

4. odborný seminár
"Materiálová recyklácia priemyselných odpadov 2019"

ZBORNÍK
príspevkov z odborného seminára

09. – 10. apríl 2019
Hotel Stupka, Tále, Horná Lehota
Slovenská republika



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA

4. odborný seminár
"Materiálová recyklácia priemyselných odpadov 2019"

ZBORNÍK
príspevkov z odborného seminára

09. – 10. apríl 2019
Hotel Stupka, Tále, Horná Lehota
Slovenská republika

© Copyright 2019

NÁZOV: **4. odborný seminár "Materiálová recyklácia priemyselných odpadov 2019"**

AUTORI: **Martina Laubertová, Dušan Klein**

VYDAVATEĽ: **Technická univerzita v Košiciach**

ROK: **2019**

VYDANIE: **prvé**

NÁKLAD: **50 ks**

ROZSAH: **80 strán**

ISBN: **978-80-553-3061-7**

Recezenti: prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc.
doc. Dr. Ing. Milan Škrobian, CSc.

Recenzia textov v zborníku: Texty boli recenzované dvomi recenzentmi. Za odbornú textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

Vedecký výbor odborného seminára:

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

Organizačný výbor odborného seminára:

- prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc. - predseda organizačného výboru
- doc. Ing. Dušan Oráč, PhD.
- Ing. Gréta Maruškinová, PhD.
- Ing. Martina Laubertová, PhD.
- Ing. Dušan Klein

OBSAH

ÚVOD	9
LABORATORY OF PROCESSING INDUSTRIAL WASTE - RESEARCH ON EAF DUSTS RECYCLING	
<i>LABORATÓRIUM SPRACOVANIA PRIEMYSELNÝCH ODPADOV – CHRONOLÓGIA VÝSKUMU V OBLASTI SPRACOVANIA EOP ÚLETOV</i>	
Tomáš Vindt, Tomáš Havlik, Gréta Maruškinová, Ľudovít Parilák	11
STEELMAKING SLAGS AS RESOURCE OF SECONDARY METALS	
<i>OCELIARENSKÉ TROSKY AKO ZDROJ DRUHOTNÝCH KOVOV</i>	
Tomáš Havlik.....	17
PRODUCTION AND PROCESSING OF TROSES FROM STEEL PRODUCTION IN ŽP a.s.	
<i>TVORBA A SPRACOVANIE TROSIEK Z VÝROBY OCELE V ŽP a.s.</i>	
Stanislav Turňa, Ľudovít Parilák, Vladimír Chomič.....	23
SAMPLING AND CHEMICAL COMPOSITION OF EAF DUST IN THE PERIOD OF SOLVING PROBLEM WHICH DEALS WITH HYDROMETALLURGICAL TREATMENT OF EAF DUST	
<i>VZORKOVANIE A CHEMICKÉ ZLOŽENIE EOP ÚLETOV V OBDOBÍ RIEŠENIA PROBLEMATIKY ICH HYDROMETALLURGICKÉHO SPRACOVANIA</i>	
Gréta Maruškinová, Vladimír Chomič, Stanislav Turňa, Ľudovít Parilák, Martina Laubertová	29
CHARACTERIZATION OF SLUDGE FROM TINNING PROCESS	
<i>ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA KALU Z PROCESU POCÍNOVANIA</i>	
Ivana Urban Kobialková, Jana Pirošková, Dušan Oráč, Dušan Klein, Tomáš Havlik, Jakub Klimko ...	34
ARSENIC IN INDUSTRIAL WASTES	
<i>ARZÉN V PRIEMYSELNÝCH ODPADOCH</i>	
Róberta Slezáková, Andrea Miškufová, Anna Kochmanová.....	41
LEAD RECOVERY IN THE PROCESS OF DUST TREATMENT	
<i>OLOVO A JEHO ZÍSKAVANIE V PROČESE SPRACOVANIA ÚLETOV</i>	
Martina Laubertová, Róbert Čech, Jana Pirošková, Dušan Oráč	48
VANADIUM LEACHING FROM SLAGS	
<i>LÚHOVANIE VANÁDU Z TROSIEK</i>	
Andrea Miškufová, Tomáš Havlik, Jana Pirošková, Pavol Liptai, Róberta Slezáková, Patrik Kuruc	55
THE STUDY OF TREATING LIQUID WASTE PRODUCED IN PROCESS OF EAF DUST RECYCLING	
<i>ŠTÚDIUM ČISTENIA KVAPALNÉHO ODPADU PRODUKOVANÉHO V PROČESE SPRACOVANIA EOP ÚLETU</i>	
Hedviga Horváthová, Andrea Miškufová, Dagmar Remeteiová, Tomáš Havlik	59
TREATMENT OF THE SOLUTION AFTER LEACHING DUST FROM THE PYROMETALLURGICAL REFINING COPPER	
<i>ÚPRAVA ROZTOKU PO LÚHOVANÍ ÚLETOV Z PYROMETALLURGICKEJ RAFINÁCIE MEDI</i>	
Dušan Klein, Dušan Oráč, Jana Pirošková, Martina Laubertová, Jakub Klimko	65
AKTUÁLNE RIEŠENÉ VEDECKO – TECHNICKÉ PROJEKTY	
PARTNERI A SPONZORI	70
	78

