

## Ásványképződés acélkohászati folyamatokban *Mineral formation in steel smelting processes*

Koleszár Péter<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék 4010 Debrecen, Egyetem tér1 Pf.: 4.

**Összefoglalás** – Az acélkohászat egymást követő korszakai eltérő típusú salakok felhalmozását eredményezték. A salakok a technológiától függően savanyúak, vagy bázisos. Vannak azonban általános törvényszerűségek, melyek meghatározzák bizonyos elemek dúsulását az egyes salaktípusokban. Egyes elemek (Cu, Sn, Sb) inkább fémfázisban, mások (Si, Al, Mn) salakfázisban szaporodnak fel, a bázisos salakok pedig kénben és foszforban is dúsulást mutatnak. Az elemek bizonyos csoportja (Pb, Zn, Cd, Hg) a füsttel illan el a kohósítás során. Ezeket a porleválasztó fogja fel.

A hagyományos acélkohászatban, így az OAM Kft.-nél is bázikus salakokat használnak. Jelen tanulmányban az Ózdi Kohászati Művek primer és szekunder salakjait vizsgáljuk. Az eredmények azt mutatják, hogy ezek a salakok instabilak, mivel a levegő páratartalmával, vagy csapadékvízzel való érintkezéskor heves reakcióba lépnek, ami újrahasonosításukat rendkívül megnehezíti. A kohászati salakok képződése és esetleges lebomlása sok tekintetben hasonlít a magmás ásvány- és kőzetképződéshez, illetve azok másodlagos átalakulásához.

**Abstract** – Different periods of steelmaking produce different kinds of slag rocks. They can be acid and basic depending on the technology. But there are general rules that determine the enrichment of the elements in these slags. There are some elements that enter the metal phase (Cu, Sn, Sb) or the slag phase (Si, Al, Mn) and basic slags may be rich in (S, P). One group of the elements, (Pb, Zn, Cd, Hg) leave the furnace via the fume. They can be caught by the bag house.

The conventional steelmaking uses basic slags like the OAM Ltd. We examined the primary and secondary slags of the Ózd Steelwork. We found that these slags are unstable due to their bursting when they meet water or the moisture of the air. Therefore their recycling is extremely difficult. The formation and decay of the slags resembles in many ways the formation of the igneous minerals and rocks and their secondary alteration.

**Tárgyszavak** – Thomas-eljárás, elektrokemence, martin salak, acélkohászat

### Bevezetés

Az acélgégyártás fő feladata a betét (nyersvas, hulladékvas) szennyezőinek a kioxidálása és a salakfázisban történő megkötése. A képződött salak mennyiségét, tulajdonságait nagyban meghatározza a technológia. Az évszázadok során így más és más típusú salakkőzetek képződtek (KOLESZÁR, 2005 a).

A vas- és acélgégyártás során történetileg igen sokféle olyan kőzetet használtak fel a kohászatban, melynek vastartalma legalább a 20-30 %-ot elérte, vagy meghaladta. Fazola Henrik úttörő munkássága idején a XVIII-XIX. században például a Bükk-hegység környezetében nem voltak jó minőségű vasérc, így igen sok meddő anyagot fejtek ki, szállítottak, s részben kohósítottak a korabeli módszerekkel. Az éves termelési kapacitás csekély volta ellenére a regionális igényeket kielégítette.

A sokféle anyagkőzet és érc típus olvadékfázisba kerülve nagy mennyiségben eredményezett salakokat, amelyek változatos összetételű mesterséges ásvány együtteseknek, ill. kőzeteknek tekinthetők. Hasonlóak a magmás asszimiláció és a részleges kéregolvadás során kialakuló képződményekhez, de változatos és keverék jellegük miatt nehezen sorolhatók klasszikus rendszertani egységekbe.

