

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0591**

Spracovanie priemyselných odpadov s cieľom získať predajné produkty na báze zinku, cínu a olova

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Tomáš Havlík, DrSc.**

Príjemca **Technická univerzita v Košiciach - Fakulta materiálov, metalurgie a recyklácie**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

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

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Universidade Federal Do Rio Grande Do SUL, Escola de Engenharia – Departamento de Materiais/LACOR,
Porto Alegre - RS, Brasil

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Úradom priemyselného vlastníctva Slovenskej Republiky potvrdená patentovateľnosť navrhovaných procesov na základe objednávky literárnej rešerše:

V príprave dve patentové prihlášky:

1. Spôsob spracovania oceliarskeho úletu z elektrických oblúkových pecí za účelom získania čistého oxidu zinočnatého a síranu zinočnatého (Č. objednávky KR020)
2. Spôsob čistenie odpadovej vody s obsahom chloridov, vápnika, síranov, olova a chrómu (Č. objednávky KR 011/2019)

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Liptai, P., Dolník, B., Briančin, ., Havlík, T.: Hydrometallurgical recycling of electric arc furnace dust: Application possibilities of ZnO product for the manufacture of varistors in the electrotechnical industry. In: Waste and Biomass Valorization, Available on: <https://rdcu.be/bHrJn>, June 2019, DOI:10.1007/s12649-019-00722-w
2. HAVLÍK Tomáš, MARUŠKINOVÁ Gréta, MIŠKUFOVÁ Andrea. Determination of zno amount in electric arc furnace dust and temperature dependence of leaching in ammonium carbonate by using of x-ray diffraction. In: Archives of Metallurgy and Materials = AMM. (30.06.2018), Roč. 63, č. 2 (2018), s. 653-658. ISSN 1733-3490 Spôsob prístupu: https://apps.webofknowledge.com/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=9&SID=D3y7jJjHFQsmRHT7Ewp&page=1&doc=1
3. Laubertova, M., Havlík, T., Parilak, L., Derin B., Trpčevská, J.: The effects of microwave-assisted leaching on the treatment of electric arc furnace dusts (EAFD), Archives of Metallurgy and Materials, akceptovaný rukopis v tlači, číslo AMM-00445-2018-01, 2019
4. Laubertová, M., Vindt, T.: Úvod do úpravy nerastných surovín. Vysokoškolská učebnica, 1.

vydanie Košice TU, 2019, 170 s. ISBN 978-80-553-2536-1- v tlači.

5. TAKÁČOVÁ, Z., KUKURUGYA, F., VINDT, T., HAVLÍK, T., TUREK, P.: Treatment of a leach liquor after leaching EAF dust. In: EMC 2017. Clausthal-Zellerfeld: GDMB Verlag GmbH, 2017 P. 763-775, ISBN 978-3-940276-73-5, Dostupné na: <http://www.censo.sk/content/clanky/201710.pdf>

6. MIŠKUFOVÁ, A., KURUC, P., KOCHMANOVA, A., HAVLÍK, T., HORVÁTHOVÁ, H.: Ozone assisted leaching of metallic tin. In: EMC 2017. Clausthal-Zellerfeld: GDMB, 2017 P. 751-762. ISBN 978-3-940276-73-5, Dostupné na: <http://www.censo.sk/content/clanky/201711.pdf>

7. PIROŠKOVÁ Jana, LAUBERTO VÁ Martina, MIŠKUFOVÁ Andrea, ORÁČ Dušan. Hydrometallurgical treatment of copper shaft furnace dust for lead recovery. In: Erzmetall. (januar/februar 2018), Vol. 71, no. 1 (2018), p. 37-42. ISSN 1613-2394 <http://www.censo.sk/content/clanky/201801.pdf>

8. VINDT Tomáš, HAVLÍK Tomáš, MIŠKUFOVÁ Andrea, KLEIN Dušan. Recycling of EAF dust in the pilot plant within the laboratory of industrial waste processing. In: TOP 2018, (19.-21. 9.2018)

Vysoké Tatry, Slovensko, Slovenská technická univerzita v Bratislave s. 1-6. ISBN 978-80-227-4835-34.

