

MÁRKUS RÓBERT

## Acélgyártási salakok környezetbarát hasznosítási lehetőségeinek elméleti alapjai és megvalósíthatóságának lehetőségei

**A hatályos európai uniós irányelvek alapján mind nagyobb figyelmet kell fordítanunk a melléktermékek, hulladékok hasznosítására. A vaskohászati salakok jellemző felhasználási területe az építőipar, ezen belül is elsősorban utak alapjaiban, kötés nélküli rétegeiben váltják ki leggyakrabban a természetes kőzeteket. Azonban az építőipari megfelelés mellett ugyanakkora hangsúlyt kell fektetni a környezetvédelmi megfelelésre is, mert a csapadékkal érintkező salakból környezetre ártalmas alkotók oldódhatnak ki a felszíni, illetve felszín alatti vizekbe. Ezt a folyamatot mutatja be a cikk azzal a céllal, hogy felhívja a figyelmet a rossz minőségű acélgyártási betétanyagok felhasználásából eredő veszélyekre.**

### 1. Bevezetés

Mai világunkban a nyersanyagforrások apadása, a nyersanyagok mind nehezebb és költségesebb kitermelése a természetes anyagokról mindinkább a másodlagos nyersanyagok hasznosítási lehetőségeire irányítja a figyelmet. Ez többszörösen is hasznos folyamat: egyrészt kíméljük a környezetet, kevesebb tájromboló tevékenységet végzünk a kitermelés érdekében, másrészt a hiányzó mennyiség kiegészítésére a termelő vállalatok különböző technológiai lépéseinél keletkező melléktermékeket – az esetek jelentős számában az adott technológiában értéktelen hulla-

dékot – használunk fel, ezáltal a hulladék-tárolókat és depóniákat is részben tehermentesítjük.

Jelen cikkben olyan – ipari kutatómunka által feltárt – problémát vizsgáltam, mely adott körülményektől függően befolyásolhatja az acélgyártó ívkemence salakjának kohászati technológián kívüli, jellemzően építőipari hasznosítási lehetőségeit. Ez a probléma nem más, mint a betétanyag tapadó szennyeződéséből, bevonatolásából származó, vízoldható oxidál alakuló bárium, illetve különböző báriumvegyületek és a betét közé kevert klórtartalmú műanyagok (pl. PVC) égésekor felszabaduló klórtartalmú vegyületek reakciói következtében a

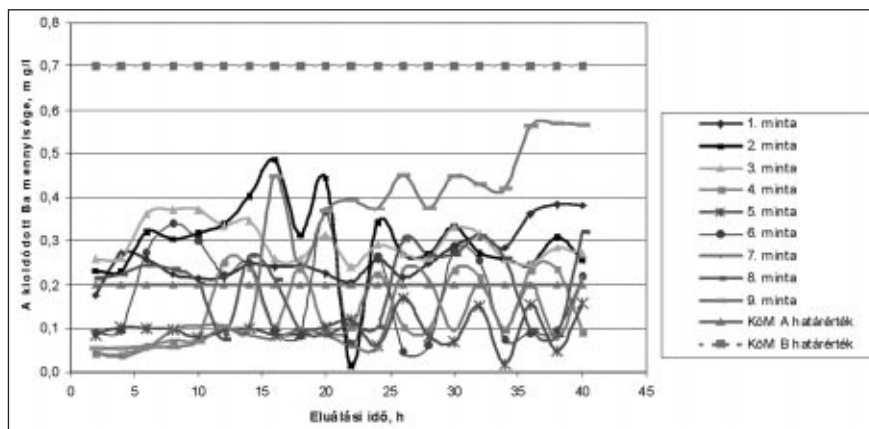
salakban létrejövő, szintén vízoldható  $BaCl_2$  megjelenése. Csapadék hatására oldódásuk veszélyt jelent a felszíni és felszín alatti vizekre. Vizsgálataimat kémiai elemzési eredményekkel, magyarországi kohászati üzem salakjának vizsgálatával, termodinamikai és anyagmérleg számításokkal támasztom alá. Felhívom emellett a figyelmet arra is, hogy az alapanyagként felhasznált Fe-tartalmú hulladék, mint betétanyag, minősége milyen környezetvédelmi kockázatot rejt, s ezt elkerülendő, milyen salakkezelési eljárások bevezetése javasolt az üzemek számára.