### Az acélkohászati salakokról általában

A salakok ásvány fázisának szempontjából fontos ismerni az elemek viselkedését az acélgégyártás folyamatában. Az elemek háromféle módon viselkedhetnek az acélgégyártás során. Fémfázisban maradhatnak például a Cu, Sb, Sn, Ni, Co stb., a salakfázisban dúsulhatnak a P, S, Ca, Mn, V, Al, Si stb., s a füstgázzal elillanhatnak az Pb, Zn, Cd, Hg stb (KOLESZÁR *et al*, 2006). Ezek a sajátosságok a savas és a

bázisos acélgégyártásnál megegyeznek. A betét átválogatása igen fontos, mert a szennyezett hulladékok rontják a minőséget, növelik a fajlagos salakmennyiséget és szennyezik a környezetet (1. táblázat)

Fémfázisban dúsulók	Salakfázisban dúsulók	Füstgázzal elillanók
Cu, Ni, Mo, As, Sn, Sb	Al, Si, Ca, Mn, Mg, Ba, Sr, K, P, S, Ti, B, Cr, V, Zr, Te	Zn, Pb, Cd, Hg, Ag, Cl, C, Br, H, F
<b>Káros hatásaik</b>		
Melegtöré- kenység veszély Újrahason- sításakor dúsul- nak	Si, Ti, B növe- lik a salak- mennyiségét	Szállóporban dúsulnak, szennyezik a levegőt
<b>Elem források</b>		
ötözőt acél- hulladék, fémbevonat (Sn, Sb), konzervdob, fehérbádóg csapágyak	ötözőt acél- hulladék, fémbevonatok (Cr, V, Al), zománczott fémhulladékok (Ba, Zr, Ti, B stb.)	automata acélhull. (Pb), festékek: (mínium, ólomfehér, kadmium vörös), horganyzott bádóg (Zn), szerves festékek (C), műanyag bevonatok (C, Cl, F)

1. táblázat: Az elemek viselkedése az acélgégyártás folyamatában (Szóke, 1991 nyomán saját kiegészítésekkel)

Az elemek megoszlását még nagyban befolyásolja a fürdő redoxpotenciálja, mert negatív redoxpotenciálnál nő a Mn és a P redukciója az acélfürdőbe. A hőmérséklet növelés segíti a kéndiffúziót a salakba, míg a Si redukcióját növeli. A salakok a XIX. század 70-es éveikig csaknem kizárólag savanyúak voltak, ami azt jelenti, hogy a salakban  $B1 = CaO\% / SiO_2\% < 1$ . Ez gyakorlatilag kovasavtartalom túlsúlyát jelzi. Ennek köszönhetően igen stabilak ezek a salakok, térfogatállóságuk kitűnő.

**Hagyományos salakfajták és ásványaik**

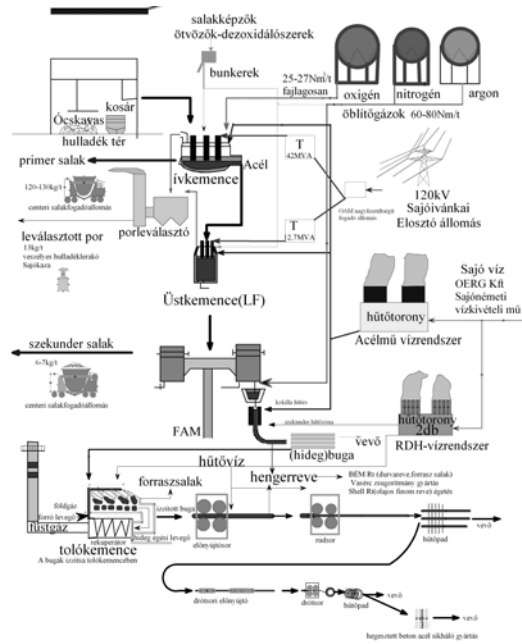
A salak ásványai főként a fayalit – tefroit sorba tartoznak (KOCH-SZTRÓKAY, 1993) de, ha s SiO<sub>2</sub> tartalom az 50%-ot meghaladja, túltelítetté válik, akkor jelentős mennyiségben piroxéneket (pl. hipersztén) és krisztobalitot is tartalmazhat. Az ásványos összetétel a fürdő oxidáltságának és Si, Mn tartalmának mértékétől függően el is térhet. Jó példa erre a Cort-féle kavarási eljárás, melynek salakja több mint 75%-ban magnetitből állt, csak a fennmaradó rész volt savanyú komponens. Így frissítőércként visszajáratták. A salakok ásványos összetétele még az adag idő alatt is változik. A savanyú acélgégyártásnál a leglátványosabb, mert pl. a Bessemer - eljárásnál a frissítés első periódusában fekete, a másodikban világos zöldesszürke, majd a végére fekete. Előbb a vas oxidálódik ettől fekete a salak. Ezután jön a zöldes-szürke színű salak Ennek oka, hogy a mangán intenzíven oxidálódik a frissítés második periódusában.

