

ODBORNÝ ČASOPIS PRE PODNIKATEĽOV, ORGANIZÁCIE, OBCE, ŠTÁTNU SPRÁVU A OBČANOV

1. MINIMALIZÁCIA, ZHODNOCOVANIE A ZNEŠKODŇOVANIE

- **ODPADY VZNIKAJÚCE V PROCESE KUSOVÉHO ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA**
Jana Pirošková, Jarmila Trpčevská, Emília Sminčáková, Martina Laubertová, Hedviga Horváthová, Katarína Blašková
- **Z KOMUNÁLNEHO ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA** *Kolektív*
- **K ODKANALIZOVANIU SLOVENSKÝCH MIEST A OBCÍ** *Kolektív*
- **ZDRUŽENIE OBCÍ PRE SEPAROVANÝ ZBER TORYSA** *PhDr. Angela Sviteková*
- **Z ODPADOVÉHO HOSPODÁRSTVA OBCE KRIVANY** *PhDr. Angela Sviteková*
- **POLROK ZBERU POUŽITÝCH JEDLÝCH OLEJOV V STAREJ ĽUBOVNI** *Mária Kyšeľová, Ing. Juraj Špes*
- **PROJEKT „AJ KVAPKA OLEJA SA RÁTA“** *Kolektív*
- **VYUŽITIE VEDĽAJŠÍCH ODPADOVÝCH PRODUKTOV PIVOVARNÍCKEHO PRIEMYSLU PRI KÁRMENÍ POĽNOHOSPODÁRSKÝCH ZVIERAT** *Ing. PhDr. Martin Mellen, PhD., Ing. Janka Sudzinová, PhD., doc. Ing. Peter Haščík, PhD.*
- **LETNÁ E-DERATIZÁCIA ZBAVILA FIRMY A ORGANIZÁCIE VIAC AKO 10 TON ELEKTROODPADU** *Zuzana Šimová*

2. PREDPISY, DOKUMENTY, KOMENTÁRE

- **KOLKO SA UŠETRÍ TRIEDENÍM ODPADOV?** *h. prof. Ing. František Máteľ, CSc.*
- **PRO FORMA A PRO REFORMA AJ V ODPADOVOM HOSPODÁRSTVE** *Ing. Juraj Špes*
- **NOVÝ ZÁKON UMOŽNÍ PRIJAŤ DODATOČNÉ PLÁNY ÚPRAVY 24 PROBLEMATICKÝCH SKLÁDOK** *Kolektív*
- **ZAMIEŤLI NOVELU ZÁKONA O POTRAVINÁCH – POTRAVINY PO TERMÍNE TRVANLIVOSTI NEPÓJDU NA CHARITU** *Kolektív*
- **SLOVÁCI VYTRIEDIA LEN 8 % VYPRODUKOVANÉHO ODPADU** *Mgr. Mário Šujanský*
- **SLOVENSKÉ DOMÁCNOSTI SA HRDO HLÁSIA K TRIEDENIU ODPADU, NO DOBRÉ ÚMYSLY SA NIEKDE PO CESTE STRATIA** *Simona Kralovičová*
- **PRÍSNEJŠIE LIMITY PRE KOTLY V EURÓPSKEJ ÚNII AJ U NÁS** *Kolektív*
- **SLOVENSKO NEPODPORÍ SPRÍSNIENIE CIEĽOV ZNIŽOVANIA EMISÍÍ DO ROKU 2020** *Kolektív*
- **MONITOROVANIE POVRCHOVÝCH VÔD SLOVENSKEJ REPUBLIKY**
Slavomíra Murínová, Katarína Šimovičová, Katarína Dercová
- **ASEKOL OPĚT SNIŽUJE RECYKLAČNÍ PŘÍSPĚVKY** *Šimon Slavík*
- **ĎALŠÍ VÝVOJ V KAUCHE PLAZMOVÉHO SPRACOVANIA ELEKTROODPADOV VO VRANOVE** *Kolektív*
- **VEREJNÁ DISKUSIA O KAUCHE SKLÁDKA VO VRAKUNI** *Kolektív*
- **EMISNÁ KAUCHE „VOLKSWAGEN“ SA ŠÍRI** *Kolektív*

