hogy a nemritkán 30...40 m magas betét nyomását elbírja. A nyersvasgyártáshoz szinte kizárólag **kokszt** és nagyon ritkán faszenet használnak.

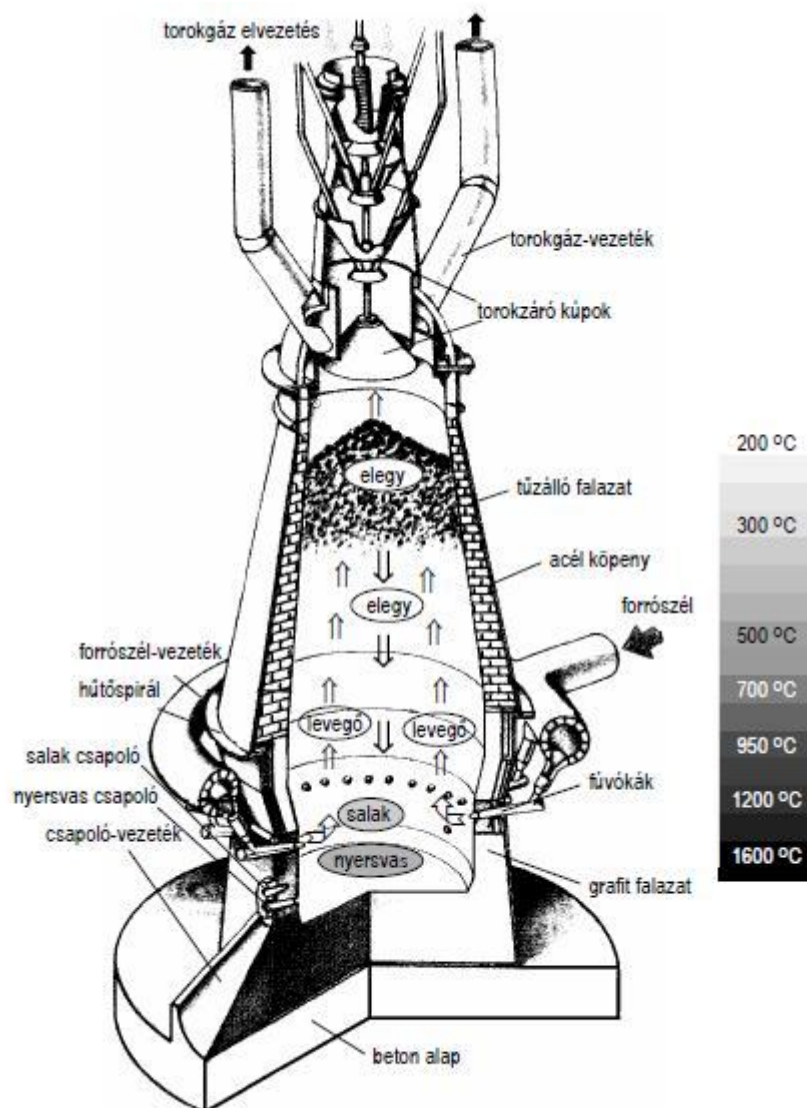
A kokszt a kőszén 1000...1100 °C-os száraz lepárlásával előállított kis illóanyagtartalmú, nagy, 28...30 MJ/kg fűtőértékű tüzelő- és redukáló anyag.

A nyersvasgyártásban a szilárd betétanyagok harmadik, lényeges csoportja a koksszal és az érc koncentráttal az adagba jutó meddő olvadáspontját lecsökkenteni hívatott salakképzőké. Salakképzőként mészkövet, valamint dolomitot használnak.

A vas redukációjának a legfontosabb berendezése a nagyolvasztó, amely egy folyamatosan működő aknás kemence. Itt folyik a vas és a kísérő elemeinek redukciója, illetve oldódása, az érc meddőjének, a kokszzhamunak, valamint a salakképzőknek a megolvasztása hígán folyó salakká.

A modern nagyolvasztó több mint 10 m átmérőjű, 40 méternél magasabb, acél köpenyű, akár 1 m vastag tűzálló anyaggal bélelt, jóval az ezer köbmétert meghaladó térfogatú kemence. A tűzálló falazat anyaga a legnagyobb hőmérsékletű medence környezetében grafit, másutt samott. A folyamatos üzem csak úgy érhető el, hogy a kemence páncélzatát csőkiágókban folyó víz hűti. *A legnagyobb hazai, nagyolvasztó 1000 m³-es és Dunajvárosban a DUNAFERR Rt.-nél üzemel.*





13. ábra
A nagyolvasztó

Az olvasztó legfelső részén helyezkedik el a torokzár és az adagoló. A torokzár feladata az atmoszféra távoltartása a kohótértől úgy, hogy a szilárd állapotú betétanyagok betölthetők legyenek. A betét szállítását általában tartályos felvonóval oldják meg. A billentőn a betét a tartályból bezúdul az adagolóba, amely kopásálló réteggel burkolt, s ahonnan a kemence falazatot kímélő módon lehet adagolni az anyagot a nagyolvasztóba.