### 2. Kísérleti és vizsgálati eredmények

#### 2.1. A képződő salak báriumtartalma

Vizsgálataim alapját a vaskohászati salak vizsgálata során mért nagy báriumkoncentráció adta. Önmagában a bárium jelenléte nem okoz környezetterhelési problémát, de ha annak vízoldható mennyisége meghaladja a háttérkoncentráció (KöM A) értékét és közelíti, esetleg meg is haladja a szennyezettségi (KöM B) értékét, abban az esetben megoldást kell találni a környe-

**Dr. Márkus Róbert** Ózdon, a Bródy Imre Középiskolában érettségizett. 1998-ban nyert felvételt a Miskolci Egyetem Kohómérnöki Karára, ahol 2004-ben energiagazdálkodási ágazattal kiegészített metallurgus oklevelet szerzett. Még ebben az évben megkezdte doktori képzését a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskolájában. 2007-ben munkát vállalt az Ózdi Acélművek Kft.-nél, 2008-ban elvállalta az Agrofókuszt Kft. és a Hidromechanika Kft. ügyvezetését. 2008 szeptemberétől a ME Metallurgiai és Öntészeti Tanszéken tanársegéd. 2009-ben megszerezte a PhD fokozatot.



**1. ábra.** Salakminták eluátumvizsgálatából származó értékek és a KöM határértékek összehasonlítása

zetterhelés megakadályozására vagy mértékének csökkentésére (1. ábra).

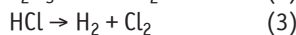
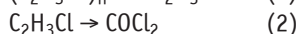
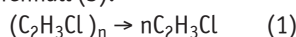
## 2.2. A bárium és a klór forrása

A bárium forrásának meghatározása az elsődleges feladat. Az 1. táblázat az acélgártás során felhasznált segédanyagok, valamint az acélmű hulladéktér talajának és a kiürített vasúti szállítókosziban visszamaradt földszerű keveréknek a bárium-tartalmát mutatja be.

Az 1. táblázatból látható, hogy a bárium a legtöbb esetben vízoldhatatlan vegyület formában van jelen a különféle anyagokban, viszont a salakban már vízoldható formában található. A 2. táblázatból – mely a bárium és különböző vegyületei vízoldhatóságát mutatja – jól látszik, hogy a BaCl<sub>2</sub> vízoldhatósága kiemelkedik a többi vegyület közül.

Az 1. és 2. táblázat alapján levont következtetés alapján a gyakorlatilag vízoldhatatlan báriumvegyületek a metallurgiai folyamatok során vízoldhatóvá, nagy valószínűség szerint oxiddá és kloriddá alakulnak. A klór legjelentősebb forrása az acélgártás alapanyagaként felhasz-

nált amortizációs vas- és acélhulladék PVC-tartalma. Ennek mennyisége a szállópor klórtartalmából meghatározva ~1,5 kg/t<sub>nyersacél</sub>, amit a helyszíni szemrevételezés és az üzemi tapasztalat egyaránt megerősít. A PVC, mint nemfémes szennyeződé, a betéttel kerül be az acélgártás folyamatába. A villamos ív által átadott hő a fémes betéttel beolvasztja, míg az egyéb éghető nemfémes szennyező anyagok (műanyagok, fa, papír) elégnak, s égéstermékek egy része a szállóporral és a füstgázzal együtt a füstgázrendszeren keresztül távozik, a maradék mennyiség a salakkal reakcióba lépve vegyületeket alkot, s azzal együtt távozik a rendszerből. A PVC égéstermékei mind veszélyesek az emberi szervezetre, ezek között több klórvegyület is található. A PVC (CH<sub>2</sub>=CH-Cl) az ívkemencében disszociál vinilkloridra (1), mely oxidáló atmoszférában részben foszgenre ég el (2). Az ív környezetében (3950 °C) a hidrogén-klorid termikus disszociációjának lehetősége is fennáll (3).



