Použitá literatura:

[1] AMES, Bruce , et al. Methods for detecting carcinogenes and mutagens with the Salmonella / mammalian-microsome mutagenicity test. Mutation Research. 1975, 31(6), s. 347 - 364

[2] FENCLOVÁ, Zdenka, et al. Profesionální nádorová onemocnění hlášená v ČR v letech 1999 – 2006, trendy vývoje. České pracovní lékařství. 2007, roč. 8, č. 2, s. 117-118. ISSN 1212-6721

[3] FLEGROVÁ, Zuzana, et al. Sensitivity analysis of RecA genotoxicity test. Annals of Microbiology. 2008, 58(1), s. 1-5. ISSN 1590-4261

[4] HANAWALT, Philip C., et al. Regulation of Nucleotide Excision Repair in Bacteria and Mammalian Cells. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 2000, roč. 65, s. 183-192. ISSN 0091-7451.

[5] CLAXTON, Larry D.; HOUK, Virginia S.; HUGHES, Thomas J. Genotoxicity of industrial wastes and effluents . Mutation Research - Reviews in Mutation Research. 1998, 410 (3), s. 237 - 243.

[6] KUGLÍK, Petr. Vybrané kapitoly z cytogenetiky. Brno: Masarykova univerzita, 2000. 168 s. ISBN 80-210-2334-1

[7] KŮSOVÁ, Jaromíra, et al. Zkušenosti s cytogenetickou analýzou periferních lymfocytů jako testem expozice a časného účinku genotoxických látek v pracovním prostředí. In ÁGHOVÁ, Ľubica (ed.). Životné podmienky a zdravie – zborník vedeckých prác. Bratislava : Úrad verejného zdravotníctva SR, 2004. s. 271-277. ISBN 80-7159-146-7

[8] MALACHOVÁ, Kateřina. Mutagenita a karcinogenita kontaminant životního prostředí. Ostrava : Přírodovědecká fakulta Ostravské univerzity, 1993. 108 s. ISBN 80-7042-707-8

[9] MALACHOVÁ, Kateřina; PAVLÍČKOVÁ, Zuzana. Bakteriální testy mutagenity jako součást ekotoxikologického hodnocení prostředí. In KOČÍ, Vladimír; HALOUSKOVÁ, Olga (ed.). Ekotoxikologické biotesty 1 : Sborník pracovní konference : 18.-19.9.2002. Chrudim : Vodní zdroje Ekomonitor, 2002. s. 108-114. ISBN 80-238-9260-6.

[10] PUNČOCHÁŘOVÁ, Jana Toxický vliv látek na živé organismy. In Sborník přednášek Školy molekulární biologie. Praha : VŠCHT - Ústav biochemie a mikrobiologie, 2004

[11] QUILLARDET, Philippe, et al. SOS chromotest, a direct assay of induction of an SOS function in Escherichia coli K-12 to measure genotoxicity. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 1982, 79(19), s. 5971-5975. ISSN 0027-8424

[12] RÖSSNER, Pavel (ed.). Standardní operační postupy pro biologické monitorování genotoxických účinků faktorů prostředí. Acta hygienica, epidemiologica et microbiologica. 2003, 3, 177 s. ISSN 0862-5956

[13] Řízená skládka odpadů Prakšice II : Provozní řád skládky odpadů. Interní dokument firmy Rumpold Uherský Brod. Zlín : ENVI projekt, 2005

[14] SEZIMOVÁ, Hana. Hodnocení genotoxických účinků kontaminant životního prostředí. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava : Hornicko-geologická fakulta, 2006. 151 s. ISBN 80-248-1041-7

[15] STIBOROVÁ, Marie. Studium enzymů biotransformujících xenobiotika jako nástroj k poznání mechanismu působení karcinogenů a konstrukce kancerostatik nové generace. Sborník přednášek Otevřená věda. Praha : VŠCHT - Ústav biochemie a mikrobiologie, 2005, s. 2-24

[16] ŠRÁM, Radim; RÖSSNER, Pavel; ŠMERHOVSKÝ, Zdeněk. Cytogenetic analysis and occupational health in the Czech Republic. Mutatation Research. 2004, 566(1), s. 21-48. ISSN 0027-5107

[17] Informační portál Východní Moravy <http://www.vychodni-morava.cz>.