VANADIUM LEACHING FROM SLAGS

LÚHOVANIE VANÁDU Z TROSIEK

* Andrea Miškufová¹⁾, Tomáš Havlik¹⁾, Jana Pirošková¹⁾, Pavol Liptai¹⁾, Róberta Slezáková¹⁾, Patrik Kuruc¹⁾

¹⁾Technical university of Košice, Faculty of Materials, Metallurgy and Recycling. Institute of Recycling Technologies, Letná 9, 042 00 Košice, Slovakia

*Corresponding author: e-mail: andrea.miskufova@tuke.sk, Phone: +421 55 6022400

Abstract

The paper describes vanadium leaching from steelmaking and ferrochromium slags in alkaline media. Although, the content of vanadium in mentioned slags is relatively low (~ 1 - 6 %), its effective recovery as a critical raw material for EU is highly demanding. In the experimental part of this work the slags from EAF, stainless steel and FeCr production with vanadium content up to 0.07 % have been used. The leachability of vanadium from three different type of slags in alkaline solutions (NaOH, KOH, Na₂CO₃) under oxidizing (O₃) and non-oxidizing conditions at room temperature was tested. The results showed that vanadium is only slightly leached from EAF and FeCr slags in NaOH and KOH (up to ~ 3 %). The highest leaching efficiency ~ 19 % for vanadium was achieved from EAF slag using ozone after one hour and the most suitable leaching media appeared 2 M Na₂CO₃ with O₃ flow rate 8 g O₃.h⁻¹. This work was realized with the support of Horizon 2020 project (CHROMIC) under Grant Agreement No. 730 471.

Keywords: vanadium, alkaline leaching, ozone, steel slag, ferrochromium slag

Abstrakt

Predkladaný príspevok popisuje možnosti lúhovania vanádu z trosiek z výroby ocele a ferochrómu. Obsah vanádu v týchto troskách je relatívne nízky (do cca 1 %), avšak pri vysokolegovaných oceliach môže tvoriť až 6 %. V experimentálnych vzorkách trosiek (EOP, FeCr a nehrdzavejúcej ocele) bol obsah V do 0,07 %. Výsledky lúhovania trosiek (oxidačné/neoxidačné) ukázali, že V sa z trosiek v prostredí NaOH, KOH lúhuje len nepatrne pri teplote okolia. Pôsobením plynného ozónu sa výťažnosť V zvýšila, avšak najvyššia výťažnosť V (~ 19 %) sa dosiahla len pri troske EOP v prostredí Na₂CO₃ a prietoku ozónu 8 g/hod. Práca vznikla v rámci riešenia medzinárodného projektu Horizon 2020 (CHROMIC), podporeného grantom č. 730 471.