A medencefalazat felső részében helyezkednek el a fűvókák, amelyeken keresztül áramlik be a nagyolvasztóba a léghevítőkből előmelegített, 1000...1200 °C hőmérsékletű, 100...200 m/s sebességű forrószél.

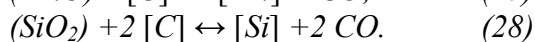
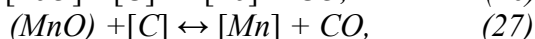
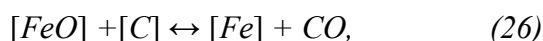
Ugyancsak a medence felső részén, a forrószél-körvezeték alatt található a salak csapolónyílása. A vas csapolónyílása a medence alján van kiképezve. A nagyolvasztó sematikus képe a **13. ábrán** látható.

A nyersvasgyártáshoz szükséges hő alapvető forrása a szén oxidációja. A fűvósíkban belépő levegő oxigénje érintkezve a kokszt karbon tartalmával jelentős hőfejlődés -10 MJ/kgC - mellett oxidálódik a (25) reakcióegyenlet szerint:



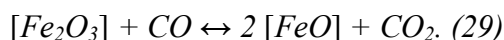
A (25) reakció miatt a nagyolvasztóban közvetlenül a kemencetér felett elhelyezkedő égéstérnek a hőmérséklete a legnagyobb, nem ritkán megközelíti a 2000 °C-t. Ezen a hőmérsékleten még kellő oxigén jelenlétében sem megy végbe a karbon teljes oxidációja széndioxidá, mert ahogy az a **4. diagram** 8-as és 10-es jelű görbéje jelzi, hogy kb. 700 °C hőmérséklet felett a szén-monoxid szabadentalpiája kisebb.

Ugyancsak a **4. diagram** 7-es, 9-es, 10-es, valamint 11-es jelű görbéi szerint a nagy hőmérsékletű, 1300...1500 °C-os olvasztási zónában a koksز karbontartalma a (26) a (27) és a (28) reakcióegyenlet szerint közvetlenül képes redukálni a vas-, a mangán- és kisebb mértékben a szilícium oxidjait.

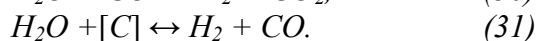


A (25...28) reakció során keletkezett nagy hőmérsékletű szén-monoxid áthaladva a szilárd, porózus betéten, hőtartalmának nagy részét átadja a kisebb hőmérsékletű elegynek.

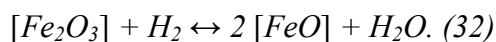
A **4. diagram** adataiból látható, hogy 700 °C hőmérséklet alatt a széndioxid stabilisabb, mint a szén-monoxid, ezért az elegy, ilyen kisebb hőmérsékletű redukciós zónájában a (29) reakció szerinti közvetett (indirekt) redukció megy végbe, a szén-monoxid és a nagyobb szabadentalpiájú Fe₂O₃ (2-es görbe) között:



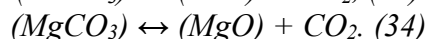
Ebben a redukciós zónában a - 10. TÁBLÁZAT tanúsága szerint döntően a koksszal az elegybe kerülő - vizet a szén-monoxid még képes redukálni a (30) reakcióegyenlet szerint, míg a forrólevegővel a fűvósíkon bekerülő nedvességet közvetlenül a karbon redukálja a (31) reakcióegyenlet szerint:



A (30) és a (31) reakció során képződő hidrogén maga is részt vesz a vas indirekt redukációjában:



Ebben a - 400...800 °C hőmérsékletű -, redukciós zónában a salakképzőként adagolt mészkő és a dolomit disszociál a (33) és a (34) reakció szerint:



A (25...34) reakcióegyenletek szerint képződő, gáz halmazállapotú reakció-termékek keveredve a befúvatott levegő nitrogéntartalmával, áthaladnak az elegyen, lehűlnék és a nagyolvasztó tetején, a torokgáz vezetéken távoznak. A torokgáz szilárd részecskéket is magával ragad, amitől a gázt megtisztítják. A leválasztott szállópor nagy fémtartalmú és az

érc-agglomerátum gyártásához újra felhasználható. A torokgáz a hőtartalmán kívül vegyi energiát is hordoz, mert benne éghető összetevők is vannak, mint ez a torokgáz összetételét bemutató 12. TÁBLÁZAT adataiból látható.

A TOROKGÁZ ÖSSZETÉTELE

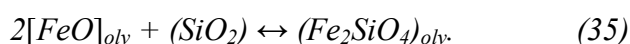
Összetevők	N ₂	CO	CO ₂	H ₂
tömeg %	56...66	20...25	10...14	3...4

A torokgáz fűtőértéke viszonylag csekély, 2.7...3.6 MJ/m³, de a léghevítők fűtésére viszonylag egyszerűen hasznosítható, s nagy mennyisége (1300...2000 m³/t nyersvas) miatt jelentős energiahasznosítást tesz lehetővé.