[18] VOJTKOVÁ, Hana. Možnosti využití bakteriálního detekčního systému SOS chromotestu k ověření mutagenity skládkových vod. Ostrava, 2009. 112 s. Disertační práce doktorského studia. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, Institut enviromentálního inženýrství.

Martina Laubertová, František Kukurugya, Zuzana Hoang Trung, Tomáš Havlík*

MIKROVLNNÉ SPRACOVANIE ÚLETOV Z VÝROBY ŽELEZA A OCELE - TEORETICKÝ PREHĽAD

Súhrn

Mikrovlnné žiarenie sa svojim energetickým potenciálom môže využiť aj oblasti spracovania rúd, ako aj v extrakčnej pyro a hydrometalurgii. Výhodou mikrovlnného žiarenia je transport mikrovlnnej energie do vnútra materiálu a jeho následná premena na tepelnú energiu. Takto sa dosiahne výrazné skrátenie času ohrevu danej látky. Vnútri materiálu sa pritom dosiahne vyššia teplota ako na jeho povrchu, čo môže mať za následok aj zmenu vnútornej štruktúry materiálu.

Tento príspevok je zameraný najmä na možnosť aplikácie mikrovlnného žiarenia pri hydrometalurgickom spracovaní úletov vznikajúcich v procese výroby železa a ocele. Úlety vznikajúce pri výrobe ocele obsahujú značné množstvo železa. Takéto úlety nie je možné priamo recyklovať späť do výroby. Príčinou je vysoký obsah ťažkých kovov, najmä zinku, kadmia a olova, ktoré sú technologicky a environmentálne neprijateľné.

Jednou z podmienok možnej aplikácie mikrovlnného žiarenia v procese spracovania úletov je veľkosť častíc kovov, ktorá nesmie prekročiť limitnú hodnotu. Dôvodom je interakcia mikrovln s kovom, čím by mohlo dôjsť technickým problémom. Skúmané oceliarenské úlety majú veľkosť zrn pod 53 μm, čo naznačuje možnosť využitia mikrovlnného žiarenia aj v tejto oblasti.

Kľúčové slova: *EOP úlety, mikrovlnné žiarenie, lúhovanie, recyklácia, druhotná surovina*

* *Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9, Košice, Slovensko, e-mail: martina.laubertova@tuke.sk*

ÚVOD

Úlety sú vedľajší produkt vznikajúci z výroby železa a ocele. Obsahujú významné množstvá železa - viac ako 30 %, čo ich predurčuje za druhotnú surovinu. Okrem železa však úlety obsahujú aj iné kovy, ako je zinok, kadmium, olovo a chróm. Ak by sa úlety s takýmto obsahom kovov vrátili spätne do procesu, spôsobovali by technologický problém (napr. poškodenie vymurovky). Pri pretavovaní šrotu vzniká cca 15 kg úletov na tonu tekutej ocele, obsahujúcich do 30% Zn. Tieto sa zvyčajne skládkujú (1). Pri nekontrolovanom skládkovaní môže vzniknúť riziko environmentálnej záťaže z dôvodu obsahu prachových častíc toxických prvkov a oxidov ťažkých kovov. Podľa vyhlášky č. 284/2001 Z.z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov sa úlety zaraďujú medzi odpady tepelných procesov, železiarskeho a oceliarskeho priemyslu s priradeným katalógovým číslom 10 02 (2). Pre nebezpečné vlastnosti H1 až H7 sa úlety radia medzi nebezpečné odpady (3). Preto sa hľadajú ďalšie možnosti, ako tento odpad zhodnotiť.