Kľúčové slová: vanád, alkalické lúhovanie, ozón, oceliarská troska, FeCr troska

1. Introduction

Vanadium consumption in the iron and steel industry represents about 85% of the vanadium-bearing products produced worldwide. Vanadium is used as alloy together with Fe, Ti, Ni, Al, Cr and other metals for many applications (train rails, tool steels, catalysts, aerospace etc.). Slags from the ferrous industry are a major source of vanadium supply. Some portion of vanadium is associated within the aluminium primary production. China, South Africa, and Russia are the largest world producers of ferrovanadium and its oxides and Australia seems to be the major player in V production in the near future [1]. The content of vanadium in metallurgical (steel and ferroalloy production) slags vary from 0.02 to around 6 % [2]. However, since the majority of slags ends usually in civil engineering, cement industry and similar applications, vanadium is dissipated and its value and potential for recovery is practically lost. Vanadium-bearing materials could be treated by means of two main processes such as calcium reduction or roast/leach together with solvent extraction and ion exchange techniques to recover vanadium either as metal, ferrovanadium, vanadium pentoxide, or in the form of various chemicals. The aim of this work is

to present the results for non-conventional leaching process of vanadium from different metallurgical slags using ozone as an oxidant.

2.Experimental

2.1Materials and methods

For leaching experiments three different slag from steel production in EAF carbon steel slag (sample CHR1), from ferrochromium production (sample CHR2) and from stainless steel (sample CHR3) were used, Fig.1. The chemical composition of slags by using of atomic absorption spectrometry (HR-CS FAAS ContrAA 700, Analytik Jena AG, Germany) is given in Tab.1. The content of V is generally low, but the highest content was in EAF slag sample. The diffraction phase analysis (XRD) was realized by powder diffractometer Panalytical Xpert PRO with using software HighScore Plus. In EAF slag the dominant phases were FeO, gehlenit, calcium silicate (Ca_2SiO_4), magnetite and magnesioferrite. Cr was identified as FeCr_2O_4 (chromite) and Ca is present also in calcite CaCO_3 , or calcium aluminate. In FeCr slag the phases indentified were mainly based on calcium and magnesium $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, merwinite, bredigite, periclase, gehlenite and spinel. Cr was identified in complex spinels (magnesiochromite or spinel). The other possible Cr phase could be also $\text{CrPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Stainless steel slag contained merwinite, $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, gehlenite, CaCO_3 , $\text{Ca}_4\text{Si}_2\text{O}_7\text{F}_2$ (cuspidine) and $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ – maghemite. Vanadium was not identified in slags by XRD, but V could be bound together with iron or magnesium as vanadate phases.

Slags have been ground in vibration disc laboratory mill and the sieved fraction -125 + 90 mm was used for leaching. Leaching was conducted in apparatus containing glass reactor, which was connected in bottom part with ozone generator (FQ-008/15) by silicone pipe. For ozone production the pure oxygen (flow rate 250 l/hr) with maximum ozone flow rate 8 g of O_3 per hour was used. For leaching experiments 200 ml of solutions (2 M NaOH, 2 M KOH and 2 M Na_2CO_3) was used. The leaching experiments were conducted with and without oxidizing agent – ozone at the temperature of 20 °C for 1 hour. The ozone gas was blown into the reactor and dispersed in the solution by means of the glass frit. Since the leaching solution was poured into the reactor, slag sample of 10 g was introduced and the suspenzion was then stirred with magnetic stirrer (500 rpm). During the experiments, the liquid samples were withdrawn for metal analysis by atomic absorption spectrometry (HR-CS FAAS (ContrAA 700, Analytik Jena AG, Nemecko). After the chosen reaction time, the pulp was filtered and the leaching residue was analyzed by X-ray diffraction phase analysis (Panalytical Xpert Pro). By realized experiments, the influence of leaching medium, ozone concentration and reaction time on V concentration in individual leaching solution (and efficiency) was monitored and compared.