1. táblázat. Különböző input anyagok és azok eluátumainak báriumtartalma

Ssz.	Az anyag megnevezése	Az anyag báriumtartalma, mg/kg	Az eluátum báriumtartalma, mg/l
1.	Égetett mész I.	13,51	0,00
2.	Égetett mész II.	13,51	0,00
3.	Bauxit	0,00	0,00
4.	Kokszpor	40,00	0,15
5.	Radiátorfesték	0,79	0,18
6.	Hulladéktér talaja	1265	0,00
7.	Vasúti kocsik takarítási szemét	1417	0,01
8.	Elektróda	15,35	0,00
9.	Tímföld	0,00	0,00
10.	NX 93 ankerfrit száraz tűzállóanyag	9,14	0,11

2. táblázat. Különböző báriumvegyületek vízoldhatóságának mértéke

Sorszám	Vegyjel	Elnevezés	g/100 ml 20–26 °C-on	Vízoldhatóság
1.	Ba	elemi bárium	-	reakcióba lép
2.	BaO <sub>2</sub>	bárium-peroxid	0	csekély
3.	BaSO <sub>4</sub>	barit	0	nem oldódik
4.	BaSiO <sub>3</sub>	bárium-metaszilikát	0	nem oldódik
5.	Ba <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	bárium-ortoszilikát	0	nem oldódik
6.	BaCrO <sub>4</sub>	bárium-kromát	0,00026	nem oldódik
7.	BaCO <sub>3</sub>	bárium-karbonát	0,002	nem oldódik
8.	BaO	bárium-oxid	3,8	mérsékelt
9.	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	bárium-nitrát	8,7	mérsékelt
10.	BaCl <sub>2</sub>	bárium-klorid	36	jó
11.	BaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O	bárium-klorid 2 hidrát	37,5	jó

## 2.3. A bárium és a klór reakciói az acélgártás során

Vízoldhatóságuk alapján három csoportba soroltam a báriumvegyületeket:

1. vízben gyakorlatilag nem oldódó szulfát, szilikát;
2. vízben mérsékelt oldódó oxid;
3. vízben jól oldódó klorid.

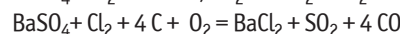
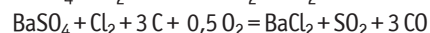
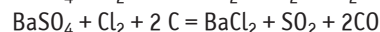
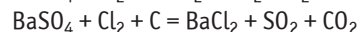
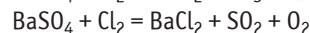
Az összes, általam számításba vett vegyület visszavezethető ezek egyikére.

### 2.3.1. A barit kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

A vízoldható bárium-kloridok keletkezése a kemencében jelenlevő, salakhabosításra használt karbon és oxigén hatására intenzíven megy végbe.

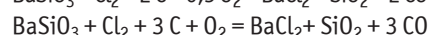
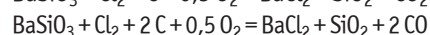
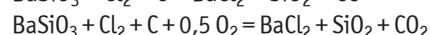
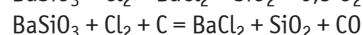
A barit, azaz a természetben egyedül előforduló báriumvegyület nagy hőmérsékleten (az acélgártás hőmérsékletviszonyaihoz mérten), klór jelenlétében is stabil, de a rendszerben növekvő mennyiségű karbon és oxigén hatására mindenképp hajlamos klorid képzésére. A szén-monoxid-képződéssel kísért kloridképződés termodinamikai szabadentalpia-változása a legnegatívabb, mivel ezen a hőmérsékleten a szén-dioxid karbon jelenlétében redukálódik.

A barit jellemző reakciói:



### 2.3.2. A metaszilikát kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

A metaszilikát is stabil vegyület az acélgártás hőmérsékletviszonyai között, termikus disszociációja nem jellemző. Klórral reagálva, mind nagyobb mennyiségű karbon és oxigén jelenlétében, a kemencében azonban már kloriddá alakul az alábbi reakciók alapján:

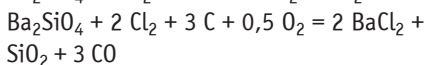
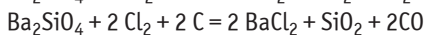
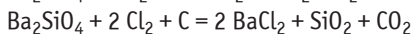
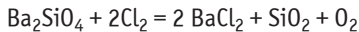


A metaszilikát kloriddá alakulásának termodinamikai viszonyait a 2. ábra mutatja.