A koksszal, a vasérc koncentráttummal - a dúsítási eljárások ellenére -, még számottevő egyéb ásvány kerül a nagyolvasztóba. A 10. és a 11. TÁBLÁZAT adataiból látható, hogy az érc és a kokszkísérő ásványai közül a legnagyobb mennyiségben, (3...10 %-ban), a szilícium-dioxid kerül az elegybe, ezért a kohósalakok döntően szilikátok. A szilícium-dioxid olvadáspontja - hasonlóan a meddőben szintén, (1..2 %-ban) jelenlevő alumínium-oxidéhoz - viszonylag nagy, 1750 OC.

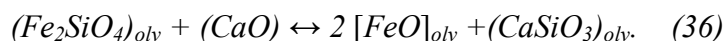
Az olvadáspont csökkentése, a szennyezőtartalom mérséklése, a vasveszteség elkerülése érdekében a nagyolvasztóba salakképző anyagokat, mészkövet, dolomitot adagolnak. A salakképző karbonátjai a (33) és a (34) reakció szerint disszociálnak. A kalcium-oxid olvadáspontja (2600 °C), valamint a magnézium-oxid olvadáspontja (2900 °C) is kifejezetten nagy, ezért szilárd állapotban maradnak vissza.

A meddő és a salakképzők oxidjai mindaddig, amíg szilárd állapotban vannak, olyan kis felületen érintkeznek egymással, hogy közöttük érdemleges kölcsönhatás nem lép fel. A meddő ásványok, de a koksiz hamuja is az égési zónában FeO-ba van ágyazva. A szilícium-dioxid olvadt állapotban oxigén anionokat képes felvenni, **savas tulajdonságú**, a vas(II)-oxid olvadt állapotban oxigén anionokat tesz szabaddá, **bázikus tulajdonságú**. A savas szilícium-dioxid és a bázikus vas(II)-oxid egymással **komplex vegyületet**, **szilikátot** alkot a (35) reakcióegyenlet szerint:



A keletkező szilikát olvadáspontja mindössze 1230 °C. Hasonló komplex vegyület képződik az alumínium-oxid jelenlétében is. Az Al₂O₃ - SiO₂ - FeO primer salakrendszer likvidusz hőmérséklete 40 % FeO tartalomnál 1200 °C alatti.

Az olvadt primer salakba ágyazottan az erős bázikus salakképzők adszorbeálódnak és kiváltják a gyengén bázikus FeO tartalmat a komplexekből a példaként bemutatott (36) reakcióegyenlet szerint:

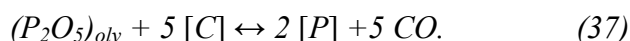


A fajlagos salakmennyiség, a meddő mennyisége, összetétele szerint elég tág, 300...600 kg/t nyersvas határok között változik. A salak lényegesen kisebb sűrűségű, mint a medencében összegyűlő olvadt fém, ezért felúszik a fém felszínére, ahonnan 2...3 óránként

salakolóüstbe csapolják. A kohósalakból cementet, hőszigetelő, útburkoló és talajjavító anyagot gyártanak.

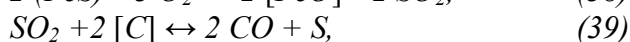
Az égési zónában a vasban oldódik a (27) és a (28) reakcióegyenlet szerint redukálódott szilícium és mangán, továbbá a karbon. A vasnak a szilícium-, a mangán-, de különösen a karbontartalma csökkenti az olvadáspontját. Ennek következtében a kezdetben lassú, szilárd állapotban végbemenő diffúziós oldódási folyamat a vas olvadásával felgyorsul. Az olvadt, kísérő elemeket oldott vas átcsoport az izzó, szilárd állapotú elegyen, a salaktakarón, majd a medence alján gyűlik össze.

A foszfor a nagyolvasztó elegyéből gyakorlatilag teljes mennyiségben a nyersvasba redukálódik a (37) reakcióegyenletnek megfelelően:



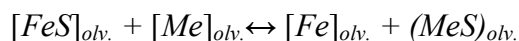
A nyersvas foszfortartalmát csak foszforszegény betétanyagok használatával lehet mérsékelni.

A nagyolvasztóba jutó kén legnagyobb részét a kokszt hordozza vas-szulfid (FeS) formájában. A kokszt kéntartalmának nagyobbik része a (38) reakcióegyenletnek megfelelően oxidálódik és a keletkező kén-dioxid az egyéb gázokkal a torok irányába áramlik:

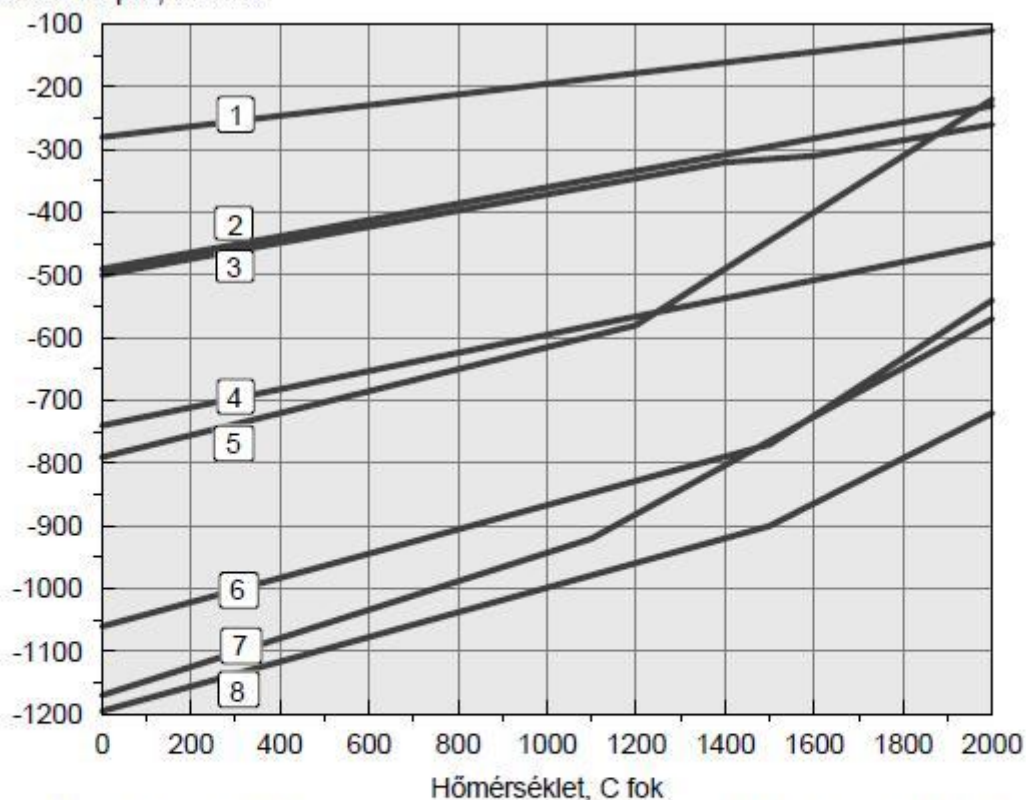


A felszálló kén-dioxid az izzó kokszon áthaladva a (39) reakció szerint redukálódik, majd a gőz állapotú kén a vassal (40) reakció szerint vegyül és oldódik a fémfázisban.

A (38), a (39) és a (40) reakcióegyenletek szerint pusztán oxidációval a nyersvas kéntartalma érdemlegesen nem csökkenthető. A kéntartalom csökkentésének lehetősége akkor teremődik meg, ha a rendszer olyan (*Me*) anyagot tartalmaz, amelynek kén iránti affinitása nagyobb, mint a vasé, továbbá a képződő kénvegyület a vas számára gyakorlatilag oldhatatlan, a salakfázisban viszont jól oldódik. A kéntelenítő reakció elvileg általános alakban a (41) egyenlet szerint írható le:



Szabadentalpia, kJ/mol



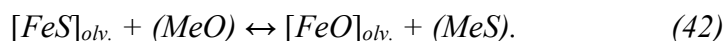
- 1 $2 \text{ Fe} + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ FeS}$
 2 $2 \text{ Mn} + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ MnS}$
 3 $2 \text{ Fe} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ FeO}$
 4 $2 \text{ Mn} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ MnO}$

- 5 $2 \text{ Mg} + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ MgS}$
 6 $2 \text{ Ca} + \text{S}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ CaS}$
 7 $2 \text{ Mg} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ MgO}$
 8 $2 \text{ Ca} + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2 \text{ CaO}$

5. diagram

A kohászati gyakorlatban legfontosabb kéntelenítő elemek oxidjainak és szulfidjainak képződési szabadentalpia-változása a hőmérséklet függvényében

Az **5. diagram** alapján megítélhető, hogy a nagyolvasztó erősen oxidáló környezetében a szulfidképzés szempontjából jelentős fémek elemi formában nem juttathatók a fémfázisba, mert onnan gyakorlatilag kiégnének. A nagyolvasztóban salakképzők, a kokszzhamu és az érc kísérő ásványai révén az olvadt salak nagy mennyiségben tartalmazza a kalcium-, a magnézium- és a mangán-oxidjait.



Az 1300...1400 OC hőmérsékletű nyersvasat 6...8 óránként csapolják. A nyersvastermelés mintegy 90%-a acélgyártáshoz használatos alapanyag, a fennmaradó rész öntődei célokra szolgál.

A két nyersvasminőség közötti alapvető különbség a szilícium- és foszfor-tartalomban van, amelyre a táblázat árnyékolt mezői is felhívják a figyelmet. Az öntődei nyersvas töretén - amiből elnevezése, a *szürkenyersvas* is származik - grafit lemezkék láthatók. A karbon grafit formában való kiválását a nagyobb szilíciumtartalom elősegíti. A foszfortartalom növelése az öntöttvasnak az öntés szempontjából fontos, viszkozitási tulajdonságait javítja.