3. SPEKTRUM

- **ENVIROAKCIE PRE ŠKOLÁKOV** *Kolektív*
- **PYTĽIAKOM VYPÁLILI RYBNÍK EKOKOŠE** *Kolektív*
- **TRENČÍN SI ODNIESOL PRVÚ CENU ZA TRIEDENIE ODPADU** *Kolektív*
- **VLASNÁ ZÁHRADKA NA BÝVALOM SMETISKU** *Kolektív*
- **ENVIROSÚŤAŽE A GRANTY PRE ORGANIZÁCIE A OBCE** *Kolektív*
- **NOVÉ CENTRUM AGROBIOTECH DOKÁŽE ZMENIŤ AKÝKOL'VEK BIOODPAD NA BIOPALIVO DRUHEJ AŽ TRETEJ GENERÁCIE** *Kolektív*
- **TEPELNÉ ČERPADLO JE ZARIADENIE NA VÝROBU ENERGIE Z OBNOVITEĽNÝCH ZDROJOV S NÁROKOM NA ŠTÁTNU PODPORU** *Ing. Štefan Kuča*
- **AJ NA SLNEČNÉ KOLEKTORY Z THERMO | SOLARU SI MÔŽETE NÁROKOVAT ŠTÁTNU PODPORU** *Kolektív*
- **EURÓPSKA ÚNIA BOJUJE NIELEN PROTI ÚBYTKU DIVERZITY, ALE AJ PROTI ŠÍRENIU INVÁZNYCH DRUHOV RASTLÍN A ŽIVOČÍCHOV** *Katarína Rysová*
- **ZAUJÍMAVOSTI ZO ZAHRANIČIA** *Kolektív*



epos

ISSN 1335-7808



9 771335 780004

Jana Pirošková¹⁾, Jarmila Trpčevská¹⁾, Emília Sminčáková²⁾, Martina Laubertová¹⁾, Hedviga Horváthová¹⁾, Katarína Blašková¹⁾

ODPADY VZNIKAJÚCE V PROCESSE KUSOVÉHO ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA

ÚVOD

Neustály rozvoj nových technológií vedie nielen k rozvoju ľudskej civilizácie, ale v konečnom dôsledku prispieva k zvýšenej spotrebe rôznych materiálov. V minulosti, ale aj v dnešnej dobe má oceľ dôležité postavenie takmer vo všetkých priemyselných odvetviach.

Na predĺženie životnosti ocelových materiálov, teda na ich ochranu voči korózii, ale aj na zvýšenie odolnosti voči opotrebeniu, sa aplikujú rôzne povrchové úpravy. Kov, ktorý sa v dnešnej dobe najčastejšie využíva v povrchových úpravách ocele, je zinok. Spôsobov vytvárania zinkového povlaku je niekoľko, napr.: žiarové zinkovanie ponorom, galvanické pokovovanie, striekanie roztaveného zinku, difúzne nanášanie zinku, atď., avšak najviac využívanou technológiou je žiarové zinkovanie ponorom.

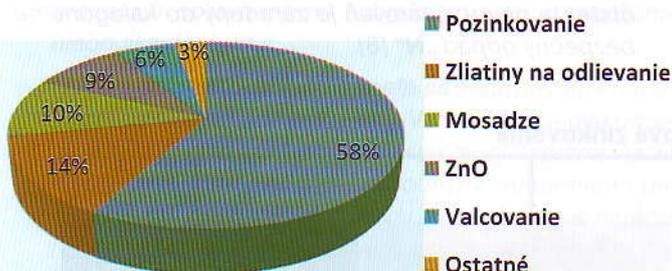
1. TECHNOLÓGIA ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA PONOROM

Žiarové zinkovanie ponorom predstavuje moderný trend v oblasti povrchového inžinierstva ocelových konštrukcií. K jeho hlavným výhodám patrí predovšetkým dlhá životnosť, vytvorenie rovnomerného a kvalitného povlaku, ktorý sa vytvára aj na vnútorných a ťažko dostupných plochách.

Zinkový povlak má dobrú odolnosť voči mechanickým vplyvom. K jeho výhodám patrí predovšetkým ohľaduplnosť k životnému prostrediu.

Svetová produkcia zinku v roku 2013 bola podľa štúdie „International Lead and Zinc Study Group“ približne 13,1 mil. ton [1], pričom okolo 58 % celosvetovo vyrobeného zinku sa spotrebuje na pozinkovanie (obr. 1).

