



**3. odborný seminár
"Materiálová recyklácia priemyselných odpadov"**

**ZBORNÍK
príspevkov z odborného seminára**

20. – 21. marca 2018
Hotel Stupka, Tále, Horná Lehota
Slovenská republika



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

**3. odborný seminár
"Materiálová recyklácia priemyselných odpadov"**

ZBORNÍK
príspevkov z odborného seminára

20. – 21. marca 2018
Hotel Stupka, Tále, Horná Lehota
Slovenská republika

© Copyright 2018

Editori: Martina Laubertová, Mária Heželová
Recezeni: prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc.
doc. Dr. Ing. Milan Škrobán, CSc.
Rok: 2018
Počet strán: 118
Vydavateľ: Technická univerzita v Košiciach
Vytlačené: Edičné stredisko FBERG TUKE
Vydanie: prvé
Náklad: 50 ks
ISBN: 978-80-553-2951-2

Vedecký výbor seminára:

- **prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc.** – riaditeľ URT, FMMR TUKE
- **prof. Ing. Ľudovít Parilák, CSc.** - riaditeľ ŽP VVC s.r.o.,
Podbrezová
- **prof. Ing. Andrea Miškufová, PhD.** –
vedúca Oddelenia spracovania odpadov URT FMMR TUKE

Organizačný výbor seminára:

- prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc. – predseda organizačného výboru
- doc. Ing. Dušan Oráč, PhD.
- doc. RNDr. Mária Heželová, PhD.
- Ing. Martina Laubertová, PhD.
- Ing. Jana Pirošková, PhD.
- Ing. Gréta Maruškinová

OBSAH

ÚVOD	9
TERMODYNAMICKÉ MODELOVANIE MECHANIZMU RECYKLAČNÉHO PROCESU SEKUNDÁRNYCH MATERIÁLOV NA BÁZE OLOVA <i>THERMODYNAMIC MODELING OF SECONDARY LEAD MATERIALS RECYCLING PROCESS MECHANISM</i>	
Nataša Gajić, Marija Korać, Željko Kamberović, Jarmila Trpčevská	11
LABORATÓRIUM SPRACOVANIA PRIEMYSELNÝCH ODPADOV – SÚČASNOSŤ A BUDÚCNOSŤ <i>LABORATORY OF INDUSTRIAL WASTE PROCESSING – PRESENT AND FUTURE</i>	
Tomáš Havlik, Ľudovít Parilák	16
ŠTÚDIUM ODSTRAŇOVANIA KONTAMINANTOV Z ODPADOVEJ VODY VZNIKAJÚCEJ PRI SPRACOVANÍ EOP ÚLETU <i>THE STUDY OF REMOVAL CONTAMINANTS FROM WASTEWATER PRODUCED DURING EAF DUST TREATMENT</i>	
Hedviga Horváthová, Andrea Miškufová, Tomáš Havlik	23
REGENERÁCIA LÚHOVACIEHO ČINIDLA Z HYDROMETALURGICKÉHO SPRACOVANIA ÚLETOV Z ELEKTRICKEJ OBLÚKOVEJ PECE <i>REGENERATION OF LEACHING SOLUTION FROM HYDROMETALLURGICAL TREATMENT OF THE ELECTRIC ARC FURNANCE DUST</i>	
Ján Jaščíšák, Silvia Ružičková, Vladislava Mičková	29
LÚHOVANIE KOVOV Z ÚLETU Z PYROMETALURGICKEJ RAFINÁCIE SEKUNDÁRNEJ MEDI <i>LEACHING METALS FROM PYROMETALLURGICAL REFINING DUST OF SECONDARY COPPER</i>	
Dušan Klein, Dušan Oráč, Jana Pirošková, Martina Laubertová	35
PREHĽAD MOŽNOSTÍ HYDROMETALURGICKÉHO SPRACOVANIA TROSIEK S OBSAHOM CHRÓMU <i>THE OVERVIEW OF POSSIBILITIES FOR HYDROMETALLURGICAL TREATMENT OF SLAGS CONTAINING CHROMIUM</i>	
Patrik Kuruc, Andrea Miškufová, Olívia Kačalová, Ján Máriássy	41
ZÍSKAVANIE OLOVA ZO ŠACHTOVÝCH ÚLETOV VZNIKAJÚCICH PRI VÝROBE SEKUNDÁRNEJ MEDI <i>TREATMENT OF COPPER SHAFT FURNACE DUST FOR LEAD RECOVERY</i>	
Martina Laubertová, Jana Pirošková, Andrea Miškufová, Dušan Oráč	47
VPLYV ŠROTU NA OBSAH ZINKU A ŽELEZA V ÚLETOCH Z ELEKTRICKEJ OBLÚKOVEJ PECE <i>INFLUENCE OF SCRAP ON CONTENT OF ZINC AND IRON IN ELECTRIC ARC FURNACE</i>	