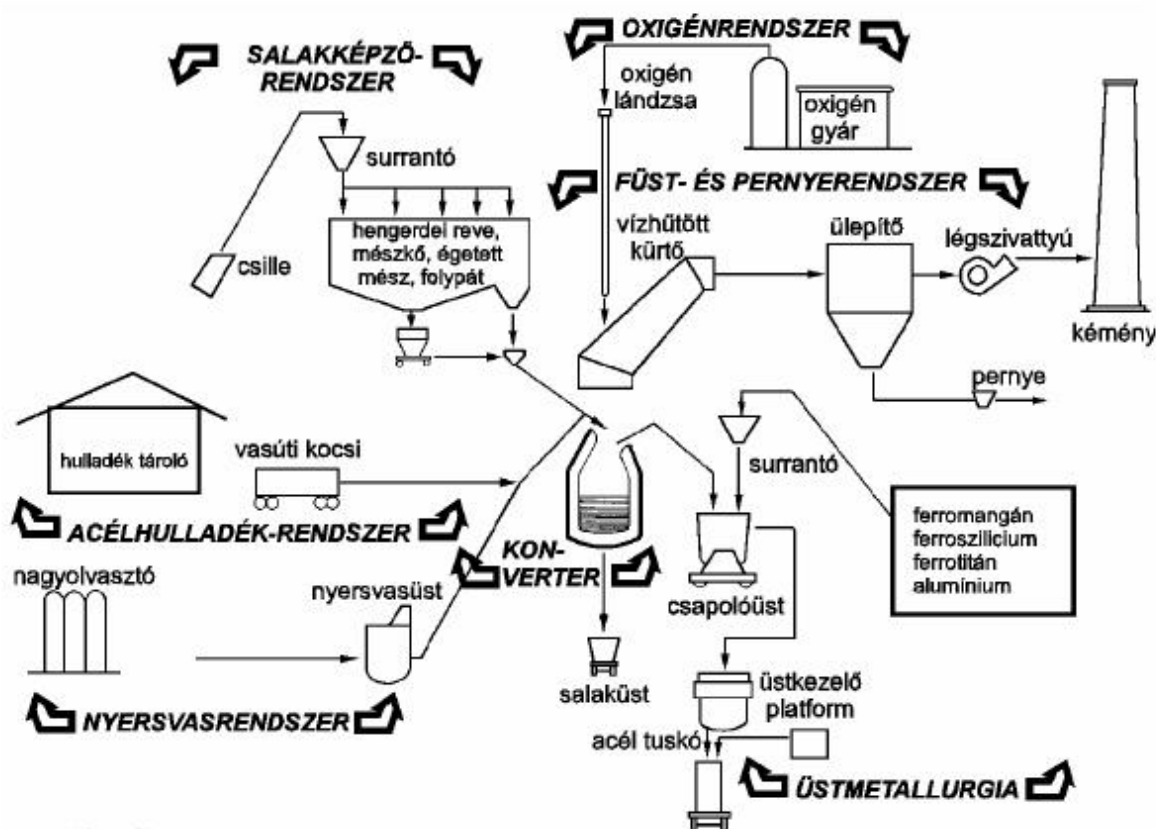
Konverteres acélgártás

A **konverteres** acélgártás - szemben a nyersvasgártással - nem redukciós, hanem oxidációs folyamat.

A konverteres acélgártás feladata a folyékony nyersvas karbon-, mangán-, szilícium-, foszfor- és kén tartalmának megváltoztatása úgy, hogy az megfeleljen a gyártandó acél kívánt minőségének. A konverteres acélgártás során az alapvető kémiai reakció az oxidáció, ezért gyakran nevezik magát az eljárást is „frissítésnek”. A frissítési folyamatban az oxigént a folyékony nyersvasban oldott, oxidálódó elemekhez kell vezetni, ahol a vas számára oldhatatlan oxidokat alkotnak. Az oldhatatlan, gáz állapotú oxidok buborékok formájában távoznak, míg az egyéb oxidok koagulálódnak és kisebb sűrűségük révén a fémolvadék felszínére emelkednek, ahonnan a salakban oldódva, vagy abba ágyazódva, eltávolíthatók.

A szélfrissítéses acélgártás nagy történelmi múltra tekint vissza. Az első, levegő átfúvatásos konvertert 1855-ben Henry Bessemer készítette. A „Bessemer acél” a konverter savas falazata miatt nagy kén- és foszfortartalmú (0.06...0.09 %). A korszerű konverteres acélgártó eljárások az említett hátrányok kiküszöbölésére napjainkban már bázikus falazatú konvertert és ipari tisztaságú oxigént alkalmaznak.

A nagyolvasztóból a nyersvasat speciális vasúti kocsira szerelt üstökbe csapolják, majd átvontatva az acélműbe, homogenizáló kemencébe öntik. Az 50...100m³-es nyersvaskeverőben a különböző adagokból származó nyersvas összetétele és hőmérséklete kiegyenlítődik. A frissítéses konverteres acélgártás elnevezését a központi berendezéséről, a konverterről kapta.