### 2.3.3. Az ortoszilikát kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

Az ortoszilikát a metaszilikáthoz hasonló módon viselkedik. Kloridképződésének termodinamikai szabadentalpia-változása azonban még negatívabb, mint a metaszilikát esetében.

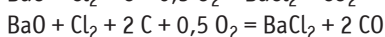
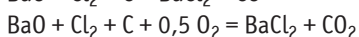
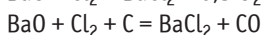
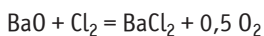
Mindkét szilikát esetében a CO-képződéssel járó reakciók a jellemzőek az ívkemencében levő körülmények között. Ezt az ortoszilikát vizsgálatánál az alábbi reakciókkal írhatjuk fel:



Az ortoszilikát kloriddá alakulásának termodinamikai viszonyait a 3. ábra mutatja.

### 2.3.4. Az oxid kémiai reakciói az acélgártás körülményei között

A lehetséges kémiai reakciók a következők:



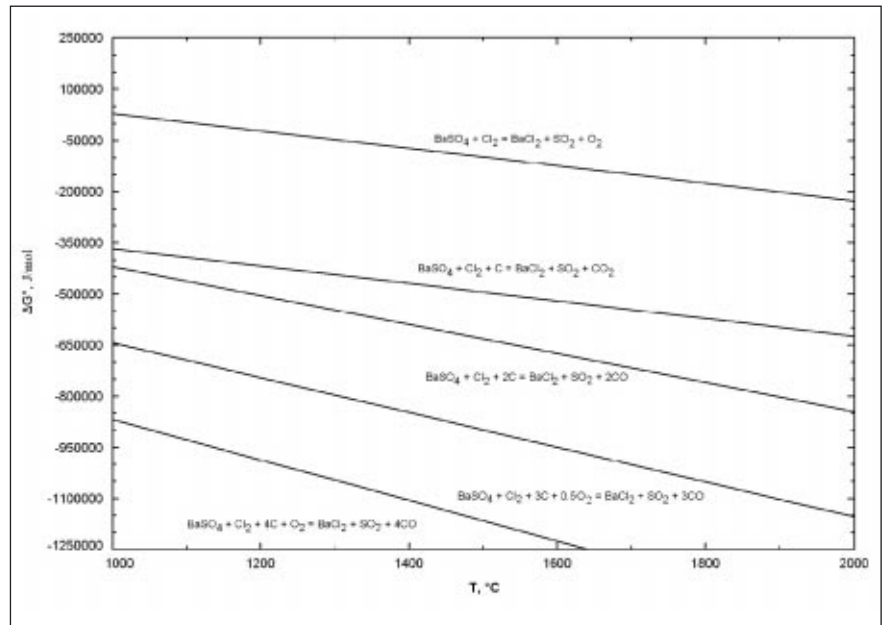
Az általam vizsgált körülmények közt megvan a termodinamikai valószínűsége, hogy a bárium-oxid kloridot képezzen bármely itt feltüntetett kémiai reakció-egyenlet alapján.

Az ívkemencés acélgártás körülményei (nagy hőmérséklet, oxigén és karbon jelenléte) miatt az oxid kloridképzése – számítások alapján – már 700 °C felett egyértelműen az utolsó reakció alapján zajlik le, mivel ennek valószínűsége a legnagyobb annak ellenére, hogy lokálisan a többi reakció is elképzelhető.