A Si tartalom oxidációjával egy időben felhasználva a FeO oxigénjét és az átmenetileg szabad SiO<sub>2</sub>-t manganozit, knébelit-tefroit elegyű ásvány, stb képződik. A harmadik periódusban oxigén túltelítettség lép fel, ami FeO, MnO valamint ezek oxidációjával hematit magnetit, hausmannit, jacobsit képződésével jár így a végsalak már szintén fekete színű (CSABALIK-SZARKA, 1986).

A savas acélgégyártás kezdetben azért volt előnyös, mert a kis önköltséghez jó zárványtalanító képesség járult. Ehhez viszont igen tiszta S- és P-mentes betétanyagra volt szükség, ami egyre nehezebben volt kielégíthető. Savas acélgégyártás ma már nem létezik, de termékei a régi salakhányók anyagában még fellelhetők (pl. Diósgyőr).

1875-ben a Thomas - konverterrel új időszámítás kezdődött az acélméttalurgiában, mert megjelent a bázisos acélgégyártás, ami napjainkra egyeduralgódóvá vált. Az égetett mész adagolása miatt a salakbázikuság mutatója 1-nél nagyobb lett, rendszerint 2-3 közötti. Ezzel a lépéssel sikerült elérni, hogy S- és P tartalmú alapanyagokat is fel lehetett használni. Megvalósult a foszfortalanítás és a hatékonyabb oxidáció, mivel itt a FeO szabadon van a salakban, ellentétben a savanyú salakkal, – ahol nagyrészt fayalitként lekötődve fordul elő. A foszfortalanítás következményeként a salak jelentékeny mennyiségű foszfátot tartalmaz, ami apatit, szilikocarnotit (Ca<sub>5</sub>SiP<sub>3</sub>O<sub>12</sub>) stb. képződéssel jár. Ez értékessé tette a salakot, mivel a Thomas-salak akár 18 %-os P-tartalmat is elérhet, ami könnyen felszabadítható, ennek következtében igen hatékony műtrágya nyersanyaggá vált.

A bázikusága 2-3 körüli, ezért ezek a salakok nem térfogat-tartók. Ennek mineralógiai oka, hogy szabad CaO, MgO



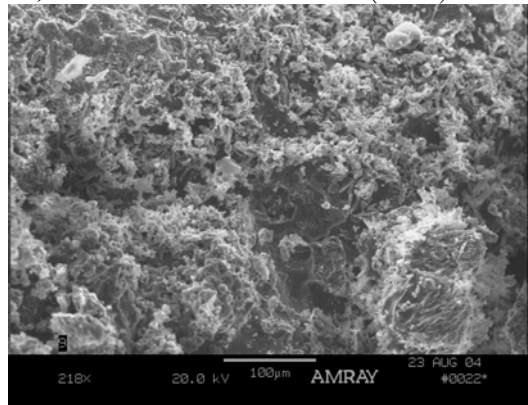
1. ábra Az Ózdi Acélművek Kft korszerű elektro-acélgégyártási folyamatábrája

**A korszerű acélgégyártás**

A XX. század végén már több olyan eljárást alkalmaztak (pl.1. ábra), amely egyszerre felel meg több régóta fejlesztés alatt álló kritériumnak. Ilyen például az energiatakarékosság és hatékonyság, a biztonságos és környezetbarát technológia, a hulladékvasak újrahasznosítása és a specifikus ipari és fogyasztói igények kiszolgálása. Egyik alternatívaként a MAX AICHER vállalatcsoport által Ózdon meghonosított új acélgégyártási eljárás (KOLESZÁR, 2006) egyszerűsített folyamatábráját mutatja be az 1. ábra.

**Mai salakfajták és ásványaik**

A Thomas-eljárásból több bázisos technológia alakult ki. Ezek oxidos salakja (SM- LD- UHP-EAF) is többkevesebb foszfátot tartalmaz. Rendszerint ez nem haladja meg az 1%-ot. Ennek ellenére perspektivikus lehet a felhasználása, mivel ez a foszfátkészlet könnyebben mobilizálható, mint a természetes kőzetekből (2. ábra).