A konverteres acélgártás rendszere

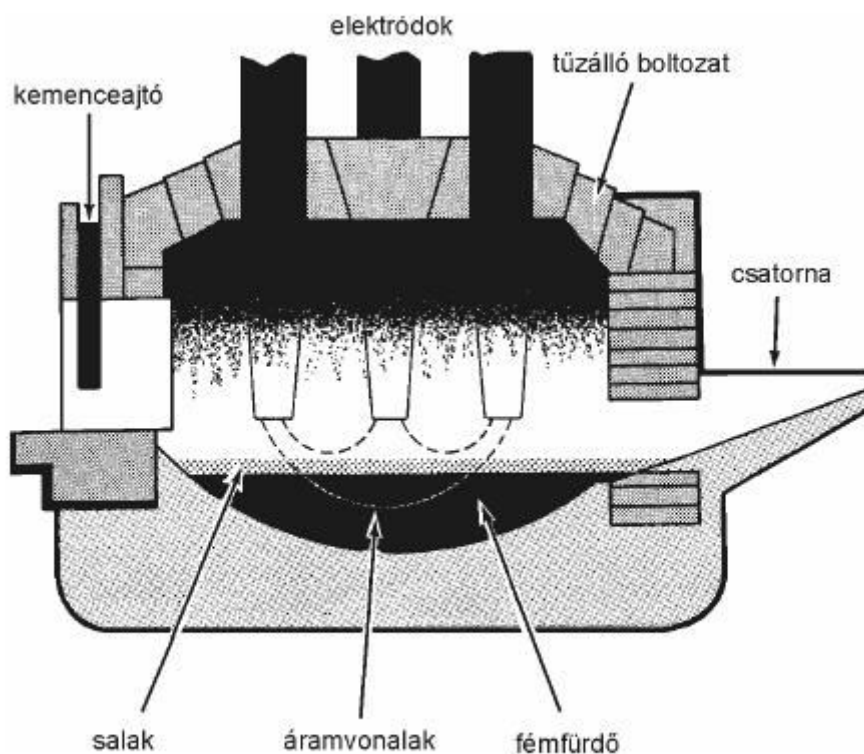
Elektro-acélgyártás

Az elektro-acélgyártáskor a szilárd betét megolvasztásához szennyezést nem okozó energiaforrást, a villamos energiát használják. A villamos energia vagy közvetlenül az átfolyó áram, vagy közvetett, mágneses indukció keltette áram szilárd-, folyékony-, vagy gáznemű anyag ellenállásán alakul át hővé. Ennek megfelelően - bár nagyon eltérő mértékben -, alkalmaznak grafit elektródos ellenállás-fűtésű, indukciós és ívkemencét. Az elektroacélok döntő többségét ívkemencében állítják elő.

Az ívkemence hengeres acél köpenyű, tűzálló falazattal bélelt, homorú fenékrésű kemence, amelynek boltozata acélkeretbe foglalt tűzálló téglákból épült és elfordítható illetve leemelhető az acélhulladék berakásához. A kemencék billenthetők és általában 50...250 t befogadóképességűek.

A villamos ívkemencék energia-ellátásához háromfázisú, 220...750 V feszültségű, 20...200 kA erősségű váltóáramot használnak. A kemencék villamos teljesítménye a 10...200 MW tartományban van. Itt említendő meg, hogy a Mátrai Erőmű, - amely a legnagyobb hazai hőerőmű - teljesítménye 800 MW. A három fázis, - amely a hálózat egyenletes terhelése miatt elengedhetetlen - három, egymáshoz képest 120°-ra elhelyezett elektródot feltételez. Az elektródok anyaga a jó villamos-vezetőképesség és a nagy olvadáspont kívánalma miatt grafit, átmérője 200...600 mm.

A villamos ívkemencék betétanyaga - ritka kivételtől eltekintve -, szilárd halmazállapotú. Az egy-egy fázisra kötött elektródok közötti áramkör a folyamat indításakor a szilárd betéten keresztül záródik. A nagy zárlati áram hatására az elektród-szilárd betét közötti nagy átmeneti ellenállásokon jelentős hő képződik, amely a salak és a fém kis részének elgőzölgéséhez, illetve megolvadásához vezet.



18. ábra
Az ívkemence

Alumíniumkohászat

Az alumíniumot oxidjából elektrolízissel választják le. Az Al_2O_3 , a timföld olvadáspontja nagy (2045°C), ezért a gyakorlatban nem olvadékát, hanem olvadt kriolitban (Na_3AlF_6) való oldatát használják elektrolitként. Az alumínium standard elektródpotenciálja, mint az a 4. TÁBLÁZAT adataiból látható -1.66 V , ezért vizes oldatából nem lehet előállítani, mert ekkor az alumínium helyett hidrogén válik ki a katódon. Az olvadt kriolit villamos vezetőképessége nagy, így az elektrolízis hővesztesége kicsi. A kriolit olvadáspontja 1010°C . A timföldtartalom változásával módosul az oldat olvadáspontja. Mintegy 15 %-os timföldtartalomnál a rendszernek 935°C -os olvadáspontú **eutektikuma** van. A timföldtartalom növekedésével az olvadáspont rohamosan nő, 20 %-os timföldtartalomnál már 1050°C . Az alumíniumkohókban az elektrolit timföldtartalmát 6...8 %-os határok között tartják.