9. URBAN KOBIALKOVÁ, I., KLEIN, D., HAVLÍK, T., MARUŠKINOVÁ, G., JAŠČIŠÁK, J., PIROŠKOVÁ, J.: Tin - an urgent need in industry and its recycling. In: Metall. Vol. 71, no. 1-2 (2017), p. 30-33. ISSN 0026-0746. Dostupné na: <http://www.censo.sk/content/clanky/201703.pdf>

10. VINDT, T., TUREK, P., TAKÁČOVÁ, Z., HAVLÍK, T.: Model of pilot plant for hydrometallurgical processing of industrial waste: possibilities of selective zinc recovery from EAF dust. In: Quo Vadis Recycling, Košice: TU, 2017 S. 365-374, ISBN 978-80-553-3170-6

11. LAUBERTO VÁ, M., PIROŠKOVÁ, J., DOCIOVÁ, S.: The technology of lead production from waste. In: World of Metallurgy - Erzmetall. Vol. 70, no. 1 (2017), p. 47-54. - ISSN 1613-2394. Dostupné na:

<http://www.censo.sk/content/clanky/201702.pdf>

12. URBAN KOBIALKOVÁ, I., ORÁČ, D., KLIMKO, J., HAVLÍK, T.: Leaching of Tin Sludge in different solutions. In: Quo Vadis Recycling. Košice: TU, 2017 S. 342-349, ISBN 978-80-553-3170-6

13. HORVÁTHOVÁ, H., KUBIŠ, K., MIŠKUFOVÁ, A., KOCHMANOVÁ, A., BERNARDES, A. M.: Regeneration of waste water from hydrometallurgical processing of EAF dust. In: Quo Vadis Recycling. Košice: TU, 2017 S. 134-141, ISBN 978-80-553-3170-6

14. HEŽELOVÁ, M., PIKNA, L., SMINČÁKOVÁ, E., DORKOVÁ, M.: Electrochemical routes of zinc recovery from solutions. In: Quo Vadis Recycling. Košice: TU, 2017 S. 120-124, ISBN 978-80-553-3170-6

15. Klimko J., Mariassy J: Audiovizuálna prezentácia poloprevádzkovej linky a recyklačných zariadení na ÚRT, <https://www.youtube.com/watch?v=6Ord6CwWd0w>, Jún 2019

Uplatnenie výsledkov projektu

Hlavným výstupom je know-how a návrh technológií spracovania priemyselných odpadov s cieľom materiálovej recyklácie jednotlivých zložiek odpadu do predajnej formy. Prostriedkom pre tieto výstupy je návrh a konštrukcia unikátnej poloprevádzkovej linky hydrometalurgického spracovania odpadov, ktorá má tak isto komerčný charakter.

Z hľadiska poloprevádzkovej linky, ako aj know-how spracovania úletov z elektrickej oblúkovej pece sú Železiarne Podbrezová, a.s., ktoré majú záujem o riešenie problematiky recyklácie EOP úletov. Navrhnuté technológia je zaujímavá aj pre US Steel Košice, s.r.o a Slovakia Steel Mills Strážske. Riešenie otázky investície a výstavby plnej prevádzky na recykláciu úletov z výroby ocele bude však vzhľadom na kapacitu tisícok ton ročne dlhodobejšieho charakteru a nemožno očakávať výsledky ihneď po ukončení projektu. Odberateľmi produktov, ktoré boli vyrobené na poloprevádzkovej linke sú spoločnosti Dron Industries, s.r.o., Dunajská Streda a SlovZink, a.s. Košeca, ktorí to písomne potvrdili. Navrhnutá a skonštruovaná poloprevádzková linka je univerzálna a možno je využiť na testovanie a návrh spracovania ľubovoľných tuhých, resp. kvapalných priemyselných odpadov v SR, resp. v EÚ, ako sú popoly, stery trosky a pod. Je tak isto vhodná ako testovacie zariadenie v rámci EÚ a tiež ako zariadenie pre start-up.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku

(max. 20 riadkov)