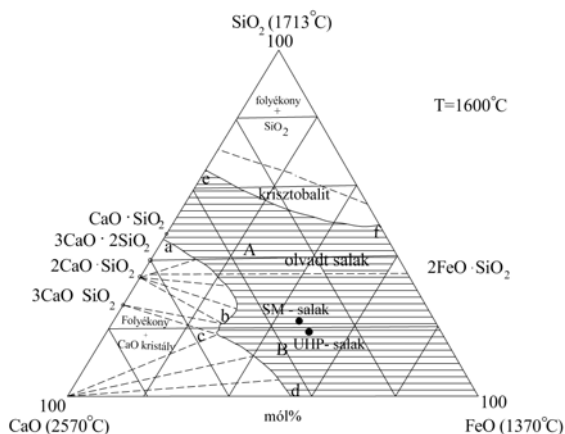


2. ábra. Oxidhidratált oxidos acélsalak másodlagos ásvány együttesének elektronmikroszkópi felvétele korallszerű aragonit képletekkel. tartalommal rendelkeznek, melyek a légnedvesség és a csapadékvíz hatására hidratálódnak és portlanditot,

brucitot, majd a levegő  $\text{CO}_2$ -tartalmával reagálva kalcitot, aragonitot, dolomitot, magnezitet képeznek.

Ezek az ásványok jóval nagyobb térfogatúak mint a kiindulási  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , így repedéseket hoznak létre. A primer ásványfázisokat a  $\text{FeO} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$  rendszer jellemzi (3. ábra).

Vizsgálati eredményeinket a fázisdiagramba helyezve nincs markáns elkülönülés a régebbi Siemens - Martin eljárás salakja és a legmodernebb nagytranszformátor kapacitású elektromecencés ún. UHP - technológia salakja között. Az ábráról leolvasható, hogy az olvadék fázisban közel esnek az a-b-c-d telítési görbéhez, ezen belül a c-d telítési görbeszakaszhoz tartoznak. Itt szilárd mésszel telített ahol szilárd mésszel telített salakösszetételek találhatóak, s a salak reakcióképessége megegyezik a tiszta  $\text{CaO}$  hasonló értékeivel, ami különösen az UHP salakra vonatkozik. Ez ugyanis jóval reakcióképesebb mint a martin salak mert az kissé belenyúlik a b-c területbe ami  $\text{C}_3\text{S}$ -al (szilikátos képlet) telített salak összetételbe ami kisebb reakció képességgel rendelkezik. Tehát kissé savanyúbb.



3. ábra A  $\text{FeO} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$  terner rendszer fázisdiagramja (Simon S. et al.) saját ózdi acélsalak vizsgálataink feltüntetésével

Az oxidáció növekedésével nő a salak  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  tartalma is. A hematit reagál a wüstittel és magnetitet ad. Ózdi kutatásaink során sikerült megállapítani, hogy a bázisos salakok gyakori képződményei a klinker ásványokhoz sorolható különféle szilikátok mint az előbb említett  $\text{C}_3\text{S}$  ferritek,  $\text{C}_3\text{F}$  (szilikátos képlet) alumínátok, melyek könnyen bomlanak már nedvesség illetve hígsvak hatására is.

#### A P- és S tartalom

A foszfortalanítás mellett másik fontos folyamat a kéntelenítés, melynek hatékonysága az oxidatív közeg miatt legjobb esetben is csak 50 %-os, mivel a salak  $\text{FeO}$  tartalma csökkenti a salakban a szulfidkapacitást. Minél kisebb  $\text{FeO}$  tartalmú a salak, annál nagyobb a szulfidkapacitás. Ezért redukzív bázikus közegben lehet hatékonyan kénteleníteni, amit valamilyen szekunder metallurgiai berendezésben végeznek el. A kéntelenítés során a salak  $\text{CaO}$  és  $\text{Mn}$  tartalmának egy része felveszi a fürdő S tartalmát és közben oldhamitot ( $\text{CaS}$ ) és alabandint ( $\text{MnS}$ ) képezve a salakfázisba vándorol.