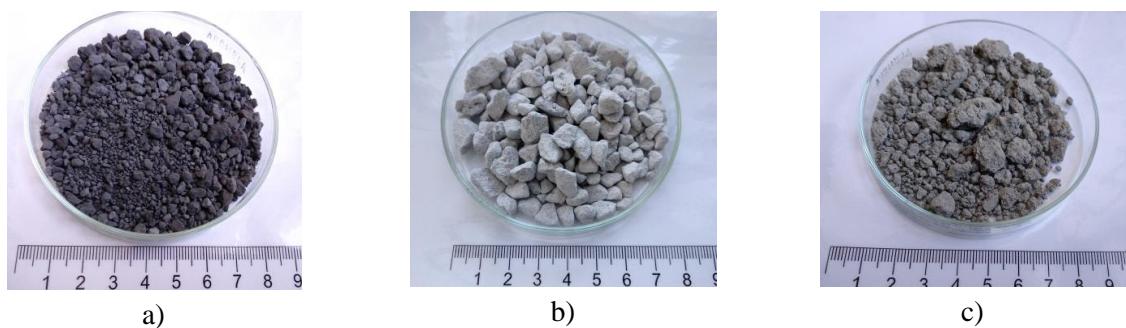


Fig.1: Slag sample: a) EAF carbon steel slag (CHR1); b) FeCr slag (CHR2);
c) Stainless steel slag (CHR3)

Tab.1: Chemical composition of experimental slag samples

	Cr	V	Fe	Mg	Ca	Al	Si
EAF CS slag (CHR1)	2.85	0.0717	31.82	1.4	17.37	4.24	4.54
FeCr slag (CHR2)	3.64	0.016	0.428	3.89	31.9	2.29	13.49
SS slag (CHR3)	2.22	0.0493	0.68	2.66	30.62	1.19	11.58

3. Results and discussion

In Fig.2 is shown the comparison of V leaching results for three different slags in alkaline media (2 M NaOH, KOH, Na₂CO₃) in the presence of ozone or without it.