1. PRODUKCIA ODPADOVÝCH LÁTOK V HUTNÍCKOM PRIEMYSLE ŽELEZA A OCELE

Hlavnými hutníckymi prevádzkami železa a ocele so vznikom veľkého množstva plynných a tuhých exhalátov, odpadových vôd a tuhých odpadov sú výroba surového železa (vysoké pece a aglomerácie), výroba ocele (konvertory, tandemové pece), zlievarne, výroba liatiny, výroba ferozliatin, pomocné prevádzky (koksovne, a pod.) (4).

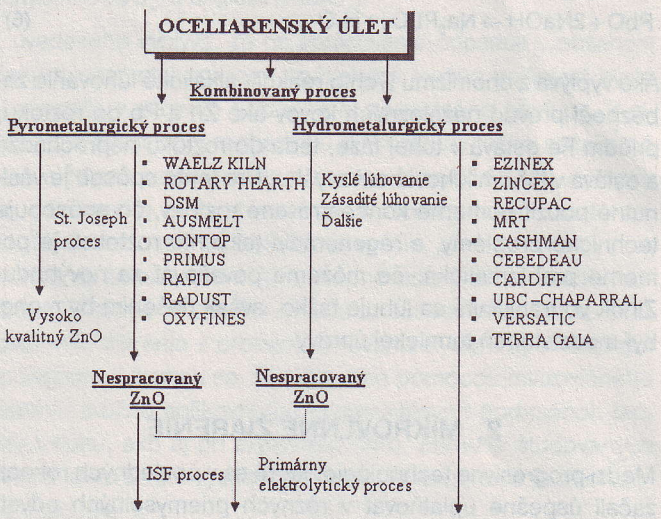
V súčasnej dobe sa oceľ v Európskej únii vyrába hlavne v kyslíkových konvertoroch (približne 65%) a v elektrických oblúkových peciach (približne 35%) (5).

Oceliarenské úlety môžeme zaradiť do dvoch skupín a to úlety z elektrických oblúkových pecí a konvertorové úlety. Rozdiel je najmä v obsahu zinku a tiež ďalších ťažkých kovov, resp. vápnika. Pri recyklácii úletov do vsádzky je nutné prítomné ťažké kovy minimalizovať, resp. odstrániť. Charakteristickou vlastnosťou týchto odpadov je jemné granulometrické zloženie rádove od desiatich až do niekoľko sto mikrometrov. Obsah zinku sa rôzni podľa pôvodu vzniku úletu. Úlety z vysokej pece obsahujú okolo 1% Zn, úlety z kyslíkových konvertorov obsahujú do 3 % Zn a úlety z EOP obsahujú okolo 20% Zn (5).

Keďže oceliarenské úlety sú bohaté na obsah železa, existuje snaha o ich recykláciu do výroby železa a ocele. Avšak najmä v prípade pretavovania šrotu v elektrických oblúkových peciach vznikajú úlety s vysokým a pre priamu recykláciu neakceptovateľným obsahom oxidov ďalších kovov ako Zn, Pb, Cr, Cd atď. Tieto kovy by spôsobovali jednak technologické problémy, napríklad zinok by vo vysokej peci mohol spôsobiť porušenie výmurovky, tvorenie usadenín v komíne, úplne upchávanie plynovej odtokovej rúry (6), ale aj nekontrolovanú tvorbu neočakávaných zliatin. Spomenuté kovy sa dostávajú do systému väčšinou pretavovaním šrotu. Podiel šrotu bude stúpať a vzhľadom na zvýšený podiel galvanicky pokovovaných výrobkov, ako sú automobilové karosérie, práčky a podobne, sa predpokladá nárast obsahu zinku v úletoch z výroby železa a ocele. Na druhej strane je aj skládkovanie týchto druhotných surovín silne obmedzené práve prítomnosťou ťažkých neželezných kovov kvôli ich toxicite.

Na spracovanie úletov možno principiálne použiť tri hlavné skupiny metód: pyrometalurgické, hydrometalurgické a kombinované (pyro - hydrometalurgické). Niektoré existujúce technológie sú zobrazené na obr. 1.

Obr. 1. Technológie používané pri spracovaní úletov z elektrickej oblúkovej pece (6).