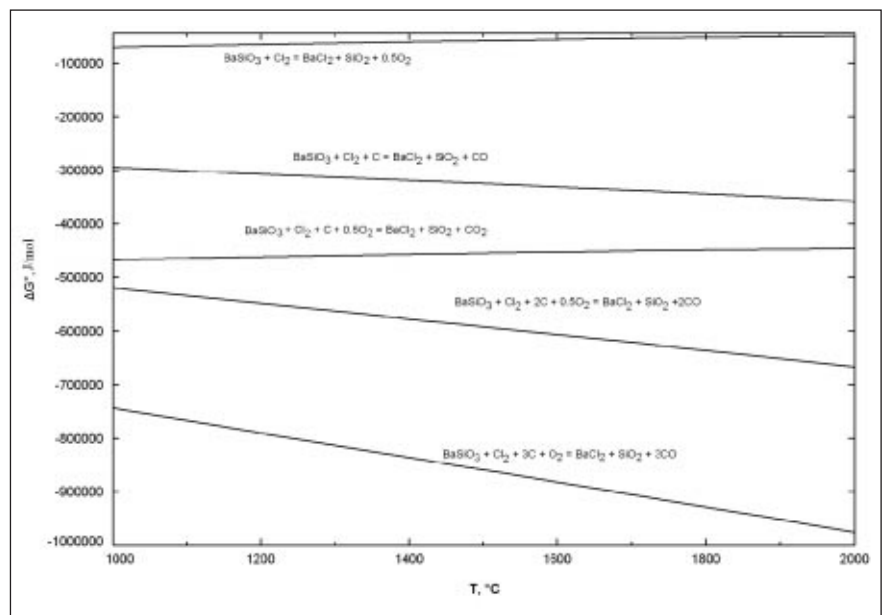
Az oxid kloriddá alakulásának termodinamikai viszonyait az 4. ábra mutatja be.

### 2.4. Az ívkemence anyagmérlege a bárium nyomon követésére

A bárium viselkedésének elmélete alapján elkészítettem az acélgártási folyamat anyagmérlegét (3. táblázat) annak megállapítására, hogy az elméleti feltevések nyomon követhetők-e a gyakorlatban, azaz a számításokat alátámasztják-e az üzemi körülmények közt gyártott acél mellett keletkezett salak és szállópor elemzési eredményei. A számításokhoz elvégeztem az összetételi megha-



■ 2. ábra. A  $\text{BaSiO}_3$  és a  $\text{Cl}_2$  reakciójának termodinamikai szabadentalpia-változása az ívkemencében történő acélgártás körülményei között



■ 3. ábra. A  $\text{Ba}_2\text{SiO}_4$  és a  $\text{Cl}_2$  reakciójának termodinamikai szabadentalpia-változása az ívkemencében történő acélgártás körülményei között

tározásokat, majd a fajlagos anyagfelhasználás függvényében kiszámítottam az anyagmérlegben bemutatott értékeket.

Az ívkemence anyagmérlegének kivételi és bevételi oldala közt megjelenő különbség és a többi tényező nagy pontossága alapján bizonyítható, hogy acélgártó ívkemencében a legjelentősebb báriumforrás a báriumot nagy koncentrációban tartalmazó talaj, mely a hulladékbegyűjtés és átrakások alkalmával szennyezi a betétanyagot. Ezt a szilícium-dioxid forrás hiányából és a „nem defini-

ált” tag kálium- és nátriumtartalmából lehet megállapítani. A talajban természetes, azaz gyakorlatilag vízoldhatatlan formában (szulfát és karbonát) van jelen a bárium.

### 2.5. A salak bárium- és klórtartalmának kimutatása műszeres elemzéssel

A salakban található bárium és klór által alkotott fázisokat röntgendiffrakciós mérésrel lehet meghatározni. A kis koncentrációk, a nagyszámú salakalkotó elem és a

vegyületképzés sokfélesége miatt a mérés háttérzaja nagy, ami a kiértékelést jelentősen megnehezíti, így a méréssel nem tudom bemutatni az általam vizsgált valamennyi vegyületet.

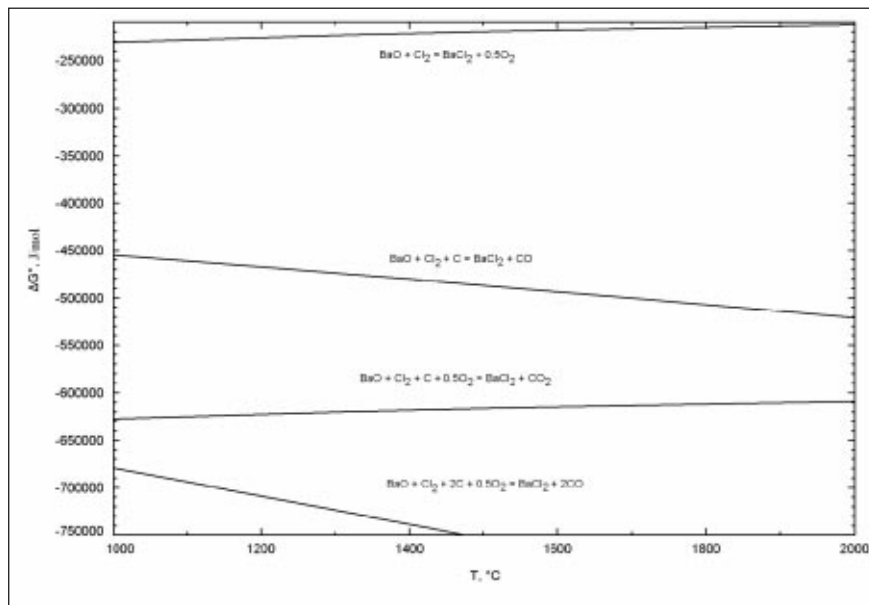
Az 5. ábrán nem láthatók kiugró csúcsok a bárium-klorid vonalainál, azonban a röntgendiffrakciós eredmények a termodinamikai számításokkal alátámasztva elfogadható értékeket adnak.