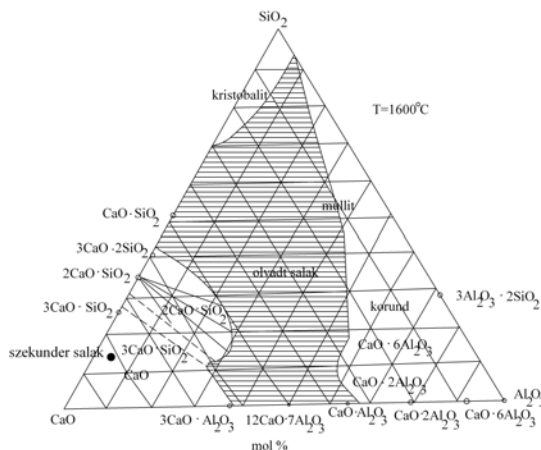
elhanyagolhatóan kevés (Hudákné. szóbeli közl. 2005). Az Ózdi Acélművek Kft napjainkban alkalmazott szekunder vágly más néven üstkemence salakjának összetételét feltün-

#### Szekunder metallurgia

A legyártott adagot valamilyen üstmetallurgiai módszerrel kezelik (AP, LF, VOD). Ennek során nyeri el a termék a végső összetételt. A legegyszerűbb esetben csapolás közbeni kicsapásos dezoxidációt alkalmaznak (SIMON, et al 1974). Ennek során  $\text{FeSi}$ ,  $\text{FeMn}$  és  $\text{Al}$  dezoxidáló szereket adagolnak az acélsugárba. Az exoterm folyamatok közben a savas acélglyártás salakjához hasonló, de szabad  $\text{FeO}$  mentes savanyú salakot kapunk. Mivel savanyú, kedvező zárványtalanítást végez, de növeli az ötvözőanyag és acél kihozatali veszteségeit, ezért nem alkalmazzák tisztán, hanem meszet és folyósítókat (folyópát, tím föld) és szintetikus salakot is adagolnak hozzá. Ezzel nő a bázikusság és a képződő ásványfázisok száma is. A méssz mennyiségétől függően egyre jobban fragmentálódnak a szilikát szerkezetek, a salak színe egyre világosabb lesz, leginkább sárgásfehér vagy zöldesfehér. A folyamatot és eredményét a  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  terner rendszerrel lehet jellemezni (4. ábra).

Ehhez hasonló kiegészítő eljárás a huzaladagolásos módszer, ahol a dezoxidáló anyagokat speciális huzal formájában adagolják az üstbe (Dunaferr Acélművek Kft). Ezek a technológiák ma már önmagukban nem hatékonyak, nem elég erős a redukálás, kéntelenítés és gyors az acél hűlése. Ezért üstkemencét is alkalmaznak (Borsodi Nemesacélglyártó Kft, Ózdi Acélművek Kft), ahol az eddigi lépéseket kiegészítik a magasabb hőmérsékletre fűtéssel (1. ábra).

A kemence ívfénye még az égetett meszet is megolvastja. Ezáltal intenzív redukció és kéntelenítés érhető el. A salak a magas hőmérséklet és redukzív környezet hatására teljesen kifehéredik. Többet koks adagolással a salak színe barnásfekete lesz, mivel megjelenik a  $\text{CaC}_2$ , ill. ha közben nitrogén öblítés történik, akkor nitridek:  $\text{Ca}_3\text{N}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{CN})_2$  stb. képződésével kell számolni.



4. ábra. A  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$  terner rendszer fázisdiagramja (SIMON S. et al nyomán), ponttal jelölve az általunk vizsgált OAM üstkemence salak

A környezetbe kikerült salakon átszivárgó csurgalék vizekben a nitridekből ammónia képződik. Az OAM Kft szekunder salakjánál a vizsgálatok szerint ez

tettük a fázisdiagramon (2. ábra). Nyilvánvalóvá vált, hogy a vizsgált salak a szilárd  $\text{CaO}$  fázishoz nagyon közel esik. A valóságban nagy viszkozitású, kásás állagú, amit az egyéb

szennyező anyagok MnO, SiO<sub>2</sub>, FeO stb. tartalomnak köszönhető. Ezek kissé folyósító hatásúak, amit folyópattal sokkal könnyebben elérhetnénk, ám az rongálja a falazatot. Az előbb említett szennyező komponensek salakosodás folyamán klinker ásványokat is képeznek.