Aplikácia zinku



Obr. 1: Aplikácia zinku v roku 2013 [2]

Žiarovým zinkovaním sa na povrchu materiálu vytvára intermetalická fáza železa a zinku, ktorá je vysoko odolná voči oteru. Hrúbka tejto vrstvy sa pohybuje v rozpätí 50 až 190 mikróvov – závisí od chemického zloženia, typu materiálu a taktiež od doby ponoru. Žiarové zinkovanie sa podľa technológie rozdeľuje na: *kontinuálne a kusové*.

Kontinuálnym spôsobom sa pozinkuje viac ako 60 % z celkového množstva pozinkovanej ocele [3]. Tento spôsob zinkovania je vhodný na zinkovanie plechov, pásov a drôtov. Uskutočňuje sa na poloautomatických alebo automatických linkách.

Zinkovanie rôznych konštrukcií, skrutiek a iných predmetov menších rozmerov sa uskutočňuje pomocou *kusového žiarového zinkovania* [4]. Pred samotným procesom aplikácie zinkového povlaku musí byť povrch ocelej súčiastky vyčistený od rôznych kontaminantov, ako sú oleje, okoviny, hrdza a iné. Na tento účel sa aplikuje *predbežná úprava*, ktorá pozostáva z viacerých krokov.

- Prvým a veľmi dôležitým krokom je ponor ocelej súčiastky do odmasťovacieho kúpeľa.
- Nasleduje ponor do moriaceho kúpeľa, pri ktorom dochádza k odstraňovaniu okovín a hrdze. Medzi týmito operáciami je oplach súčiastky vo vode.
- Posledným a veľmi dôležitým krokom je ponor do tavidla.

Spôsob nanášania tavidla rozdeľuje technológiu *kusového žiarového zinkovania* na: **suché zinkovanie, mokré zinkovanie a beztavidlový spôsob**.

Jednotlivé spôsoby sa od seba odlišujú spôsobom, akým sa na povrch ocelej dielca naniesie tavidlo [5].

- Pri suchom spôsobe sa ocelej dielce ponárajú do vodného roztoku tavidla, po ich vytiahnutí a následnom vysušení sa ponoria do zinkového kúpeľa.
- Pri mokrom spôsobe sú namorené dielce ponárané do taveniny zinku cez vrstvu tavidla, ktoré sa nachádza na hladine zinkového kúpeľa (obr. 2).
- Beztavidlový spôsob zahŕňa prípravu povrchu dielca oxidáciou s následnou redukciou.

2. PRODUKČIA ODPADOV V PROCESSE KUSOVÉHO ŽIAROVÉHO ZINKOVANIA

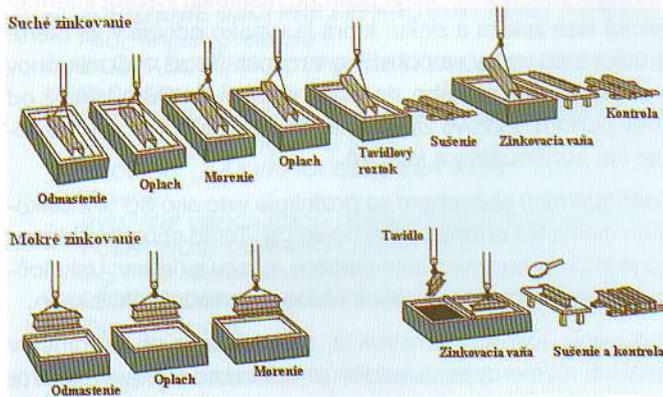
2.1. TUHÉ ODPADY

V každom výrobnom procese popri hlavných produktoch dochádza k tvorbe nežiaducich vedľajších produktov, tzv. odpadov. Tak je to i v procese kusového žiarového zinkovania (ďalej

¹⁾ Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra neželezných kovov a spracovania odpadov, Letná 9, 042 00 Košice.

²⁾ Technická univerzita v Košiciach, Hutnícka fakulta, Katedra chémie, Letná 9, 042 00 Košice.

len KŽZ), kde vzniká značné množstvo odpadov v tuhom, kvapalnom alebo plynnom skupenstve. V jednotlivých technologických operáciách KŽZ vznikajú kovové a kovonosné (kaly, zinkový popol, spodný ster, salmiakové stery, zinkové úlety – obr.3) a nekovové odpady (opotrebované odmasťovacie, moracie, tavidlové kúpele, odpadové vody).