**Gréta Maruškinová, Ľudovít Parilák, Vladimír Chomič, Stanislav Turňa,
Erika Nepšinská, Lenka Brižeková, Juraj Havran, Marcel Rončák53**

POTENCIÁL METALURGICKÝCH TROSIEK AKO SUROVINY PRE ZISK KOVOV

METALLURGICAL SLAGS - THE RAW MATERIAL FOR METALS RECOVERY

**Andrea Miškufová, Tomáš Havlik, Dagmar Remeteiová, Ondrej Kopča,
Patrik Kuruc.....60**

RAFINÁCIA VÝLUHOV PO ALKALICKOM LÚHOVANÍ EOP ÚLETOV

THE REFINING OF LEACHATE AFTER ALKALINE LEACHING EAF DUST

Jana Pirošková, Mária Heželová, Andrea Miškufová, Zita Takáčová70

**POUŽITIE CHEMICKÉHO ZRÁŽANIA A KOMBINOVANEJ IÓNOVEJ VÝMENY NA
ODSTRÁNENIE RIZIKOVÝCH IÓNOV Z VODNÉHO VÝLUHU ÚLETOV Z ELEKTRICKEJ
OBLÚKOVEJ PECE**

*UTILIZATION OF CHEMICAL PRECIPITATION AND COMBINED ION EXCHANGE FOR REMOVAL
OF RISK IONS FROM WATER LEACHATES OF THE ELECTRIC ARC FURNACE DUST*

**Dagmar Remeteiová, Silvia Ružičková, Vladislava Mičková, Andrea Miškufová
.....78**

PYROMETALURGICKÁ RECYKLÁCIA EOP ÚLETOV

PYROMETALLURGICAL RECYCLING OF EAF DUST

Jarmila Trpčevská, Jana Pirošková, Katarína Blašková, Nataša Gajjíc84

**FYZIKÁLNO-CHEMICKÉ PARAMETRE TROSKY Z EAF V PODMIENKACH ŽELEZIARNÍ
PODBREZOVÁ, a.s.**

*PHYSICO – CHEMICAL PARAMETERS OF EAF SLAG IN THE TERMS OF ŽELEZIARNE
PODBREZOVÁ, a.s.*

**Stanislav Turňa, Vladimír Chomič, Greta Maruškinová, Jozef Turis,
Erika Nepšinská, Lenka Brižeková, Ľudovít Parilák91**

RECYKLÁCIA EOP ÚLETOV - AKTUÁLNY STAV RIEŠENIA V PODMIENKACH

LABORATÓRIA SPRACOVANIA PRIEMYSELNÝCH ODPADOV

*RECYCLING OF EAF DUST – ACTUAL STATE OF THE TREATMENT UNDER THE CONDITIONS
IN LABORATORY OF PROCESSING INDUSTRIAL WASTES*

Tomáš Vindt, Lucia Zmijová, Dušan Klein, Ján Máriássy99

AKTUÁLNE RIEŠENÉ VEDECKO-TECHNICKÉ PROJEKTY107

ÚSTAV RECYKLAČNÝCH TECHNOLOGIÍ, FAKULTA MATERIÁLOV, METALURGIE

A RECYKLÁCIE, TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH.....112

FOND R. KAMMELA, N.F.....113

PARTNERI A SPONZORI114

Úvod

Ústav recyklačných technológií na Fakulte materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach rieši problematiku spracovania a recyklácie odpadov s cieľom materiálovej recyklácie jednotlivých zložiek v zmysle platnosti zákona NR SR č. 79/2015 Z.z. o odpadoch a strategických európskych dokumentov v oblasti kritických materiálov a kritických kovov.