Az üstkemencében gyakran a nagy, 50 %-nál nagyobb mésztartalom miatt megnő a salak viszkozitása ezzel csökken a diffúzió. Ennek egyik jellegzetes következménye, hogy a FeSi oxidációjából képződött SiO<sub>2</sub> tartalom nem tud egyetlenesen diszpergálódni és szigeteszilikátokká majd klinker ásványokká szétesni.

Ezért kovasav dús zárványok alakulnak ki, ahol a szilikát szétesés megállt a láncszilikátok szintjén és gyakran monomineralikus piroxén a fő komponens, több mint 80 V/V%-os részarányal (*Koleszár P, 2005b*). Az ilyen zárványok nagyrészt térfogattartóak, méretük néhány mm-től 25-30 cm-ig terjedhet. Az üstkemence salakra jellemző a magas kéntartalom, ami elérheti az 1%-ot is. Ez rendszerint oldhamit - alabandin - MgS elegykristályok formájában van jelen.

#### Radiológiai jellemzők

A vizsgált ózdi salakok radiológiai szempontból sajátos képet mutatnak, mert az oxidos salakok (SM-UHP) dózisteljesítménye kisebb, mint a redukáló üstkemence salaké, ami azzal magyarázható, hogy csapolás közben és a redukáló periódusban is kokszporral karbonizálnak. A kokszporban radioizotópok találhatóak, melyek még a kokszolandó szénből származnak.

Maga a kokszolás tovább dúsítja őket, mivel a könnyen illók ilyenkor eltávoznak. De ennek nagysága nem nagyobb, mint a beágyazó kőzeteké. Ebből kifolyólag nem jelentenek veszélyt. Általában rejtett vagy szennyező elemként, esetleg oxidosan vannak jelen.

átlagos dózisteljesítmény [μGy/h]	
Primer salak	0,11
Szekunder salak	0,18
Siemens-Martin salak(régi)	0,10
Pétervásárai Homokkő Fm homokkő lencsési	0,17
Pétervásárai Fm. lítifikálódott homokja	0.13
Szécsényi Slír Fm. slírje	0.10
Pleisztocén lejtőagyag	0.16
Magyarországon épületen belül	0.057-0.384
Magyarországon szabadban	0.048-0.27

2. táblázat: Az ózdi acélkohászati salakok és a beágyazó kőzetek dózisteljesítményei

Dózisméréseinket a salaktípusokon kívül a salakhányó földtani környezetének képződményeire is elvégeztük és összevetettük őket hazai átlagértékekkel (2. táblázat). Az eredmények mindenütt jóval a veszélyes határérték alatt maradnak.

#### Acélöntés, hengerlés

A legyártott acélt a FAM (Folyamatos AcélöntőMű) technológia szerint öntik le (1. ábra). Itt kevés salak képződik, mivel csak fedőporokat használnak 1-2 lapát/üst

mennyiségben. Ez a fedőpor savas SiO<sub>2</sub>-CaF<sub>2</sub> komponensű keverék, melynek fő feladata a zárványok megkötése. Az így képződő védősalak zöldessárga színű, sokszor cm-es kristályokat alkot, amelynek pontos összetétele nem ismert feltehetőleg valamilyen fluoro-szilikát ásvánnyal állunk szemben.

A kész bugát izzítás után hengerlik. Az izzítás hatására 0,1-1 mm vastag pikkelyszerű vasoxid réteg, ún. hengerreuve vonja be, ami jórészt lepereg. Ennek ásvány fázisai a magnetit és a hematit. Minél oxidatívabb körülmények között történt a melegítés, annál nagyobb a hematit részaránya.

#### Salaköntés

Az acélgártási salakok hasznosítása időben messzire nyúlik vissza, mivel a kavart acél salakja a hengerrevével együtt visszakerült a technológiába. A folytacélgártási technológiák salakjait rendszerint salakfazekakba engedik és olvadt állapotban szállítják a hányóra vagy a salakárokba ahol leöntik. A kihűlt salakot vagy hányóban tárolják, vagy kitermelik és további hasznosításra kerül. Ez történik az ózdi salakokkal is.