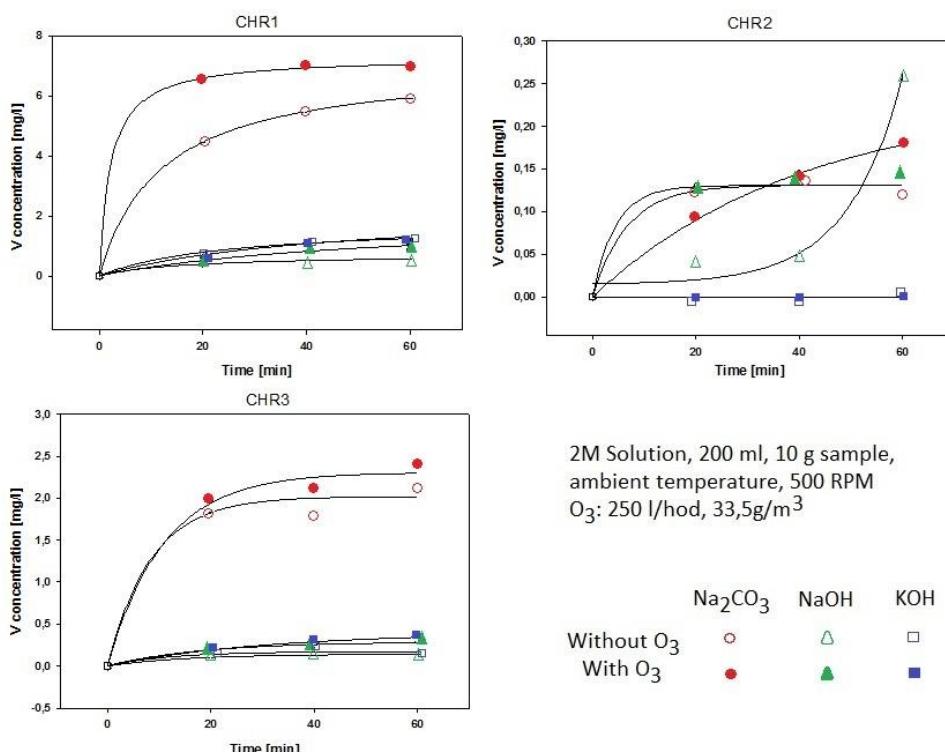
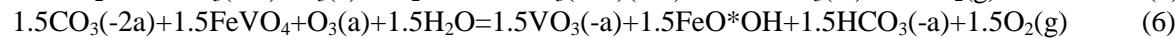
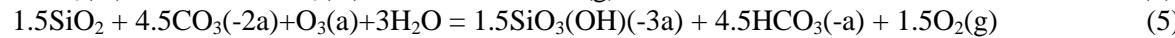
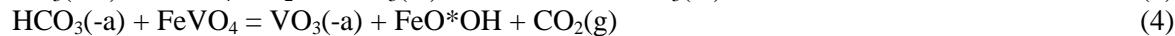
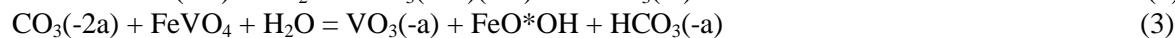
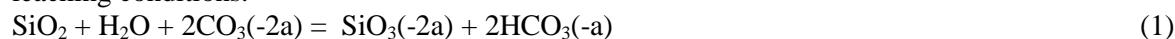


Fig. 2: Leachability of V from slag samples in NaOH, KOH and Na₂CO₃ at 20 °C and ozone flow rate 8g/hr

From the results shown in Fig.2 followed that V is practically not leached from FeCr and stainless steel slags in NaOH and KOH solutions. On the other hand, sodium carbonate appeared to be a quite efficient medium for V releasing mainly from EAF or SS slag. The maximum V yield 19 % was obtained using EAF slag after 1 hour in 2 M sodium carbonate solution with ozone. In the presence of ozone V leaching efficiency was higher for about 3 % in comparison to leaching efficiency obtained under similar conditions without ozone for EAF slag. From FeCr slag V was leached up to 3 % and from SS slag up to 10 % by use of ozone. The efficiency of process is still quite low, but promising and the research in this respect will continue. However, the problematic point in the case of sodium carbonate could be Si leaching in higher extent. Si from SiO₂ or silicate is probably leached by Na₂CO₃ (reaction 1 and 2) phases and V from potential phase like for example iron vanadate (FeVO₄), could be also leached by

carbonate/bicarbonate species as follows from reactions 3 and 4 [3-4]. Reaction 5 and 6 with ozone included in the leaching system are more thermodynamically feasible when compared to non-oxidizing leaching conditions.



4. Conclusion

The problematic aspect in V leaching from slags even by use of a strong oxidant (ozone) is extremely stable structure of substances in which V is bound in slags. For example high intensive grinding was not efficient enough yet, only high temperature fusing/melting or microwave digestion with alkaline substances up to date. Since vanadium leaching using Na_2CO_3 with ozone runs even at the room temperature for EAF slag (~ 20 % after 1 hour), the process could be prospective from economical point of view and more advantageous toward other methods (roasting/leaching etc.) when a higher leaching efficiency will be possible to obtain for vanadium. The low temperature is important at ozone leaching due to better solubility of ozone at low temperature. The aim of further work will be the study of influence of leaching time, temperature, concentration of ozone or slag sample pretreatment on V and Si leaching efficiency. The goal is to find the way how to more effectively "release" V from mineral structures of slag matrix and selectively recover without Si excessive leaching and other metals present in slags. The slag matrix (based on Ca, Si, Fe, Mg, Al oxides) should be as much as possible un-touched by leaching process and could serve then as full-valued construction material.