### 3. A salakból kioldódó alkotóelemek környezetterhelő hatásainak csökkentése

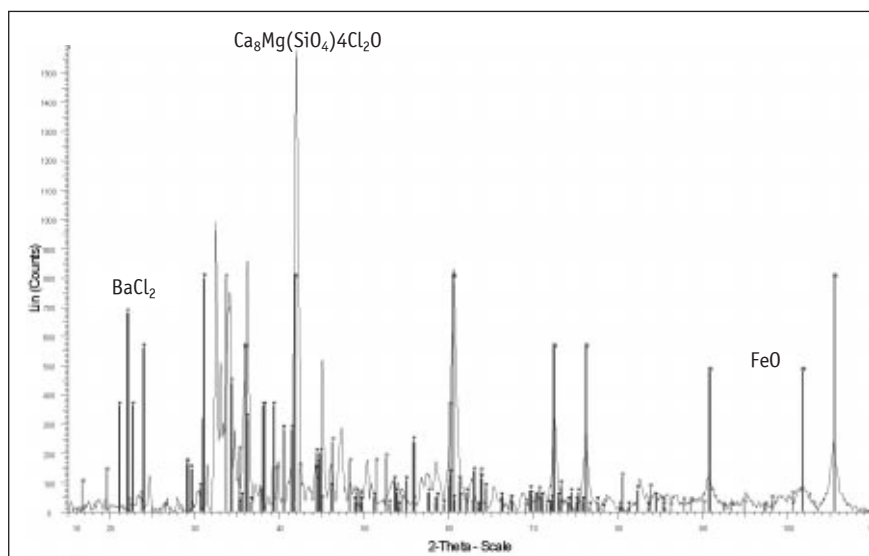
#### 3.1. A vas- és acélhulladék tisztaságának növelése

A bárium okozta környezetterhelési problémák legegyszerűbb megoldása a megfelelő hulladékminőség biztosítása. Törekedni kell arra, hogy minél kevesebb talaj- és földszerű, nemfémes szennyeződést adagoljunk a kemencébe. Ez elméletben könnyen kivitelezhetőnek tűnik, de a gyakorlati életben a kérdés sokkal bonyolultabb. Mint azt már korábban említettem, a hulladék minősítését szabványok alapján lehet elvégezni. Ez azt jelenti, hogy szabvány szerint maximum 1% nemfémes szennyeződés (bevonatot, tapadványt, bekevert anyagot) tartalmazhat az előkészített hulladék. Ez a mennyiség pedig egy vasúti kocsi rakománynál már elegendő báriumforrás lehet. A talajjal bevitt mennyiséghez még hozzáadódik a bevonatok, segédanyagok báriumtartalma, ebből adódik a bevitt bárium összes mennyisége.