1.1. HYDROMETALURGICKÉ SPRACOVANIE:

Pri hydrometalurgickom spracovaní má podstatný význam operácia lúhovania. Optimálnu extrakciu kovu a potlačenie rozpustnosti nežiaducich zložiek môžeme dosiahnuť vhodným výberom lúhovacieho činidla. Pre lúhovanie oceliarenských úletov možno použiť širokú škálu metód: kyslé a alkalické lúhovanie, ktoré môže byť oxidačné aj neoxidačné. Zároveň lúhovanie môže prebiehať za normálnych podmienok teploty a tlaku, ako aj za zvýšeného tlaku.

V oceliarenských úletoch z EOP je zinok prítomný prevažne vo forme franklinitu: $ZnFe_2O_4$, ktorý je značne odolný voči lúhovaniu. Podľa toho, či sa úlet bude lúhovať v kyslom, alebo alkalickom médiu, bude železo buď prechádzať do roztoku, alebo sa bude správať inertne.

1.2. KYSLÉ LÚHOVANIE

Pre kyslé lúhovanie možno použiť viaceré kyseliny, napr. kyselinu octovú, kyselinu sírovú a pod. Kyslé lúhovanie je účinnejšie ako zásadité, ale do roztoku prechádza aj železo, čo spôsobuje problémy pri následnom spracovaní roztokov. Z ekonomických aj hygienických dôvodov je vhodné použitie kyseliny sírovej. Z praktických dôvodov je vhodné lúhovanie za normálnych podmienok pri čo možno najnižšej teplote a koncentrácii kyseliny, ktorá je dostatočná pre rozpustenie záujmového kovu (6). Lúhovanie v kyseline sírovej môžeme popísať nasledovnými rovnicami:

$$ZnO + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O \quad (1)$$

$$ZnFe_2O_4 + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2O + Fe_2O_3 \quad (2)$$

$$ZnFe_2O_4 + 4H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 4H_2O + Fe_2(SO_4)_3 \quad (3)$$

Výhodou kyslého lúhovania je možnosť používať zriedenejšie roztoky. Nevýhoda je ta, že do roztoku prechádza aj časť železa.

1.3. ALKALICKÉ LÚHOVANIE

Alkalické lúhovanie možno opísať rovnicami:

$$ZnO + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2O \quad (4)$$

$$ZnFe_2O_4 + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow Na_2ZnO_2 + 2Fe(OH)_3 \quad (5)$$

$$PbO + 2NaOH \rightarrow Na_2PbO_2 + H_2O \quad (6)$$

Ako vyplýva z chemizmu týchto reakcií, alkalické lúhovanie zabezpečí prevod neželezných kovov ako Zn a Pb do roztoku, pričom Fe ostáva v tuhej fáze, teda do roztoku neprechádza a ostáva v tuhom lúhovacom zvyšku. Pre tento spôsob je však nutné použiť pomerne koncentrované roztoky, čo spôsobuje technické problémy, a regenerácia takýchto roztokov je pomerne problematická, čo môžeme považovať za nevýhodu. Zinok vo franklinite sa lúhuje ťažko, avšak riešením by mohol byť medzistupeň termickej úpravy.

2. MIKROVLNNÉ ŽIARENIE

Medzi progresívne technológie, ktoré sa v posledných rokoch začali úspešne uplatňovať v rôznych priemyselných odvetviach, patria aj technológie využívajúce mikrovlnné žiarenie.

Významné je tiež ich použitie ako intenzifikačného činiteľa v rôznych technologických procesoch najmä v chemickom, potravinárskom a keramickom priemysle, chemických procesoch, v úpravníctve, pri sušení dreva, spracovaní plastov a skla, vulkanizácií gumy, tavení kovov, spracovaní uhlia, keramických materiálov a taktiež pri spracovaní odpadov Nezanedbateľné je aj využitie mikrovĺn na ohrev biologických materiálov v dnes už široko používaných mikrovlnných zariadeniach „mikrovlnkách", ktoré pracujú na frekvencii 2,45 GHz. Spomenuté možnosti využitia mikrovlnného žiarenia sú podmienené vlastnosťami ožarovaných látok (7).