Obr. 2: Technologická schéma suchého a mokrého žiarového zinkovania [6]

Nakolko tuhé odpady sú reprezentované vysokým obsahom zinku, možno ich považovať za cennú druhotnú surovinu. Celosvetové zásoby zinku sa odhadujú len na približne 20 rokov, preto je potrebné zaoberať sa možným spracovaním týchto odpadov s cieľom získania rôznych produktov zinku.

- **Spodný ster:** ide o zliatinu, ktorá vzniká vzájomným rozpúšťaním železa a zinku. Táto zliatina je ťažšia ako roztavený zinok, a preto sa hromadí na dne zinkového kúpeľa. Na tvorbu spodného steru v procese sa z celkového množstva zinku spotrebuje približne 5 až 7 hm. % Zn. Spodný ster obsahuje viac ako 90 hm. % Zn, 1 až 6 hm. % Fe a menej ako 1 % ďalších kovov (Si, Al, Ni, Mg a iné).

Železo sa do taveniny zinku dostáva z povrchu oceleového dielca, z povrchu vane, ale aj vo forme voľných častíc. Ak v zinkovom kúpeli sa dosiahne obsah Fe 0,5 až 1,55 % dochádza v priebehu ochladzovania k vzniku kryštálov intermetalických zlúčenín typu $Zn_m Fe_n$.

Ster, ktorý sa nachádza na dne kúpeľa, sa odstraňuje mechanicky pomocou perforovaného naberača a uskladňuje sa v ocelevej nádobe. Toto odstraňovanie musí byť pravidelné, aby sa zabránilo tvorbe nepravidelných škvŕn na pozinkovanom dielci [7]. Spodný ster je v Katalógu odpadov (ďalej len KO) (vyhláška MŽP SR č. 284/2001 Z.z.) [8] zaevidovaný pod katalógovým číslom 11 05 01 – **tvrdý zinok** a zaradený do kategórie ostatný odpad "O",.

- **Zinkový popol:** vzniká na hladine zinkového kúpeľa. Tvorí sa v dôsledku oxidácie zinkového kúpeľa. Zinkový popol sa akumuluje na hladine roztaveného zinku, pretože má menšiu mernú hmotnosť ako roztavený zinok. Tento „produkt“ je na hladine nežiaduci, pretože má negatívny vplyv na kvalitu výsledného zinkového povlaku. Preto je nutné zinkový popol pred každým vynorením ocelevej súčiastky periodicky odhŕňať z hladiny kúpeľa za pomoci naberača. Popol sa následne uskladňuje v kovových nádobách.

Zinkový popol sa skladá z väčšej časti z kovového zinku nepravidelných tvarov (60 až 85 %), z oxidov a chloridov (1 až 20 %) a sprievodných prvkov, ktoré sú súčasťou zinkovej taveniny [9].

Tento odpad je v (KO) zaevidovaný pod katalógovým číslom 11 05 02 – **zinkový popol** a definovaný ako „O“ [8].

- **Zinkový úlet:** ide o prachové častice, ktoré sú zachytávané spolu s plynnými exhalátmi na filtroch odťahovej techniky. Tento odpad vzniká pri ponáraní oceleového dielca do roztaveného zinku, keď dochádza k tvorbe „bieleho dymu“ rozkladom NH_4Cl (súčasť tavidla) pri kontakte s roztaveným zinkom vo vani. V danom procese dochádza k veľkému uvoľneniu vodnej pary a olejov, ktoré sú odťahované a zachytávané na filtroch odťahovej techniky. Úlet je preto tvorený aj čiastočkami tavidla a zinku.

Zinkový úlet možno spracovať súčasne so zinkovým popolom, a to buď pyrometalurgickými (napr.: Wealz kiln proces) alebo hydrometalurgickými procesmi (napr. Zincex proces) [10]. Zinkový úlet je v (KO) zaevidovaný pod katalógovým číslom 11 05 03 – **tuhé odpady z čistenia plynu** a zároveň je zaradený do kategórie nebezpečný odpad „N“ [8].