A hulladékkereskedők módszereit ismerve a valós mennyiség akár az itt számított többszöröse is lehet, ugyanis bevitt gyakorlat – elsősorban nagy hulladékigény esetén –, hogy a beszállított hulladék tömegét földdel feltöltött üreges darabokkal, mint pl. hordók vagy tartályok, növelik. Ezt a maximumra felfutott termelés mellett nem minden esetben tudják kiszűrni a hulladéktéren dolgozók, így nagy mennyiségű nemfémes szennyező kerülhet a rendszerbe, mely növeli a salak mennyiségét, akár jelentős mértékben el is szennyezve azt, s ez a meddőttöbblet jelentős többletenergiát igényel az olvasztáshoz, erősen csökkentve a fémkihozatal értékét is. Ha a talaj kemencébe kerülését nem is tudjuk elkerülni – valamilyen mennyiségben óhatatlanul bekerül –, akkor a PVC-t kell kizárni a rendszerből. Ebben az esetben nem keletkezik bárium-klorid, viszont a mérsékelt ol-



■ 4. ábra. A BaO és a Cl<sub>2</sub> reakciójának termodinamikai szabadentalpia-változása az ívkemencében történő acélgártás körülményei között



■ 5. ábra. A salak röntgendiffraktogramja

dódásra képes bárium-oxiddal ebben az esetben is számolni kell.

#### 3.2. Salakkezelési eljárások alkalmazása

A hulladék fizikai tisztításának csak elméleti lehetősége áll fenn. A szennyezőanyagok bevitelének problémáját szinte lehetetlen elkerülni, hatványozottan igaz ez felfokozott termelés esetén. Ilyenkor kézenfekvőbb valamilyen salakkezelési eljárást alkalmazni. Ezzel általában kettős hatást lehet elérni: a kemencén kívül, leengedéskor kezelt salakot egyrészt olyan formába hozzuk, melyből szennyezők gyakorlatilag nem oldódhatnak ki, másrészt

olyan szemcseméretet tudunk beállítani, amely a kohászaton kívüli hasznosítást még inkább elősegíti azáltal, hogy nincs szükség később törésre és szemcsefrakció szerinti osztályzásra, mert a salak fizikai megjelenése alapján adott mérettartományba besorolhatóvá válik.

##### 3.2.1. Salakok SiO<sub>2</sub>-os dúsítása

Az elektroacélgártási salakokat nagy bázikusság jellemzi, azaz a bennük található bázikus salakalkotó oxidok mennyisége 3,5–4,5-szerese a savas alkotók mennyiségének. Megfelelő megoldásnak tűnik ennek az aránynak a megváltoztatására a

3. táblázat. A villamos ívkemence anyagmérlege

A mérleg elemei	INPUT													OUTPUT						ELTÉRÉS kg/t	
	Vas- és acélhull.		Égetett mész		Koks		PVC		Nem definiált		Oxigén	Földgáz		Nyersacél		Salak		Szállópor			Füstgáz
	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%	kg/t	%		kg/t
Fe	1052,13	91,04												992,80	99,28	57,30	26,45	2,02	18,01		0,00
C	5,26	0,50			18,34	89,00	0,76	50,27				4,04	74,87	0,80	0,08					x	27,61
Si	8,99	0,78												0,03	0,00						8,96
Mn	8,81	0,76												1,50	0,15	7,30	3,37				0,00
P	0,87	0,08												0,30	0,03	0,56	0,26	0,01	0,06		0,00
S	0,78	0,07	0,02	0,04										0,40	0,04	0,30	0,14	0,10	0,90		0,00
CaO	19,95	1,73	58,87	96,60												77,83	35,93	0,98	8,73		0,00
MgO			0,61	1,00					4,88	79,01						5,49	2,54				0,00
SiO <sub>2</sub>	4,39	0,38	0,34	0,56												23,90	11,04				-19,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,72	1,27														14,71	6,79				0,01
Ba									0,67	51,52						0,66	0,31	0,01	0,07		0,00
Ag									0,02	1,73								0,02	0,20		0,00
Pb	0,08	0,01																0,08	0,76		0,00
Zn	2,26	0,20																2,26	20,10		0,00
Na									0,22	17,31								0,22	2,00		0,00
K									0,19	14,45								0,19	1,67		0,00
Cl							0,57	37,64										0,56	5,00		0,01
H					1,03	5,00	0,10	6,66				1,36	25,13							γ	2,49
O	30,78	2,66			0,82	4,00	0,08	5,43	0,19	14,98	32,39			1,00	0,10	22,63	10,45	1,26	11,21	39,38	0,00

salak nagymértékű „elsavanyítása”, amit legegyszerűbben SiO<sub>2</sub>-os dúsítással lehet megvalósítani. Ez a vaskohászatban régóta ismert eljárás, melynek során a salak fő tömegét alkotó CaO a kvarchomokkal reagálva különböző összetételű kalcium-szilikátokat alkot. Ennek elsődleges célja a bázikusság értékének csökkentése egy körüli értékre. Így elérhetjük a kohósalakra jellemző bázikusság értékét, amellyel elkerülhetjük a meszes mállás okozta térfogatváltozási problémákat.