Hlavným cieľom projektu bolo navrhnuť, vyvinuť a otestovať procesy (know-how) pre hydrometalurgické spracovanie priemyselných odpadov s obsahom Zn, Pb a Sn v laboratórnom meradle a následne vo vybudovanej poloprevádzkovej linke a získať predajné produkty. Počas riešenia projektu sa dôkladne analyzovali dostupné druhy odpadov (v SR) s obsahom týchto kovov. Predmetom experimentovania boli úlety z elektrickej oblúkovej pece s obsahom Zn, konvertorový mediarenský úlet s obsahom Pb, Sn a kal z pocínovania s obsahom Sn. Tieto odpady patria medzi nebezpečné odpady, ale zároveň sú hodnotným potenciálnym druhotným zdrojom kovov. Zámer projektu je v súlade s prioritami odpadového hospodárstva SR aj iniciatív EÚ v oblasti kritických surovín, ktorými je snaha docieľiť zvyšovanie miery recyklácie kovov, prioritne recyklovať nebezpečné odpady, znížiť množstvo nebezpečných odpadov ukladaných na skládky a znižovať tak mieru závislosti surovín (kovov) na dovoze. Procesy sa testovali najprv v laboratórnom meradle, pričom sa sledoval vplyv rôznych parametrov na výťažnosť kovov a účinnosť zisku kovov/zlúčenín z výluhov. V rámci poloprevádzky sa nakupovali pomôcky a zariadenia s podporou APVV a partnera ŽP-VVC, s.r.o. a iných zdrojov a postupne sa budovala poloprevádzková linka. Po optimalizácii parametrov jednotlivých procesov spracovania zvolených druhov odpadov sa pristúpilo k testovaniu procesov v poloprevádzkovom meradle. V rámci riešenia projektu sa riešili aj úlohy spojené s čistením odpadových vôd z procesu lúhovania pletov z EOP, tiež regenerácie lúhovadiel a aplikácie finálnych odpadov na zníženie celkových environmentálnych vplyvov spracovania odpadov, znižovania nákladov na proces v súlade s princípmi cirkulárnej ekonomiky. Výstupom riešenia projektu sú navrhnuté a overené procesy (know-how) spracovania troch druhov odpadov a funkčná poloprevádzková linka, ktorá je univerzálna a je ju možné využiť na ľubovoľné druhy tuhých a kvapalných odpadov z priemyslu. Navrhnuté procesy a produkty spracovania odpadov (najmä EOP úletu) boli prediskutované s odberateľom aplikačných výstupov projektu (ŽP-VVC, s.r.o., Podbrezová) a ďalšími odberateľmi konkrétnych produktov vyrobených v poloprevádzke (v tomto prípade, ZnO a ZnSO₄.7H₂O). Pridanou hodnotou výstupov projektu, že poloprevádzkové zariadenie môže slúžiť na spracovanie rôznych druhov priemyselných odpadov ako sú trosky, úlety, kaly a pod. a zisk predajných produktov (kovov alebo zlúčenín kovov). Zároveň je ho možné použiť na testovanie a overovanie rôznych procesov/technológií a možnosti získania predajných produktov. Týmto sa splnili požadované ciele projektu.

V rámci projektu bolo publikovaných 6 vedeckých publikácií do databázy Current Contents a 29 citácií, 68 ostatných publikácií s poďakovaním APVV, jedna vysokoškolská učebnica, jedno audiovizuálne dielo a v príprave dve patentové prihlášky (Proces spracovania úletov z elektrickej oblúkovej pece a Proces spracovania odpadovej vody).

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The main aim of the project was to develop and test processes (know-how) for hydrometallurgical processing of industrial wastes containing Zn, Pb and Sn in both of laboratory and pilot plant scale followed by construction of pilot plant processing line and receive the commercial products. Exhaustive analyses of available Slovak wastes containing these metals were performed. These were electric arc furnaces dust containing zinc, converter copper dust containing Pb and Sn and tin sludge from tinning containing Sn. At the same time these wastes are hazardous but on other hand these are potential source of valuable metals. The goal of the project is in harmony with priorities of Slovak waste management as well as with EU initiative in critical raw materials, where is effort of metals recycling, recycling of hazardous wastes, lowering of hazardous wastes dumping and reduce the dependence on import of raw materials. The processes were firstly tested in laboratory scale, where the influence of various parameters on metal extraction and leaching efficiency were studied. In pilot plant framework the accessories and materials with the support of APVV and partner ŽP-VVC, s.r.o. as well as other sources were bought and such way the pilot plant was gradually built up. The testing of processes in pilot plant scale followed after optimization of the individual processes of chosen kinds of wastes. Also cleaning of waste waters, regeneration of leaching solutions and application of end wastes were a part of solution as contribution to circular economy politics. The outputs of project are suggested and approved processes (know-how) of three kinds of wastes treatment and functional universal pilot plant for processing of optional industrial solid and liquid wastes.

The suggested processes and products of treated wastes (mostly EAF dust) were disputed with the consumer (ŽP, a.s., Podbrezová) and other consumers of specific products of pilot plant processes (ZnO and $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ in this case). Added value of project output is that pilot plant line can serve for processing of various kinds of industrial wastes as sludge, slags, dusts, ashes, etc. for recovery of commercial products. At the same time it is possible to apply it for testing and approving of various processes and technologies with aim to obtain commercial products. Such way the required aims of projects were fill up. During project solution six scientific publications in Current Contents database, 68 other publications, one university textbook, one audiovisual were created and published. These published works were 29x cited. Two patents applications are in preparing (Process for electric arc furnace dust treatment, Process for waste water treatment).