Obr. 3: Tuhé odpady vznikajúce v procese KŽZ

Vyššie uvedené tuhé odpady vznikajú tak pri suchom spôsobe zinkovania, ako aj v procese mokrého kusového žiarového zinkovania. Špecifickým odpadom vznikajúcim len pri mokrom spôsobe zinkovania je salmiakový ster.

- **Salmiakový ster:** vzniká vzájomnou reakciou medzi roztaveným zinkom a tavidlom v oddelenej časti vane. Tavidlo, tvorené chloridom amónnym (NH_4Cl) v priebehu zinkovania stráca túto zložku, pretože dochádza k rôznym reakciám, výsledkom ktorých je kontaminácia tavidla.

Takéto tavidlo je nežiaduce a musí byť z hladiny roztaveného zinku odstránené [11, 12]. Odstraňovanie musí byť dôsledné, aby sa minimalizovalo zachytenie zinku v salmiakovom stere.

Chemické zloženie salmiakového steru je nasledovné: približne 46 % zinku, od 33 % do 26 % chlóru a ostatné prvky ako Al, Fe, Pb pod 1 %.

Zinok a chlór sú v salmiakovom stere naviazané spolu s ďalšími prvkami do rôznych fáz. Ich fázové zloženie je: NH_4Cl , $\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$ (hydroxid chlorid zinočnatý), $\text{Zn}_5(\text{O}-\text{H})_8\text{Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (simokolleid), $(\text{NH}_4)_2\text{ZnCl}_2$ a $\text{ZnCl}_2(\text{NH}_3)_2$. Uvedený odpad je v (KO) zaevidovaný pod katalógovým číslom 11 05 04 – „použitie tavidlo“ a definovaný ako „N“ [8]. V rámci Slovenskej republiky sa v súčasnosti salmiakové stery nespracúvajú, a preto sa ukladajú na skládky.

2.2. KVAPALNÉ ODPADY

Pri žiarovom zinkovaní v najväčšom množstve vznikajú kvapalné odpady, a to v procese predbežnej úpravy. Ide predovšetkým o opotrebované odmasťovacie kúpele, moriace kúpele, tavidlové kúpele a oplachové vody.

- **Opotrebované odmasťovacie kúpele:** sú v KO zaevidované pod katalógovým číslom 11 01 13 – **odpady z odmasťovania obsahujúce nebezpečné látky** a definovaný ako „N“. Odmasťovacie alkalické kúpele sa najčastejšie odčerpávajú po 1 až 2 rokoch, keď sa vytvorené sedimenty vyberajú zo dna vane a následne sa predávajú oprávnenému subjektu na ich spracovanie alebo likvidáciu.

Na dne odmasťovacieho kúpeľa sa zachytávajú emulsiifikované olejové odpady a kaly. Vytvorené olejové odpady a kaly je nutné odvodniť, aby sa mohli tepelne využiť alebo bezpečne likvidovať. Vhodnými opatreniami pre čistenie sú mechanické metódy a membránová filtrácia [14]. V niektorých prevádzkach sa na zefektívnenie čistenia používa kaskádové odmasťovanie.

Úprava použitého odmasťovacieho zásaditého roztoku sa ďalej prevádza elektrolytickým štiepením emulzie alebo ultrafiltráciou na zníženie obsahu oleja, keď sa získaná odseparovaná frakcia následne využije (napr. tepelne) alebo sa upravuje (neutralizuje). Na odstránenie kalov, olejov z odmasťovacích roztokov sa často po-

užíva metóda odstredovania na centrifúge [15].

- **Opotrebované moriace kúpele:** v (KO) sú zaevidované pod katalógovým číslom 11 01 05 – **kyslé moriace roztoky** a súčasne zaradené do kategórie „N“ [8]. Moriaci kúpeľ postupom času stráca voľnú HCl (od 14 do 20 hm. %). Na konci svojej životnosti klesne koncentrácia HCl na 2 až 7 hm. %. Daná koncentrácia moriaceho kúpeľa nepostačuje na dokonalé vyčistenie povrchu dielca a musí byť z procesu vylúčená.

Negatívny vplyv na životnosť kúpeľa má železo – jeho obsah v opotrebovanom kúpeli sa pohybuje v rozmedzí 130 až 190 g/l [16].