Acknowledgement

This project received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and innovation program under Grant Agreement n° 730471. The authors wish to thank all project partners for their contribution: VITO, MEAM, Electrowerk Weisweiler, Orbix, Formicablu, ARCHE, HZDR, BFI, FehS, BRGM (more information on www.chromic.eu).

References

- [1] Moskalyk, R.R., Alfantazi A.M.: Processing of vanadium: a review, Minerals Engineering, Volume 16, Issue 9, September 2003, P. 793-805, Available at: [https://doi.org/10.1016/S0892-6875\(03\)00213-9](https://doi.org/10.1016/S0892-6875(03)00213-9)
- [2] Miškufová A, Havlík T., Remeteiová D., Kopča O., Kuruc P.: Metallurgical slags-the raw material for metals recovery, Materiálová recyklácia odpadov, 20-21.3.2018, Tále, Horná Lehota, Slovakia, ISBN 978-80-553-2951-2
- [3] Gupta, C. K., Mukherjee T. K.: Hydrometallurgy in Extraction Processes, CRC Press, 1990, ISBN 9780203751404
- [4] Roine A.: HSC Chemistry 6.1, Outotec Research Oy, Pori, Finland, 2007

**Ústav recyklačných technológií, Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie,
Technická univerzita v Košiciach**



Ústav recyklačných technológií (URT) Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie Technickej univerzity v Košiciach započal svoju činnosť 01.02.2016 a bol zriadený v rámci zmeny organizačnej štruktúry vtedajšej Hutníckej fakulty spojením pôvodných katedier – **Katedry neželezných kovov a spracovania odpadov** a **Katedry chémie**. Poslaním URT je pokračovať v doterajších pedagogických a vedecko-výskumných aktivitách, skvalitniť ich, rozvíjať ich a napredovať s cieľom dosiahnuť trvalo udržateľný rozvoj v danej oblasti v súlade s legislatívnymi a environmentálnymi požiadavkami súčasnej doby.

Ústav rieši problematiku spracovania a recyklácie odpadov s cieľom materiálovej recyklácie jednotlivých zložiek v zmysle platnosti **záákona NR SR č. 79/2015 Z.z. o odpadoch**, a strategických európskych dokumentov v oblasti kritických materiálov a kritických kovov. Pozornosť sa zameriava 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 iné, a zároveň aj na spracovanie komunálnych odpadov a ich separovaných zložiek, najmä s obsahom kovov. Rieši sa materiálová recyklácia odpadu elektrických a elektronických zariadení, použitých batérií a akumulátorov a podobne.

Ústav sa člení do troch oddelení:

1. Oddelenie spracovania odpadov
2. Oddelenie environmentálnej analýzy
3. Oddelenie prevádzky

V súčasnosti Ústav recyklačných technológií (URT) garantuje študijný program: **Spracovanie a recyklácia odpadov** v študijnom odbore **4.3.2 Environmentálne inžinierstvo** vo šetkých troch stupňoch vzdelávania a zároveň má práva na udeľovanie vedecko-pedagogických hodností docent a profesor.

URT v rámci programu ERASMUS+ realizuje v pedagogickej oblasti spoluprácu s: RWTH Aachen, Nemecko, Aalto University School of Science and Technology, Fínsko; Univerzita degli Studi di L'Aquila, Taliansko; National Technical University of Athens, Grécko; Polytechnio Kristis, Kréta, Grécko, University of Birmingham, Anglicko; Jagellonian University, Poľsko.

Kontakt:

Riaditeľ ústavu: prof. Ing. Tomáš Havlik, DrSc.

Tel: +421 055 602 24 28

E-mail: tomas.havlik@tuke.sk

Fond R. Kammela, n.f.