Pozornosť sa zameriava najmä na odpady pochádzajúce z priemyselnej sféry, ako sú stery a trosky z výroby hliníka, zinku a iných neželezných kovov, úlety z výroby železa a ocele, úlety z pretavovania medi a pod..

Pre výskum a vývoj nových optimálnych technológií pre spracovanie odpadov je potrebná spolupráca medzi výskumnými inštitúciami a priemyselnými partnermi. Príkladom takejto spolupráce je aj *Laboratórium spracovania priemyselných odpadov (LSPO)*, ktoré vzniklo v spolupráci s Ústavom recyklačných technológií a ŽP Výskumno-vývojovým centrom s.r.o., Podbrezová.

V súčasnosti je táto spolupráca zameraná na vývoj komplexnej technológie pre spracovanie oceliarskych úletov.

Problematika recyklácie priemyselných odpadov s obsahom zinku, olova a cínu je aj náplňou výskumného projektu, ktorý je podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14-0591 a v súčasnosti sa nachádza v treťom roku riešenia.

Hlavným poslaním 3. ročníka odborného seminára "*Materiálová recyklácia priemyselných odpadov*" je výmena informácií a skúseností získaných v priebehu riešenia čiastkových úloh týchto projektov realizovaných medzi oboma pracoviskami.

Organizátori tak pokračujú v tradícii započatej medzi oboma inštitúciami a pevne veria, že sa bude každoročne rozvíjať a prehľbovať.

Hlavným poslaním tohtoročného seminára je priebeh a stav vývoja technológie pre spracovanie oceliarskych úletov, problematika recyklácie priemyselných odpadov s obsahom zinku, olova a cínu, vývoj chemických analytických metód pre materiálovú analýzu odpadov a v neposlednom rade aj priebeh problematiky vzniku odpadovej vody z hydrometalurgického spracovania EOP úletu a možností jej čistenia.

Martina Laubertová, Mária Heželová
členovia organizačného výboru

PYROMETALURGICKÁ RECYKLÁCIA EOP ÚLETOV

PYROMETALLURGICAL RECYCLING OF EAF DUST

Jarmila Trpčevská^{1)}, Jana Pirošková¹⁾, Katarína Blašková¹⁾,
Nataša Gajić²⁾*

*¹⁾ Technical University of Košice, Faculty of Materials, Metallurgy and Recycling,
Institute of Recycling Technologies, Letná 9, 042 00, Košice, Slovensko*

*²⁾ Innovation Center of the Faculty of Technology and Metallurgy, University of
Belgrade, Karnegijeva 4, 11120 Belgrade, Serbia*

**Corresponding author, e-mail: jarmila.trpcevska@tuke.sk, Tel.: +421 55 602 2409*

Abstrakt

Úlety z elektrickej oblúkovej pece (EOP) predstavujú dôležitý sekundárny zdroj viacerých kovov ako je zinok, olovo, železo, chróm a kadmium. Recyklácia EOP úletu je výhodná nie len z hľadiska jeho zvyšujúceho sa ekonomického potenciálu pri získavaní cenných kovov, ale aj z hľadiska riešenia skládkovania a environmentálnych problémov spojených s obsahom ťažkých kovov (olovo, chróm a kadmium). Existujúce i vyvíjajúce sa pyrometalurgické spôsoby sú primárnou voľbou pri spracovaní EOP úletov z dôvodu vysokého potenciálu získania kovov, jednoduchého spracovania zvyškov a relatívne krátkeho technologického priebehu. Príspevok je zameraný na opis jednotlivých pyrometalurgických procesov recyklácie EOP úletov.

Kľúčové slová: EOP úlet, pyrometalurgia, recyklácia

Abstract

Electric arc furnace (EAF) dust is an important secondary resource which contains multiple metallic elements, such as zinc, lead, iron, chromium and cadmium. Recycling of EAF dust is not only favorable to increasing economic potential of the dust by recovering these valuable metals, but also of benefit to solving disposal and environmental problems caused by the heavy metals (e.g., lead, chromium and cadmium) entrained in the dust. Among the existing processes and those under development, pyrometallurgical routes are considered the primary choice for processing of EAF dust because of its high potential metal recovery, easy treatment of residue and relatively short flow sheet. In this paper discussion of a variety of the pyrometallurgical processes for recycling of EAF dust is conducted.