Opotrebované moriace roztoky musia byť najskôr uskladnené v nádržiach, potom sú v cisternách transportované na likvidáciu odpadu u opraveného spracovateľa. Spracovateľské spoločnosti väčšinou odpadové roztoky transformujú na sekundárne vedľajšie produkty alebo ich jednoducho neutralizujú.

V súčasnej dobe na regeneráciu kyseliny chlorovodíkovej sa používa metóda termickej regenerácie, pri ktorej je vymorená kyselina podrobená termickému rozkladu vo fluidnom reaktore v prúde vzduchu pri teplotách, podľa technológie rozkladu, 550 až 800 °C. Dochádza k rozkladu moriaceho roztoku na plynný chlorovodík (HCl), vodu a oxid železitý. Plynná frakcia po kondenzácii a absorpcii slúži ako nový moriaci roztok. Tento proces by sa dal považovať za prakticky bezodpadový, ale len v prípade, že by sa vedľajší produkt, t.j. oxid železitý, využíval opäť na výrobu železa [7].

Okrem tejto termickej metódy regenerácie moriaceho roztoku sa v praxi užíva systém spracovania moriacich roztokov založený talianskou firmou GIMECO, ktorý je schopný na mieste premeniť odpadovú moriacu kyselinu na hodnotný vedľajší produkt síran železnatý, zároveň sa obnoví 98 % kyseliny chlorovodíkovej. Regenerovaná kyselina sa znovu použije pri morení [17].

Na regeneráciu možno použiť i ďalšie regeneračné spôsoby: iónovú výmenu, retardačný postup, difúziu dialýzu, vákuové odparenie, atď. [18].

- **Opotrebované tavidlové kúpele:** v (KO) ide o druh odpadu s katalógovým číslom 11 01 99 – **odpady inak nešpecifikované** [8]. Všeobecne je známe, že prítomnosť Fe v tavidlách má negatívny vplyv tak na spotrebu Zn, ako i na kvalitu pozinkovanej ocele. Aby sa vyhlilo negatívnym vplyvom, v praxi sa používajú rôzne regeneračné techniky tavidla napr. systém Re-Fe. Daný proces je založený na kontinuálnom odstraňovaní Fe z tavidlových, ale i oplachových kúpeľov. Železo je regenerované na roztok HCl obsahujúci Fe, ktorý sa môže znovu použiť na modifikáciu chemického zloženia moriacich kúpeľov. Proces sa skladá z následných krokov: neutralizácia, iónová výmena, regenerácia a čistenie [17, 18].
- **Oplachová voda:** je v (KO) zaevidovaná pod katalógovým číslom 11 01 11 – **vodné oplachovacie kvapaliny obsahujúce nebezpečné látky** a súčasne zaradená

do kategórie „N“ [8]. Zinkovne využívajú v porovnaní s inými technológiami povlakovania relatívne malé množstvo vody. Nie je možné, aby ju vypúšťali ako odpadovú vodu. Použitú odpadovú vodu možno upraviť a vrátiť do procesu, prípadne, ak obsahuje veľmi malé množstvá stabilných nerozpustných látok, poslať na externú likvidáciu. V niektorých prípadoch sa zinkovním podarilo eliminovať použitie vody z vodovodnej siete tým, že využívajú dažďovú vodu [19].

2.3. PLYNNÉ ODPADY

Okrem kvapalných odpadov dochádza v procese predbežnej úpravy, ale aj pri samotnom procese zinkovania k tvorbe **plynných odpadov** teda *exhalátov*. Ide o výpary kyseliny chlorovodíkovej, chloridu amónneho z tavidla a iné.

Tieto plynné exhaláty sú v priebehu celej technológie zinkovania (predbežná úprava, vytváranie zinkového povlaku) efektívne odstraňované odťahovou technikou, zachytené vo vaku big bag a následne odvázané k zmluvným partnerom na ďalšie spracovanie.

ZÁVER

V procese kusového žiarového zinkovania dochádza k tvorbe rôznych druhov odpadov vo všetkých technologických krokoch zinkovania. Ide o odpady, ktoré majú kvapalný, tuhý a plynný charakter.

Tuhé odpady sú charakteristické značným obsahom zinku, preto ich možno považovať za cennú druhotnú surovinu. Na ich recykláciu možno aplikovať pyrometalurgické, hydrometalurgické alebo kombinované spôsoby spracovania. Výsledkom recyklácie sú predajné produkty buď vo forme kovového zinku, alebo vo forme jeho zlúčenín.