Fond R. Kammela, n.f. bol založený na pôde Hutníckej fakulty TU v Košiciach v januári 2003 transformáciou z Nadácie R. Kammela ktorá bola založená v roku 1996 v spolupráci s viacerými subjektmi Spolkovej republiky Nemecko. Je zriadený na všeobecne prospéšné ciele, najmä za účelom rozvoja vzdelávacieho procesu a vedecko –výskumnej činnosti Fakulty materiálov, metalurgie a recyklácie (FMMR) TU v Košiciach. Fond poskytuje finančnú alebo materiálnu podporu poslucháčom graduálneho a postgraduálneho štúdia prostredníctvom priamych mesačných alebo jednorázových príspevkov na podporu štúdia a vedeckej činnosti, ďalej jednorázových príspevkov na študentské akcie, oceňovanie výsledkov študentskej vedeckej činnosti, koncových prémii pri ukončení štúdia, ocenenie obzvlášť významných výsledkov a podobne. Ďalšou formou činnosti fondu je podpora činnosti poslucháčov graduálneho a postgraduálneho štúdia FMMR TU Košice, prostredníctvom príspevkov na pedagogický proces. Všetci záujemci sa môžu uchádzať o získanie príspevku Fondu R. Kammela, n.f. priebežne cestou konkurenčného pokračovania. Bližšie informácie získate na kontaktnej adrese. Všetky formy príspevkov do nadácie, či už finančné, alebo materiálne sú predmetom individuálnej zmluvy so špecifikovanými podmienkami. Bližšie informácie o formách podpory nadácie získate tak isto na kontaktnej adrese. Ďalšou možnosťou ako prispieť do fondu je tradičnou každoročnou formou poukázavania prostriedkov prostredníctvom 2 % z dane.

Fond R. Kammela, n.f.

Technická univerzita v Košiciach
Letná 9/A
042 00 Košice
Slovensko

E – mail: tomas.havlik@tuke.sk
Tel.: +421 55 602 24 28

Laboratórium spracovania priemyselných odpadov (LSPO)



Laboratórium spracovania priemyselných odpadov (LSPO) vzniklo v roku 2013 ako výsledok spolupráce medzi Ústavom recyklačných technológií (vtedajšia Katedra neželeznych kovov a spracovania odpadov) a ŽP Výskumno-vývojovým centrom s.r.o., v oblasti recyklácie EOP úletov. LSPO možno označiť za unikátny projekt nielen v rámci Slovenska ale aj EÚ (cena odpadového hospodárstva SR Zlatý mravec 2013 v kategórii Inovatívne riešenie), ktoré disponuje špičkovými analytickými prístrojmi a materiálovým vybavením pre potreby laboratórneho výskumu a najmä aplikovaného výskumu. Súčasťou vybavenia pre potreby aplikovaného výskumu je pilotné poloprevádzkové zariadenie na hydrometalurgické spracovanie EOP úletov. Výstupy realizovaných výskumných úloh boli publikované v zahraničných a domácich odborných časopisoch (publikácie aj v časopisoch s indexom Current Contents a v časopisoch v databáze SCOPUS). Výsledky experimentov v oblasti spracovania priemyselných odpadov boli tiež prezentované na domácich a zahraničných medzinárodných odborných konferenciach a seminároch. Rovnako je potrebné uviesť aj spoluprácu na poli ľudských zdrojov ako je výchova kvalifikovaných odborníkov pre ŽP a.s. (obhájené dizertačné práce, diplomové a bakalárske práce).

LSPO ponúka spoluprácu najmä v oblasti spracovania priemyselných odpadov, konkrétnie:

- testovanie postupov a technológií spracovania alebo úpravy kovových a kovonosných odpadov
- navrhovanie "procesov na mieru" pre zákazníka
- prehľadové výskumné štúdie v oblasti nakladania s odpadmi
- identifikáciu a charakterizáciu odpadov
- chemickú analýzu prvkov v odpade
- iné podľa dohody

www.lspo.sk

ŽP Výskumno-vývojové centrum s.r.o.