Key words: EAF dust, pyrometallurgy, recycling

1 Úvod

Výroba surovej ocele je sprevádzaná vznikom veľkého množstva úletov/kalov, trosky, odpadovej vody a spalín, ktoré predstavujú hrozbu pre životné prostredie, a pre ľudské zdravie. Úlety z oceliarni sú dôležitým vedľajším produktom v oceliarskom priemysle. Pri výrobe 1 tony ocele v EOP vzniká 10 až 25 kg úletov. V roku 2014 celková produkcia EOP úletu dosiahla 8764 miliónov ton. Úlet obsahuje až do 40% zinku (typicky približne 20%) a 50% železa. Je tiež sprevádzaný množstvom škodlivých ťažkých kovov ako je Pb, Cr a Cd, a preto je kategorizovaný ako nebezpečný odpad. Ťažkosti sú aj s jeho skladovaním a prepravou. Skládkovanie ponúka jednoduché riešenie pre nakladanie s ním. Skládkovanie však spôsobuje akumuláciu ťažkých kovov v spodných vodách a v pôde vplyvom dažďov, zvyšuje sa nebezpečenstvo pre zvieratá, rastliny ako aj pre okolité prostredie človeka. Hodnotné prvky ako zinok a železo pritom zostanú nevyužitú [1].

Z ekonomického a environmentálneho hľadiska je preto vývoj vhodných spôsobov spracovania EOP úletov dôležitý. Spracovateľské metódy možno rozdeliť do troch kategórií: pyrometalurgické procesy, hydrometalurgické procesy a chemická stabilizácia/vitifikácia. Hoci hydrometalurgické procesy a metóda chemickej stabilizácie/vitifikácie sa vyznačujú relatívne nižšou spotrebou energie, pyrometalurgické procesy sú charakterizované vysokým potenciálom získania kovov, jednoduchým spracovaním zvyškov a krátkym technologickým postupom a sú považované za preferenčnú voľbu pri recyklácii EOP úletov [1-4, 12, 13].

EOP úlety vznikajú pre pretavovaní šrotu v EOP. Typ šrotu, ktorý sa pretavuje má podstatný vplyv na zloženie a vlastnosti úletov. Prevládajúcim prvkom v EOP úletoch je Zn, Fe a Ca, následne v menšom množstve je to Na, K, Mn a Si. Úlet tiež obsahuje nebezpečné Pb, Cr a Cd. Podľa obsahu zinku, môže byť rozdelený do 3 kategórií: s nízkym obsahom zinku (<4%), so stredným obsahom zinku (4 až 20%) a s vysokým obsahom zinku (>20%). Hlavnými fázami EOP úletov je zinkit (ZnO), franklinit (ZnFe₂O₄), hematit (Fe₂O₃), magnetit (Fe₃O₄), oxid vápenatý (CaO), kalcit (CaCO₃) a hedenbergit (CaFeSi₂O₆). Nebezpečné kovy ako je Pb a Cr sú prítomné vo forme oxidov (ceruzit a chromit). Veľkosť častíc sa pohybuje zvyčajne v rozsahu 0,1 až 100 μm [5].

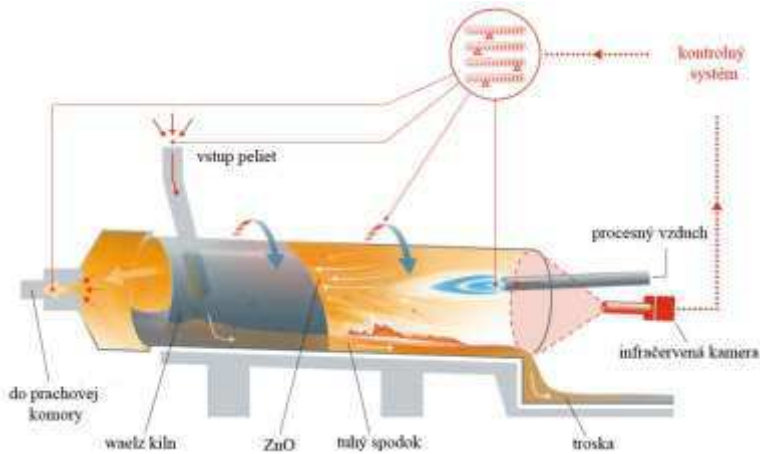
Príspevok je zameraný na opis štyroch priemyselne využívaných pyrometalurgických metód recyklácie EOP úletov. Pracovisko ÚRT FMMR TUKE sa venuje štúdiu hydrometalurgických spôsobov recyklácie EOP úletov [6-11].