Mikrovlnné žiarenie je elektromagnetické žiarenie ležiace vo frekvenčnom rozsahu 300 MHz - 300 GHz. V spodnom okraji pásmo susedí s FM rozhlasovým vysielaním, v hornej časti s infračervenou oblasťou. Vlnová dĺžka je v rozmedzí od 1 do 10^{-3} m.

Mikrovlnné žiarenie sa vyznačuje radom predností, ako sú:

- *veľmi vysoká rýchlosť ohrevu,*
- *ohrev sa realizuje v celom objeme bezkontaktným spôsobom,*
- *dobrá interakcia s izolantmi a zlá interakcia s mnohými neželeznými kovmi alebo plynnými produktmi,*
- *reakcie môžu prebiehať tiež za sucha alebo v hustej zmesi reagentu a lúhovadla,*
- *vyššie dosahované výťažnosti kovov pri lúhovaní,*
- *kratšie doby lúhovania pri porovnaní s konvenčným ohrevom za porovnateľnej výťažnosti,*
- *znížené náklady na spracovanie (8).*

Efektivita mikrovlnného ohrevu závisí od viacerých faktorov. Medzi najdôležitejšie patria:

- *schopnosť látky pohlcovať - absorbovať mikrovlnné žiarenie tg δ,*
- *frekvencia mikrovlnného žiarenia,*
- *elektrický výkon mikrovlnného žiarenia a*
- *hmotnosť vzorky (9).*

Na mikrovlnný ohrev sa z hľadiska konštrukcie najčastejšie využívajú dva typy mikrovlnných zariadení: s rozptýleným mikrovlnným žiarením a s usmerneným fokusovaným mikrovlnným žiarením, pričom hlavné konštrukčné prvky ostávajú rovnaké (9).

Schopnosť absorbovania mikrovlnného žiarenia je určená koeficientom rozptylu *tg δ*, pričom platí, čím je hodnota *tg δ* vyššia, tým je látka schopná pohltiť viac mikrovlnného žiarenia. Množstvo pohlteného žiarenia významne ovplyvňuje aj hmotnosť vzorky. Veľká hmotnosť vzorky a jej vysoká hodnota tg δ spôsobuje, že ohrev vzniká v celej hĺbke prenikania mikrovlnného žiarenia. Tieto poznatky by sa mohli využiť v praktickej aplikácii využitia mikrovlnného žiarenia pri lúhovaní pri zmene pomerov K:P a zmene koncentrácie lúhovacieho činidla.

Jednou z podmienok možnej aplikácie mikrovlnného žiarenia v procese spracovania úletov je veľkosť častíc kovov, ktorá nesmie prekročiť limitnú hodnotu 7000μm (10), a to z dôvodu interakcie mikrovĺn s kovom, čím by mohlo dôjsť technickým problémom. Skúmané oceliarenské úlety majú veľkosť zŕn pod 53 μm, čo naznačuje možnosť využitia mikrovlnného žiarenia aj v tejto oblasti.

2.1. ŠTÚDIUM LÚHOVANIA EOP ÚLETOV

Sedláková a kol. (11) sledovali lúhovanie zinku a železa z úletov z tavenia ocele v elektrickej oblúkovej peci (EOP) pochádzajúcich zo Železiarní Podbrezová, a.s., Slovensko, pri atmosférickom tlaku a teplotách do 100 °C v laboratórnych podmienkach pri lúhovaní vo vodnom roztoku H_2SO_4. Použili 400 ml vodného roztoku H_2SO_4 o koncentrácii 0,2 - 2 M pri 20 - 80 °C a pomere K:P rovnom 10, 15 a 30. V závislosti od teploty dosiahli výťažnosť 95 % Zn do roztoku pri použitých koncentráciách vyšších ako 1M H2SO4. Množstvo vylúhovaného železa závisí od teploty lúhovania, pričom so stúpajúcou koncentráciou stúpa aj množstvo vylúhovaného Fe. Optimálne podmienky pre odstránenie Zn z EOP prachu pri minimálnej extrakcii Fe sú T = 60 - 80 °C a c = 0,4M H_2SO_4.