Természetes vagy mesterséges öregítéssel, azaz a salak pihentetésével kívárhathatjuk – vagy felgyorsíthatjuk – a térfogatváltozások okozta töredezesek végbemenetelét, ezt azonban az említett módszerrel akár el is kerülhetjük. Ennek a módszernek a továbbfejlesztésével, az ún. vitrifikálással kioldódási problémákat oldhatunk meg. Megfelelő mennyiségű SiO<sub>2</sub> jelenlétében kialakul az az üveges fázis, mely az összes salakalkotó oxidot megköti, így alakítva át a salak szerkeze-

tét teljes mértékben környezetbaráttá. Az üvegesítés gyakran alkalmazott eljárás veszélyes hulladékok tárolásánál. Salak üvegesítésénél megvan az az előny, hogy a folyamat lejátszódásához rendelkezésre áll a megfelelően magas hőmérséklet. Az eljárás hatékonyságának megállapítására a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszékének műhelysarnokában kísérleteket végeztem, melynek eredményeit a 4. táblázatban foglaltam össze.

### 3.2.2. A salakok gyors hűtése

Szakirodalomból ismert, kísérleteim során is tapasztalt tény, hogy gyors hűlés hatására a nagy szabad kalcium-oxid tartalmú, magnézium-oxidot is tartalmazó kőzetolvadékok jól keramizálódnak. Ezt a jelenséget az üvegiparban hasznosítják speciális területeken alkalmazott üvegtermékek esetén. Lényegi különbség, hogy salak esetében nem kell felhevíteni az üvegesítendő anyagokat 1000 °C körü-

li hőmérsékletre és az itt kialakult fázisokat gyors hűtéssel megtartani, hanem nem szabad hagyni lassan hűlni a salakot, mint az a jelenlegi technológiákat jellemzi.

Azokban az üzemekben, ahol nem alkalmaz-

nak valamilyen salakkezelési eljárást, salaküstbe engedik a salakot, és elszállítják a további feldolgozásra engedéllyel rendelkező salakfeldolgozó üzembe. Szállítás közben van idő a salak jelentős hűlésére. A kiürítés helyszínén a salak fő tömege még folyékony halmazállapotú, és a nagy tömeg miatt jelentős hőtartalékkal rendelkezik. Így az ürtés helyszínén viszonylag lassan hűl le, miközben kristályos szerkezet alakul ki benne. Gyors hűtéssel fenn lehet tartani azt az üvegszerű, amorf állapotot, mely szerkezetileg a SiO<sub>2</sub>-os dúsítással érhető el.

## 4. Összefoglalás

Az acélgyártás folyamata igen összetett, a rendszerben található elemek egymásra hatása, vegyületképzése mindig is sok érdekes vizsgálathoz nyújtott alapot. A cikkben bemutatott elemek nem jellemzői az acélgyártásnak, mégis kutatásra érdemesek, ugyanis a folyamatosan szigorodó környezetvédelmi előírások szerint mennyiségük monitorozására szükség van.

Szeretném felhívni a figyelmet azokra a körülményekre, melyek a korábbi gyártástechnológiai protokolloknál nem voltak mérvadóak, s az általam bemutatott szennyező anyagok bevétele korábban legfeljebb energetikai, illetve salakmennyiségi problémát okozott.

4. táblázat. A normál és a szilícium-dioxiddal dúsított salakok eluátumvizsgálati eredményeinek összehasonlítása

	Normál salakban, (g)	SiO <sub>2</sub> -ban dús salakban, (g)
Ba-szilikát	0...6·10 <sup>-3</sup>	0...7·10 <sup>-5</sup>
Ba-oxid	0...3·10 <sup>-4</sup>	0...9·10 <sup>-6</sup>
Ba-karbonát	0...3·10 <sup>-4</sup>	0...10 <sup>-5</sup>
Ba-klorid	2·10 <sup>-4</sup> ...3·10 <sup>-4</sup>	0...8·10 <sup>-6</sup>