Az acélgártás közben a fürdő felforr, ami jelentősen hozzájárul a fém és a salak elkeveredéséhez. Ennek köszönhetően a salak mindig tartalmaz kolloidmérettől a cm-es méretig terjedő fémes zárványokat. Ezek a salakfázekba engedett olvadátkban a viszkozitástól függően kiülednek és a salakfázék alján nagyobb zárványokká kapcsolódnak össze (4. ábra).

#### Salakhasznosítás

Esetenként 50 %-nál is nagyobb színtérfémtartalmú salak differenciátumok jönnek létre. A salakok aprításával és mágneses szeparálásával ez a fémmennyiség nagyrészt kinyerhető. Az acélgártási salakok hasznosítása közül előkelő helyet foglal el a fémkinyerés (*KOLESZÁR, 2005b*).

főelemek	[%]	nyomelemek	(mg/kg)
SiO <sub>2</sub>	16,76	Pb	nyom
FeO	41,29	Co	14,63
CaO	25,69	Cd	nyom
MgO	3,53	Ni	143,44
MnO	5,07	Na	162,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,27	Sn	11,2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,1	Cu	72,72
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,029	As	37,82
TiO <sub>2</sub>	0,20	K	3213
C	0,19		
S	0,040		

3. táblázat: A volt Ózdi Kohászati Üzemek (ÖKÜ) Siemens-Martin salakjának fő és nyomelemei

A vastalanított salakok hasznosítása a bázikuságuk függvényében eltérő.

A savanyú salakok hasznosítása térfogatállóságuknak köszönhetően igen egyszerű, mivel aprítás és osztályozás után akár betonba is bele lehet keverni. A bázikus acélgártási salakok ezzel szemben instabilak. A leöntött salakon lassan indul meg a meszes-magnéziumos szétesés. A folyamatok gyorsításához a frissen leöntött salakokat pihentetni és vízzel locsolni kell. A folyamatot jelentősen befolyásolja a salak FeO tartalma, amely minél nagyobb, annál lassabb a salak disszociációja. Ez a lágyra fúvatott adagoknál fordul elő (LD, SM). A salakhabosítással dolgozó ívkemencék üzemszerű technológiája. Itt csapoláskor az üstben kokszzporral karbonizálnak. Az ózdihoz hasonló, egyre nagyobb szerepet játszó mini acélművek (3. ábra) salakjainak elemösszetételét a 3. táblázat mutatja be.

A nyomelemek kimosódása a bázikuság csökkenésével gyengül. A bázisos oxid salakok mállásakor karbonátok (kalcit, aragonit, dolomit) képződnek a kéntartalom oxidációjából gipsz lesz. Ezek az ásványok szintén megkötik a nehézfémeket. Az újrahasonosíthatóság és a környezetvédelem szempontjából egyaránt a savanyú salak a legkedvezőbb. Napjainkban igen sokféle kísérleteznek a bázisos acélgártási salakok kemencén kívüli savanyításával. Az Ózdi Acélművek Kft-nél sóderadagolással érnek el sikereket, mert csökken a nehézfémek kioldódása és nő a térfogatállóság átlagosan kb. 200 kg sóder/salak fazék felhasználása mellett.

főelem [%]	Primer salak (UHP-salak)	Szekunder salak (LF-salak)	nyomelem [%]	Primer salak	Szekunder salak
SiO <sub>2</sub>	7,2	5,09	K	0,06	0,08
FeO	35,57	2,83	Na	0,02	0,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,29	1,57	Ba	0,38	0,18
CaO	28,55	54,68	Cr	0,023	0,001
MgO	3,07	8,09	Ni	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,87	5,30	Cd	0	0
MnO	4,28	0,56	Zn	0,01	0,01
C	0,56	3,20	Pb	0,006	0,003
S	0,010	0,015	Mo	0,002	0,002
Izzítási veszteség	2,79 %	18,61	Cu	0	0

4. táblázat A két fő OAM salakfajta főelem és nyomelem tartalma. (elemző: Tóthné Hangonyi G., Énekes I, Závodszyei I-né)

A sóderadagolás hatása a salakásványokra még vizsgálat tárgyát képezi, de feltételezhető, hogy nő a lánccsalagszilikát ásványok, (piroxének és amfibolok) részaránya.