Xia a Pickles (12) lúhovali úlety z EOP dvomi spôsobmi. Klasickým spôsobom lúhovali 7 g vzorky v 100 ml 6 M NaOH počas 30 min. pri teplote 90 °C a dosiahli 70 % výťažnosť Zn. Pri mikrovlnnom spôsobe lúhovali rmut o koncentrácii 180 g/l v 8 M NaOH a teplote blízkej bodu varu. Po 5 minútach dosiahli 80% výťažnosť Zn. Zistili, že so znižovaním pomeru K:P a zvyšovaním výkonu a koncentrácie NaOH sa zvyšuje aj výťažnosť Zn. Olovo je v úletoch prítomné vo forme oxidov, chloridov a síranov. Mikrovlnným lúhovaním sa zvýšila výťažnosť zinku do roztoku oproti klasickému lúhovaniu o 5 - 10%, čo je dôkazom rozpustenia časti zinkových feritov.

Langová a kol. (13) selektívne lúhovali Zn zo syntetického zinkového feritu a sušeného kalu z tandemovej pece v kyseline chlorovodíkovej 0,3 M. Klasickým spôsobom pri teplote 20°C za 7 dni dosiahli 90 % výťažnosť Zn a mikrovlnným spôsobom pri teplote 260°C dosiahli 99% výťažnosť Zn z kalu a 93 % Zn zo syntetického zinkového feritu za 100 min. pri teplote 260°C. V oboch prípadoch bol pomer K:P rovný 50.

Autori (14) lúhovali úlety z EOP v kyseline sírovej mikrovlnným spôsobom, pričom získali 92 % Zn použitím 0,3 M kyseliny pri teplote 260 °C za 100 min.

Dutra a kol. (15) lúhovali EOP úlety viacerými spôsobmi: klasicky, mikrovlnne, tlakovo a ultrazvukom. Pri klasickom lúhovaní po 4 hod. vylúhovali 74 % Zn pri koncentrácii 6 M NaOH. Pri tlakovom lúhovaní po dobu 30 až 60 min. pri koncentrácii 6 M NaOH a teplote 120°C bola výťažnosť Zn 55 %. Rtg analýza potvrdila prítomnosť franklinitu, magnetitu a kremeňa. Mikrovlnným ohrevom vzorky počas 2 min a následným klasickým lúhovaním pri teplote 90 °C v 6 M NaOH sa po 4 hod. získalo 60,4 % Zn.

Orhan (16) sa zaoberal lúhovaním a cementovaním ťažkých kovov z EOP úletov. Najlepšie výsledky sa dosiahli pri teplote 95°C po 120 minútach v 10 M NaOH a pomere P:K - 1/7, keď sa dosiahla výťažnosť Zn 85 % a Pb 90 %. Lúhovací zvyšok obsahoval 2,2 % Zn, 37 % Fe, 0,39 % Pb, zinkové ferity neboli rozpustené. Následne sa z roztoku vycementovali kovy.

Oustadakis a kol. (17) získavali Zn z EOP úletov lúhovaním zriedenou 3 N H_2SO_4. Po lúhovaní identifikoval prítomnosť oxidu zinočnatého, zinkitu ZnO, a zinkového feritu, franklinitu $ZnFe_2O_4$. Pri teplote 60°C a pomere P:K - 10% sa dosiahla 80% výťažnosť Zn a 45% Fe. ZnO sa úplne vylúhoval po 1,5 hod. franklinit a magnetit sa lúhoval obmedzene. Mineralogické zloženie lúhovaného zvyšku bolo bassanit ($CaSO_4.0.5H_2O$), anhydrit ($CaSO_4$) a anglezit ($PbSO_4$).