ŽP Výskumno-vývojové
centrum s.r.o.

Spoločnosť bola založená ŽP a.s. dňa 1.8.2008.

Nadväzuje na výskumno-vývojovú činnosť, ktorej bola v podniku ŽP a.s. vždy venovaná veľká pozornosť. V predošлом období bol výskum a vývoj koordinovaný výrobným a technickým riaditeľom a príslušné útvary boli na úrovni výskumu a vývoja,

prípadne technického vývoja. Dosiahnuté výsledky sa premietli priamo do kvality a výrobných inovácií, vrátane investičného rozvoja ŽP a.s.. Vytvorením dcérskej spoločnosti ŽP VVC s.r.o. je zámer profesionalizácie výskumno-vývojovej činnosti s orientáciou na výrobný program ŽP a.s. ako aj ďalších firiem v rámci ŽP GROUP. V neposlednom rade sa predpokladá aj výskumno-vývojová činnosť pre externých zákazníkov. Cieľom je vybudovať výskumno-vývojové centrum s medzinárodnou akceptáciou. Súčasná výskumno-vývojová činnosť je definovaná v predmete činnosti. Viac informácií o ŽP VVC s.r.o nájdete na: www.zpvvc.sk

Laboratory of Processing Industrial Wastes was established within the frame of long-term cooperation between KNKaSO, TUKE and ŽP VVC s.r.o. in the field of processing wastes generated in ŽP a.s..

PARTNERI A SPONZORI



ŽP Výskumno-vývojové
centrum s.r.o.



AGENTÚRA
NA PODPORU
VÝSKUMU A VÝVOJA



**ŽP Výskumno-vývojové
centrum s.r.o.**

ZP Research and Development Centre, founded in 2008, aims at production processes at Železiarne Podbrezová and other companies within ZP GROUP, taking former R&D efforts at Železiarne Podbrezová to a professional level.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF STEEL PRODUCTION

The Industrial Waste Processing Laboratory has been established in cooperation of ZP Research and Development Centre and Faculty of Metallurgy, Technical University of Košice. It aims at basic and applied research in industrial waste recycling, following recommendations of European Commission.



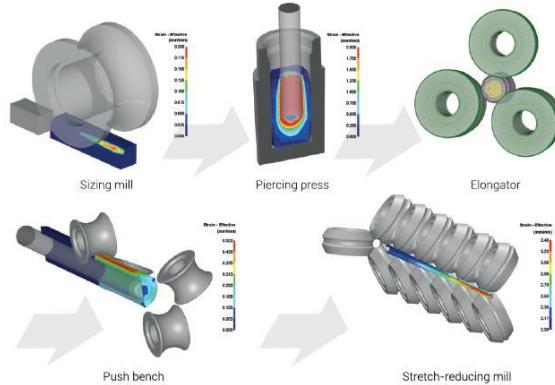
MICROSTRUCTURE, MECHANICAL PROPERTIES AND DEVELOPMENT OF NEW MATERIALS

- Microstructure analysis
- Coating thickness evaluation
- Microhardness evaluation
- Mechanical testing
- Heat treatment
- Calculation of TTT diagrams



MODELLING AND SIMULATION OF FORMING PROCESSES

Numerical modelling of seamless tube production process at Železiarne Podbrezová.





© Copyright 2019

NÁZOV: **4. odborný seminár "Materiálová recyklácia priemyselných odpadov 2019"**

AUTORI: **Martina Laubertová, Dušan Klein**

VYDAVATEĽ: **Technická univerzita v Košiciach**

ROK: **2019**

VYDANIE: **prvé**

NÁKLAD: **50 ks**

ROZSAH: **80 strán**

ISBN: **978-80-553-3061-7**

ISBN: 978-80-553-3061-7