2 Pyrometalurgické procesy recyklácie EOP úletov

2.1 Waelz kiln proces

Týmto spôsobom sa spracuje približne 75% z celkovo spracovaného množstva EOP úletov. Na Obr. 1 je zobrazená rotačná pec, v ktorej prebieha „Waelz kiln“

proces. Typická „Waelzkiln“ rotačná pec je 55 m dlhá, s priemerom 4 m a s miernym sklonom. Rotačná rýchlosť je 1 ot/min. Proces sa začína prípravou homogénnej zmesi EOP úletov, redukčného činidla a troskotvorných prísad vo forme peliet. Peletizovaný materiál postupuje do „Waelzkiln“ rotačnej pece na sušenie a predohrev protiprúdom pecných plynov. V reakčnej zóne sa oxidy kovov redukujú pri približne 1100-1200°C, pričom dochádza k odpareniu zinku, olova zo vsádzky vo forme kovových pár. Riadením prístupu vzduchu na výstupnom konci pece, Zn a Pb v plynnej fáze opäť oxidujú a vytvárajú Waelzove oxidy, zatiaľčo kovové železo vo vsádzke znovu oxiduje a vytvára vedľajší produkt nazývaný Waelzova troska.



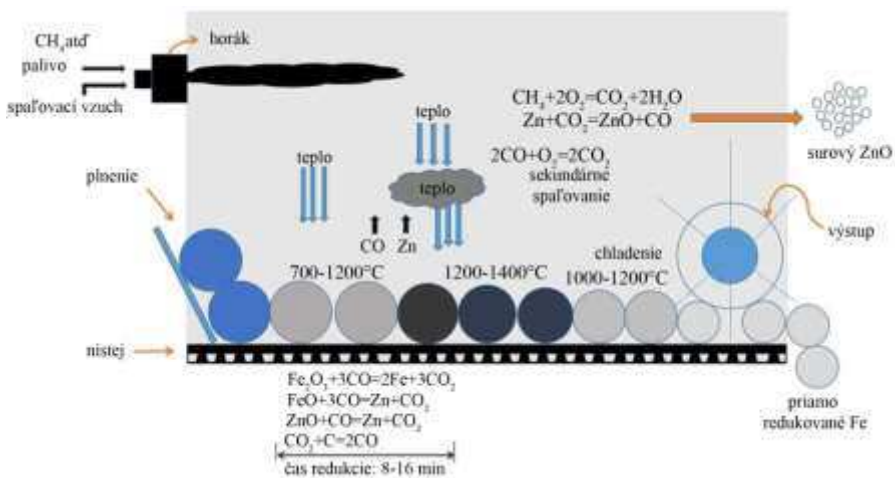
Obr.1: Rotačná pec „Waelzkiln“

Waelzkiln proces je považovaný za relatívne prepracovaný proces recyklácie EOP úletov, napriek niektorým nevýhodám. Hlavné nedostatky tohto procesu sú spojené so zostávajúcim obsahom zinku a olova v troske. Pretože hlavným cieľom procesu je získanie zinku, pre zabezpečenie ekonomickej stránky procesu by mal byť obsah zinku v úlete vyšší ako 16%. Vysoká energetická spotreba procesu je ďalší nedostatok procesu.

2.2 Proces s využitím pece s otočnou nistejou

Proces používaný na recykláciu úletov využívajúci pec s otočnou nistejou “rotary hearth furnace” (“RHF”) je založený na metóde priamej redukcie uhlím. Využíva sa v oceliarskom priemysle. Obr. 2 zobrazuje schému “RHF” procesu spracovania EOP úletov. V tomto procese sa zmes úletov, redukčného činidla a prísad peletizuje. Pelety postupujú do pohybujúcej sa pece s otočnou nistejou a ohrievajú sa na 1000°C v zóne ohrevu. Po vstupe do reakčnej zóny pece dochádza k priebehu mnohých vysokoteplotných chemických reakcií a celková teplota môže dosiahnuť až 1300°C. Počas procesu sa kovové oxidy redukujú na kovy. Zinok