Vannak olyan salakkezelési technológiák, ahol a salakbomlás felgyorsítása a cél. Ennek egyik új módszere az ún. „clean bed” technológia, melynél nem a salakfazékba, hanem a kemence alatt lévő salakzúzalékkal takart tálcára csapolják a salakot, majd a kihűlése előtt vizet porlasztanak rá. A víz hatására a salak apró törekeny aggregátumokra esik szét.

Ezt követően vízzel töltött medencében pihentetik, ahol tovább bomlik. Ezzel a technológiával néhány hét alatt lejátszódik a meszes magnéziumos szétesés, és egy stabilnak nevezhető anyag keletkezik. Ezt már klinkerképzőként is

értékesíteni lehetne (MÁRKUS *et al.* 2006.) E technológia kidolgozása még folyamatban van.

főelemek [%]	durva reve	finom reve	nyomelemek [%]	durva reve	Finom reve
Nedvesség	0	0	Zn	0,025	0,0018
Olaj tartalom	0,41	9,6	Pb	0,0090	0,012
SiO <sub>2</sub>	0,24	0,42	Co	0,004	0,005
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,20	39,50	Cd	0	0
FeO	66,73	47,65	Ni	0,042	0,044
MnO	0,27	0,38	Cr	0,061	0,061
CaO	0,30	0,36	Sn	0,003	0,005
MgO	0,19	0,22	V	0,001	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,21	Cu	0,142	0,126
P <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,16	0,17			

5. táblázat: A hengerreve típusok fő- és nyomelem tartalma (elemző: Tóthné Hangonyi G., Énekes I., Závodszyei I-né)

Az üstkemence salakoknál az említett nagy mézstartalom miatt már a levegő nedvességének hatására beindul a meszes szétesés, ami a salak azonnali elporlásához vezet.

Ez hasznos a fémkinyerés szempontjából, mert a mászás súlyú acélzárványok egyszerűen kiszedhetők a kőzetliszt finomságú salakporból. A nedvesség hatására a salakporon laza karbonátos kéreg képződik, ami az idő előre haladtával egyre mélyebbre hatol (KOLESZÁR, 2006). A FAM salakok hasznosítása a benne lévő acél meredvények kinyerésére korlátozódik. Nem megoldott a vastalanított rész hasznosítása, de elhanyagolható mennyisége miatt nem jelent számottevő tételt.

## Irodalom

- CSABALIK, GY. – SZARKA, GY. 1986: Vaskohászat I-II. – Tankönyvkiadó, Budapest, p.400
- KOCH, S. – SZTRÓKAY, K. I. 1993: Ásványtan I-II. – Tankönyvkiadó, Budapest, p. 500
- KOLESZÁR, P. 2005a Az Ózdi salakhányó környezetföldtani vizsgálata – kézirat – OTDK dolgozat DE Ásvány- és Földtani Tanszék Adattára, Debrecen, p. 49
- KOLESZÁR, P. 2005b. Új típusú környezetbarát és energiatakarékos technológiák az Ózdi Acélművek Kft üzemében. – diplomamunka – DE Ásvány- és Földtani Tanszék Adattára Debrecen p. 49
- KOLESZÁR, P – KOZÁK M. - PÓCZOS J 2006. Az ózdi kohászati salakok metallogenetikai - geokémiai szempontú vizsgálata – EMT Bányászati – Kohászati –Földtani Konferencia Sepsiszentgyörgy (Románia)
- KOLESZÁR, P. 2006: Az Ózdi acélművek Kft. hulladékainak környezeti hatásai – Kézirat, OFKD dolgozat, DE Ásvány- és Földtani Tanszék Adatt., Debrecen, p. 47
- MÁRKUS, R. – GREGA, O. – TASZNER, Z. – FELEDI, D 2005: Primer elektroacélgártási salakok hasznosíthatóvá tétele – EMT Bányászati - Kohászati-Földtani Konferencia kiadványa, Nagyvárad (Románia)
- SIMON, S. – SZIKLAVÁRI, K. – SZÓKE, L. 1974: Újabb technológiai megoldások az acélgártásban – Műszaki Kiadó, Budapest p.403.