Z uvedeného vyplýva, že na spracovanie odpadov s obsahom zinku hydrometalurgickým spôsobom možno aplikovať kyslé aj zásadité a zároveň oxidačné aj neoxidačné postupy. V alkalickom prostredí prechádzajú do roztokov ťažké neželezné kovy a železo ostáva v tuhom zvyšku. Nevýhodou sú však nízke výťažnosti a nutnosť použitia koncentrovaných roztokov. V kyslých roztokoch sú výťažnosti vyššie, ale do roztokov prechádza aj železo, ktoré je následne potrebné z roztoku odstrániť. V tomto príspevku sa pozornosť venovala vplyvu mikrovlnného žiarenia v procese lúhovania kyslým aj oxidačným spôsobom. Ukazuje sa, že lúhovanie pomocou mikrovlnného žiarenia možno aplikovať tak za normálnych podmienok teploty a tlaku, ako aj pri zvýšenom tlaku. Zhrnutie študovaných metód lúhovania s využitím mikrovlnného žiarenia je zobrazené v tabuľke 1.

Tab. 1: Zhrnutie študovaných metód lúhovania s využitím mikrovlnného žiarenia.

Autori	Teplota [°C]		Výťažnosť Zn [%]		Doba lúhovania [min]		Druh lúhovacieho činidla	Skúmaný materiál
	Klasicky	*MVŽ*	*Klasicky*	*MVŽ*	*Klasicky*	*MVŽ*		
Xia a Pickles (12)	90	T_{var}	70	80	30	5	NaOH	EOP úlet
Langová a kol.[13]	20	260	90	99	7dni	100	HCl	TP sušený kal
Langová, Matýsek (14)	-	260	-	92	-	100	H_2SO_4	EOP úlet
Dutra a kol. (15)	90	90	74	60,4	240	2 MVŽ+ 240 klas	NaOH	EOP úlet
Orhan (16)	-	95	-	85	-	120	NaOH	EOP úlet
Oustadakis a kol. (17)	-	60	-	80	-	90	H_2SO_4	

ZÁVER

Z literárneho prehľadu vyplýva, že existuje možnosť aplikácie mikrovlnného žiarenia na spracovanie EOP úletov kyslým aj alkalickým spôsobom. Vplyvom mikrovlnného žiarenia v procese lúhovania došlo k rozpusteniu časti zinkových feritov, čo by mohlo byť spôsobené narušením vnútornej štruktúry mikrovlnným žiarením, avšak toto je nutné dokázať experimentálne, keď sa lúhovaný materiál podrobí štruktúrnej analýze.

V súčasnosti sa dôraz kladie na zhodnocovanie odpadov a na hľadanie nových zdrojov surovín. Mikrovlnné žiarenie môže byť jedným zo spôsobov zhodnocovania odpadov z výroby

železa a ocele v budúcnosti. Jednou z podmienok aplikácie mikrovlnného žiarenia v procese spracovania úletov je veľkosť častíc kovov, ktorá nesmie prekročiť limitnú hodnotu 7000µm. Skúmané oceliarenské úlety majú veľkosť zŕn pod 53 µm, čo naznačuje možnosť využitia mikrovlnného žiarenia aj v tejto oblasti.

Poďakovanie

Táto práca sa vykonala v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0123/11 a za jeho finančnej podpory, ako aj pri riešení projektu Centra excelentnosti v rámci operačného programu Výskum a vývoj, číslo ITMS 26220120017.

Microwave Treatment of Iron and Steelmaking Dusts - A Review

Martina Laubertová, František Kukurugya, Zuzana Hoang Trung, Tomáš Havlík

Technical Univerzity of Košice, Faculty of Metallurgy, Department of Non Ferrous Metalls and Waste Treatment. Letná 9, Košice, Slovensko

e-mail: martina.laubertova@tuke.sk

Summary

Microwave radiation has energy potential, which can by used in mineral processing and extractive pyrometallurgy and hydrometallurgy. The considerable advantages of microwave radiation can find transport microwave energy to the interior of the material and consecutive conversion to thermal energy. The time of heating is markedly shorter. The temperature of the interior of the material is much higher then the surface. This should by cause of change of material structure.