a olovo sa oddeľujú z peliet v plynej forme a následne vstupujú do odsávacieho potrubia. Kovové pary oxidujú na oxid zinočnatý a na oxid olovantý, spolu s odpadovými plynmi sa zbierajú v prachovom kolektore vo forme sadze. V priebehu procesu dochádza k súčasnému odstráneniu chloridov alkalických kovov. Oxidy železa sa redukujú na priamo redukované železo (DRI) v silne redukčnej atmosfére. Tento proces je považovaný sa veľmi efektívny pri spracovaní EOP úletov obsahujúcich značné množstvá Fe, C, Zn, Pb a alkálii. Týmto procesom sa vyrobí produkt s vysokým obsahom Zn a priamo redukované železo namiesto trosky. Doposiaľ bol tento proces vhodný pre recykláciu EOP úletov s nízkym obsahom zinku (<5%). Táto technológia bola upravená na prekonanie operačných problémov spojených s nízkou pevnosťou peliet [12].

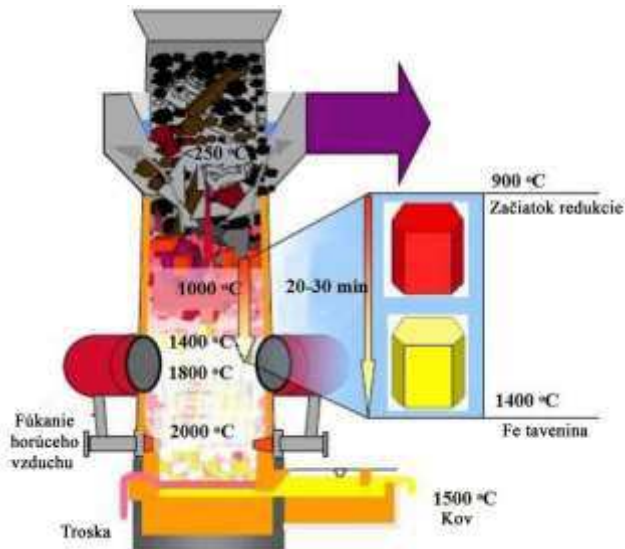


Obr. 2: Proces recyklácie EOP úletov s využitím pece s otočnou nistejou

2.3 Primus proces

Tento proces sa používa pre spracovanie úletov (jemne disperzných, neaglomerovaných) s obsahom zinku vyšším ako 5%. Pri spracovaní vzniká železo, ktoré má podobnú kvalitu ako z vysokej pece, ZnO koncentrát (s obsahom viac než 55% Zn) a inertná troska, ktorá môže byť využitá pri stavbe ciest. Tento proces je dvoj stupňový: sušenie/ohrev/predredukcia a konečná redukcia/natavenie. Využíva kaskádovú, resp. etážovú pec (Multiple Hearth Furnace “MHF”), (Obr. 3) a špeciálne navrhnutú elektrickú oblúkovú pec. V praxi sa zmes prachového uhlia a EOP úletov vsádza do najvrchnejšie etáže. Tie následne postupujú (prepadávajú sa) do nižších etáží. Teplota sa zvyšuje z teploty okolia až na 1100°C spaľovaním uhlia v horákoch a sekundárnym spaľovaním CO vytvoreným počas redukcie. Pri vysokých teplotách dochádza k redukcii Zn a Pb zlúčenín do ich kovovej formy, k ich odpareniu, reoxidácii pecnými plynmi, odstráneniu z pece cez výstupný otvor a zberu v systéme čistenia plynov (hadicové filtre). Zlúčeniny alkalických kovov sa odparujú a zbierajú. Zo spodku pece vystupuje priamo redukované železo

(20 až 30 min.). Pri teplotách nad 1450°C sa brikety úplne menia na pórovité železo, ktoré sa tavia spolu s kovovou vsádzkou. Roztavený kov obsahuje 4% C a z pece vystupuje kontinuálne pri 1500°C spolu s troskou. Zn zlúčeniny, ktoré sa vytvárajú v priebehu oxidácie odpareného zinku odchádzajú z pece ako úlet vo výstupných plynoch. Obsah zinku v úlete je v rozsahu 30 až 45%. Tento úlet sa ďalej spracováva. Oxycup proces sa vyznačuje vysokou produktivitou a flexibilitou. Umožňuje recyklovať takmer akékoľvek odpady na báze železa [13].