A kohósításra kerülő timföld, valamint a kriolit összetételéről ad tájékoztatást az 5. és a 6. TÁBLÁZAT.

A TIMFÖLD ÖSSZETÉTELE (5.táblázat)

Összetevők	Al_2O_3	Na_2O	Fe_2O_3	TiO_2	ZnO_2	MnO_2
Tömeg %	98.6...98.8	0.3...0.5	0.02...0.04	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01

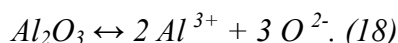
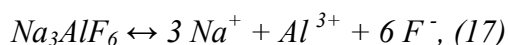
A KRIOLIT ÖSSZETÉTELE (6.táblázat)

Összetevők	Na_3AlF_6	SiO_2	Fe_2O_3	SO_4
Tömeg %	96.5...96.8	0.3...0.5	0.1...0.3	0.5...1.5

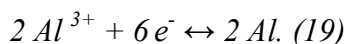
Az alumínium elektrolízise során az anódon kiváló oxigén és az elektrolit nagy hőmérséklete és agresszivitása miatt csak néhány anyag jöhet számításba elektródként. A gyakorlatban a kokszt vált be a leginkább.

Az alumínium előállítása $15\text{...}60\text{ m}^2$ alapterületű $1\text{...}1.5\text{ m}$ mély, acél köpenyű, vastag, grafit téglákkal burkolt elektrolizáló kádakban megy végbe, amely bélés egyben a katód szerepét is betölti. A $950\text{...}980^\circ\text{C}$ -os hőmérsékletű elektrolitba merül be a petrokémiai alapanyagokból gyártott kokszanód.

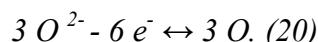
Az elektrolitban az olvadt kriolit és az oldott timföld disszociált állapotban van. A kriolit és a timföld disszociációja a (17) és (18) összefüggés szerint megy végbe:



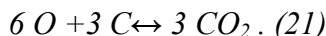
Az elektroliton átvezetett egyenáram hatására a cella alján levő kokszbélésen, mint katódon folyékony alumínium válik le a (19) összefüggés szerint:



A nagyobb sűrűségű alumínium összegyűlik a kád alján és a továbbiakban katódként funkcionál. Az anionok az anódon válnak le a (20) összefüggés szerint:

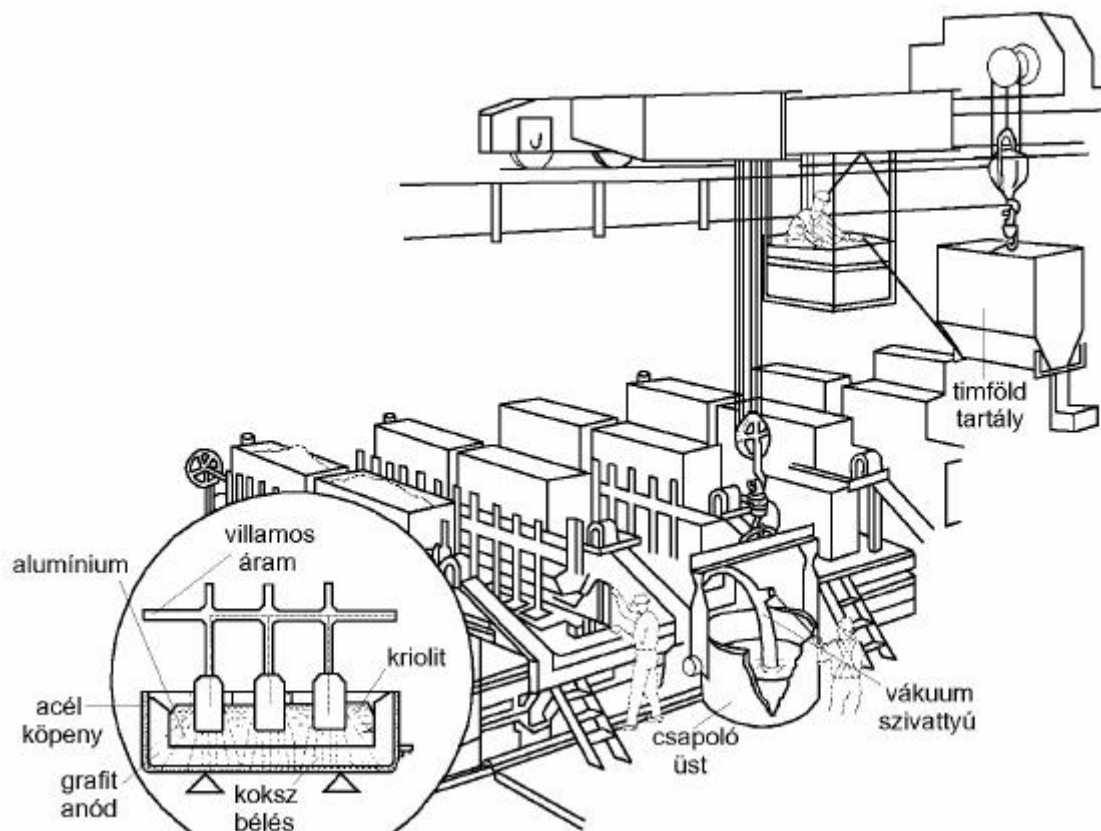


A kokszanódon a kiváló oxigén a karbonnal reakcióba lép a (21) reakcióegyenlet szerint:



A (21) szerinti reakció hőtermelése révén, mérséklődik az elektrolízis villamosenergia-igénye, de egyben gondoskodni kell a keletkező széndioxid elvezetéséről és minden kg alumínium elektrolíziséhez 0.5...0.6 kg kokszanód pótlásáról is. Az elektroliton egy szilárd kéreg keletkezik, amelyet timfölddel takarnak. Ez a fürdőbe adagolandó timföld előmelegítését és az elektrolit hőszigetelésének javítását egyaránt szolgálja.

Az alumínium elektrolízise folyamatos üzemet tesz lehetővé. Ehhez 2...4 óránként timföld adagolásával pótolni kell a szétbontott alumínium-oxidot, ami a kéreg áttörésével valósul meg. Az olvadt alumíniumot a kád fenekéről egy-két naponta vákuum szivattyúval csapolóüstbe gyűjtik. Időszakosan a gázfázisként távozó fluorid veszteséget, ami egy kilogramm alumíniumra vetítve 1...5 g alumínium-fluorid (AlF₃) adagolásával kell pótolni. A timföld kohósítását az alábbi ábra szemlélteti.



A timföld kohósítása

Az elektrolizáló kádak teljesítménye az áramerősségtől függ. Mint arra az előzőekben utaltunk, 1 kA erősségű árammal óránként 0.335 kg alumínium állítható elő timföldből. A gazdaságos

termelés érdekében a szokásos méretű alumíniumkohóban a 200...400 kádat 50...250 kA-es árammal táplálják, az éves termelés 100..300 000 tonna.

A kádat a veszteségek csökkentése érdekében sorba kapcsolják. Az egy kádba vezetett feszültség 4...5 V. Ennek kisebbik része, 1.67 V fordítódik az alumínium-oxid bontására (ld. 4. TÁBLÁZAT), míg az elektrolit ellenállásán 1.3...1.5 V feszültségesésnek megfelelő villamos energia alakul át hővé. A további feszültségesés a villamos áramkör átmeneti ellenállásain és a vezetékeken lép fel. A tápfeszültségtől függően 1 kg alumínium elektrolíziséhez ennek megfelelően napjainkban mintegy 15...17 kWh (50...60 MJ) energia szükséges. Megjegyzendő, hogy az 1950-es években ehhez még 20...22 kWh energiára volt szükség.

A csapolóüstöt a gyújtókemencébe ürítik. A kemencében a különböző kádakból kikerülő, eltérő összetételű olvadékok homogenizálódnak. Az olvadék pihentetése során a lebegő kriolit részecskék, vagy az anódból, illetve katódból származó kokszarabkák felúsznak, továbbá az oldhatóságot meghaladó hidrogén kiválik.

A kohóalumínium általában 99.5...99,7 % tisztaságú. A kohóalumíniumban a timföld és a kriolit alumíniumnál pozitívabb elektródpotenciálú elemei (ld. 4. TÁBLÁZAT), mint a vas, cink, mangán, szilícium leválasztódnak és szennyezik az alumíniumot. A kohóalumínium jellemző vegyi összetétele a 7. TÁBLÁZAT adatainak felel meg.

A KOHÓALUMÍNIUM JELLEMZŐ ÖSSZETÉTELE

Elem	Al	Fe	Si	Cu	Zn	Ti
Tömeg %	99.5...99.7	0.1...0.2	0.08...0.15	0.03...0.1	0.03...0.1	0.05...0.15

A kohóalumínium vastartalma szennyeződés, - ami szemben a többi elemmel, amelyeket sok esetben ötvözőként, szándékoltnak is adagolnak az alumíniumba -, a kezelőszerszámokból jut a fürdőbe. A kohóalumínium szennyezői miatt még sok esetben nem kohászati végtermék, hanem a felhasználási célnak megfelelő további tisztítási, illetve ötvöztetési műveleteknek kell alávetni.

Egy tonna alumínium előállításához szükséges alapanyagok mennyiségéről a 8. TÁBLÁZAT tartalmaz adatokat :

EGY TONNA ALUMÍNIUM ELŐÁLLÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES ALAPANYAGOK

Bauxit	Mész	Szóda	Kriolit	Koks
4.8...5.2	0.2...0.3	0.2...0.3	0.04...0.06	0.5...0.6