This article deals with possibilities of application of microwave energy in hydrometallurgical treatment of EAF dust from ferrous and steel making processes. This kind of waste can be straight recycled. The reason is the high content of heavy metals mainly zinc, cadmium, lead, which are technologically and environmental impossible. Researched EAF dust has grain size under 53 µm. This grain size of dust falls under merit limit where can be applied microwave energy on metals.

Key words: *EAF dust, microvawe energy, leaching, recycling, secondary raw material*

Literatúra

(1) Kursa, M., Imriš, I., Burkovič, R.: Chování neželezných kovůpři integrovaném zpracování odpadu s obsahem Fe, Zn a C.: Konference Metal 2005, 24.-26.2005, Hradec nad Moravici,str.1-19

(2) Vyhláška MŽP SR č. 284/2001 Z.z., ktorou sa ustanovuje Katalóg odpadov. Dostupné na internete: http://www.zbierka.sk/zz/predpisy/default.aspx?Text=284%2f2001 citované [25.4.2010]

(3) Z.z. č. 386/2009 ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 223/2001 Z. z. o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov o odpadoch. [online]. Dostupné na internete: <http://www.zbierka.sk/zz/predpisy/default.aspx?PredpisID=209209&FileName=zz2009-00386-0209209&Rocnk=2009&#xml=http://www.zbierka.sk/zz/predpisy/default.File=zz2009&Text=z%C3%A1kon+o+odpadoch> [citované 2010-5-15]

(4) Havlík, T.: Spracovanie a detoxikácia odpadov. Učebný text. Košice,september 1996 str.160

(5) Toman, V.: Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC): Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách při výrobě železa a oceli [online], 2000 [cit. 2004-04-04] <http://www.ippc.cz/soubory/hute/ocel.html>

(6) Sedláková, Z.: Hydrometalugické spracovanie oceliarenských úletov. Doktorandská dizertačná práca. Košice 2007.

(7) Laubertová M.: Aplikácia mikrovlnnej energie na lúhovanie neželezných kovov. Doktorandská dizertačná práca. Košice 2009, str.93

(8) Laubertová, M. Havlík, T, Hlucháňová, B.: Možnosti spracovania odpadov pomocou mikrovlnného žiarenia.Moderné trendy v spracovaní druhotných surovín neželezných kovov, Zbornik, Herľany,2008 str.67-71

(9) Krakovská E., Kuss H-M.: Rozklady v analytickej chémií, Súčasný stav a trendy. Vienala, Košice, 2001, ISBN 80-88922-48-8

(10) ChromSpec, spo. s.r.o.- Mikrovlnná technika. -súkromná informácia

(11) Sedláková, Z., Orač, D., Havlík, T.: Hydrometalurgické spracovanie úletov elektrickej oblúkovej pece Železiarne Podbrezová, a.s., Slovensko. Acta Metallurgica Slovaca,12, 2006, str.338-345

(12) Xia, D. K., Pickles, C. A. Microwave caustic leaching of elektric arc furnace dust. Minerals Enginiering, Vol.13, No 1, pp. 79-94, 2000

(13) Langová, Š., Leško, J., Matýsek, D. Ostrava. 2009. Selective leaching of zinc from zinc ferrite with hydrochloric acid. Hydrometallurgy 95 (2009) 179-182

(14) Langová, Š., Matýsek, D.: Zinc recovery from steel-making wastes by acid pressure leaching. Hydrometalurgy. In press.

(15) Dutra, A., Paiva, P., Tavares. L. Brazília. 2005. Alkaline leaching of zinc from electric arc furnace steel dust.

(16) Orhan, G. Turecko. 2005. Leaching and cementation of heavy metals from electric arc furnace dust in alkaline medium.

(17) Oustadakis, P., Tsakiridis, P., Katsiapi, A. Grécko. 2010. Hydrometallurgical process for zinc recovery from electric arc furnace dust (EAFD). Part I: Characterization and leaching by diluted sulphuric acid.