Regenerácia opotrebovaných roztokov z predbežnej úpravy sa zameriava na odstraňovanie prítomného železa a ostatných kontaminantov a zároveň na regeneráciu kyseliny chlorovodíkovej, ktorá sa môže opätovne použiť v procese predbežnej úpravy ako nové tavidlo alebo moriaci kúpeľ.

Recykláciou uvedených odpadov dochádza nielen k výraznému šetreniu prírodných zdrojov, ale aj ďalších nákladov, ktoré vstupujú do procesu zinkovania.

Podakovanie:

Táto práca bola plne podporovaná grantom Slovenskej národnej grantovej agentúry v rámci projektu VEGA 1/0425/14.

Použitá literatúra:

- [1] Lead and Zinc Statistics. International Lead and Zinc Study Group [http://www.ilzsg.org/static/statistics.aspx?from=1]
- [2] Zinc Main Uses. International zinc association India. [http://www.zinc.org.in/p897/]

- [3] Schonnenbec, M., Neumann, F.: Geschichte des Zink, seine Herstellung und seine Anwendung.[http://www.rheinzink.sk/fileadmin/inhalt/bilder/ebooks/7422980944f33ce2e895fd/index_en.htm]
- [4] Eriksson, H., Hirnová, A.: Příručka žárového zinkování, Ostrava, 2009, s.9-12
- [5] Hot-dip galvanizing. International Lead and Zinc Study Group [http://www.zinc.org/info/hot_dip_galvanizing]
- [6] Batch Hot-Dip Galvanizing. [http://www.hotforgingbolt.com/index.html/technical/86-technical/90-batch-hot-dip-galvanizing.html]
- [7] Carrera, J. A. a kol.: Selective membrane alternative to the recovery of zinc from hot/dip galvanizing effluents. In: REsources, Conservation and Recycling, 44, 2005, s. 627-680
- [8] Vyhláška MŽP SR 284/2001 Z.z., Katalóg odpadov. [http://www.zakon.sk/]
- [9] Lupa, L. a kol.: Zinc Recover from Zinc Ash by Extraction with Chloridric Acid Solutions [http://www.chemicalbulletin.ro/admin/articole/78085art_20%2871-74%29.pdf]
- [10] Paterson, R., Picqué, P.: Galvanizing fume-Containment and Filtration. In: 16th Hot-Dip Galvanizing Conference, Plzeň, 2010, s. 39-47
- [11] Srivastava, O.K., Secco, E.A.: Studies on metal hydroxy compounds. I. Thermal analyses of zinc derivatives Zn(OH)2, Zn5(OH)8Cl2.H2O, ZnOHCl and ZnOHF. In: Canadian Journal of Chemistry, 1967, 45(6): 579-583, 10.1139/v67-096
- [12] Kunhalmi, G.: Hutníctvo druhotných neželezných kovov, Edičné stredisko VŠT Košice, 1. vydanie, 1984, s. 136, 85-632-84
- [13] Jha, M.K., Kumar, V., Singh, R.J.: Review of hydrometallurgical recovery of zinc from industrial wastes, In: Resources conservation and recycling, 33, 2001, s.1-22
- [14] Barakat, M.A.: Pyrometallurgical processing of zinc ash and flue dust. In: Acta Metallurgica Slovaca, 9, (4), 2003, p. 259 - 269.
- [15] Rozšírenie výrobnéj kapacity prevádzky KVOVÝROBA Sereď, [http://www.eia.enviroportal.sk/dokument?id=46185]
- [16] Stocks, C. a kol.: Minimisation and recycling of spent acid waters from galvanizer plant. In: Resources Conservation and recycling, 44, 2005, s. 153 - 166
- [17] Mec, K.: Moření kovu z pohledu ekologie. In: Konstrukce, 1 (2006), ISSN 18038433.
- [18] Moroni, E.: Nový systém regenerace kyselin: ověřený, snadno aplikovatelný. In 14. Konference žárového zinkování, Třebíč (2008), s. 7 - 16
- [19] Wooley, T.: Zinkování a udržitelná výstavba, Příručka pro uživatele. Taylor Bloxham (2008), s. 11-44.