Obr. 4: Schéma procesu OXYCUP

3 Záver

EOP úlet je dôležitým sekundárnym zdrojom kovov. Recyklácia EOP úletov vhodnými postupmi prináša ekonomické a environmentálne výhody. V príspevku boli charakterizované vybrané procesy využívané pri recyklácii EOP úletov, a to: Waelzov proces, Proces s využitím pece s otočnou nistejou, Primus proces a Oxycup proces. Ďalšie procesy, ktoré našli uplatnenie v praxi pri recyklácii EOP úletov sú: Proces s koksovým lôžkom, Ausmelt proces, Plasma-arc proces, PIZO proces a ďalšie.

Waelz kiln proces je hlavným procesom, ktorý sa využíva pri recyklácii EOP úletov, avšak má aj nedostatky ako je vysoká spotreba energie a vznik odpadu s obsahom železa. Proces s použitím pece s otočnou nistejou je ďalší relatívne prepracovaný prístup pri spracovaní EOP úletov, ktorého výstupom je oxid zinočnatý a priamo redukované železo. Je však vhodný pre spracovanie úletov s nízkym obsahom zinku.

Pod'akovanie

Táto práca vznikla v rámci riešenia grantu VEGA MŠ SR 1/0442/17.

Literatúra

- [1] Lin X. et al.: Pyrometallurgical recycling of electric arc furnace dust. *Journal of Cleaner Production* 19(2017), 1079-1100
- [2] Fedorko G. et. al.: Compaction of fly dusts from cupola and electric arc furnace. *Metalurgija* 51(2012), 63- 66
- [3] Mager K. et al.: Recovery of zinc oxide from secondary raw materials: new Developments of the Waelz process. *Proceedings of Recycling of Metals and Engineered Materials* (2000), 329-344
- [4] Nolasco-Sobrinho P.J., Espinosa D.C.R., Tenorio J.A.S.: Characterization of dusts and sludges generated during stainless steel production in Brazilian industries. *Ironmak. Steelmak* 30(2003), 11- 17
- [5] Ranitović M. et al.: Investigation of possibility for stabilization and Valorization of electric arc furnace dust and glass from electronic waste. *Sci. Sinter.* 46(2014), 83- 93
- [6] Hlucháňová B., Laubertová M.: Utilization of microwave energy in industry – short review. *14th International Students' Day of Metallurgy : Clausthal, Nemecko, 22.-24.3.2007. - Krumbach : FrickDigitaldruck, (2007), 256-260*
- [7] Laubertová M., Havlík T., Vindt, T.: Microwave leaching of steelmaking dust. *Kammel 's QuoVadis Hydrometallurgy 6 : 6th international conference : 4.-7. June 2012, Herľany, Košice. - Košice : TU, (2012) s. 113-121*
- [8] Maruškinová G. et al.: Material recycling of EAF steelmaking. *The Publications of the MultiScience, 28. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference: 10-11. April 2014, Miskolc, (2014), p. 1-6*
- [9] Maruškinová G.: Možnosti recyklácie zinku a jeho zlúčenín z oceliarskych úletov. *Metalurgia Junior 2014 : zborník prednášok z konferencie: 21.-22. Máj 2014, Košice: TU, (2014) s. 17-21*
- [10] Maruškinová G. et al.: Hydrometallurgické spracovanie oceliarskych úletov alkalickým lúhovaním v uhličitanom amónnom, In: *Technológie recyklácie druhotných surovín. - Košice : TU, (2015), s. 69-78.*
- [11] Laubertová M., Kuboň Z., Charwot P.: *Vzorkovanie v hutníctve. Vzorkování 4: priemysl, Český Těšín : Václav Helán-2 Theta, (2017), s. 83-122*
- [12] Jaščišák J. et al.: Hydrometallurgical Processing of Blast Furnace Flue Dust Containing Zinc. *Metal 2015. - Ostrava: Tanger, (2015), p. 1-5*
- [12] Oda H., Takanashi M., Ibaraki T.: *Dust Recycling Technology by the Rotary Hearth Furnace. Nippon Steel Technical Report 86, July (2002), p. 30-34*
- [13] Holtzer M., Kmita A., Rocznik A.: The recycling of materials containing iron and zinc in the OxyCup process. *Arch. Foundry Eng.* 15(2015), 126-130