

KLASIFIKÁCIA ODPADOV VYSKYTUJÚCICH SA PRI WJM A AWJM TECHNOLOGIÁCH A ICH RECYKLÁCIA

LÝDIA SOBOTOVÁ – MONIKA KARKOVÁ – TIBOR DZURO

CLASSIFICATION OF WASTE FROM AWJM AND WJM TECHNOLOGY AND WASTE RECYCLING

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá technológiou vodného lúča. Osobitná pozornosť je venovaná zariadeniam ako rezacia hlavica a čerpadlo a materiálom využívaných pri rezaní. Článok sa venuje odpadom, ich klasifikácii zariadeniam na recykláciu odpadov.

KLúčové slová: vodný lúč, abrazívne materiály, recyklácia,

ABSTRACT

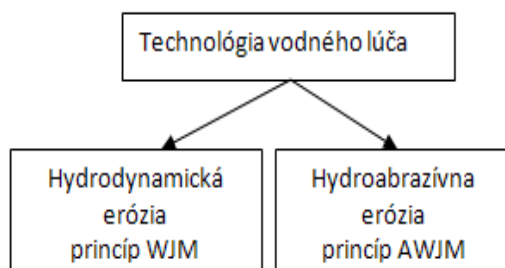
The article deals with water jet technology. Particular attention is paid to devices such cutting head and the pump and materials used during cutting. The article is devoted to waste their classification, possibilities of their utilization and waste recycling facilities

Key words: water jet technology, abrasive materials, recycling,

ÚVOD

Rozvoj a výskum vodného lúča cez metódu hydroabrazívnej erózie sa realizoval v rokoch 1985-1987, na SjF – TU Košice, SjF – STU Bratislava, Fakulte špeciálnej techniky TnUADv Trenčína a Fakulte výrobných technológií TUKE so sídlom v Prešove. Do rozvoja sa zapojili i firmy v danom regióne. [8]

Technológiu rezania vodným lúčom nazývanú aj Water Jet-Cutting môžeme klasifikovať podľa grafického modelu KMECOV MODEL WATER JET CUTTING 1. Táto klasifikácia vypracovaná vo firme WATING Prešov s.r.o. v spolupráci s Katedrou technológií a materiálov, SjF, TU v Košiciach vznikla z praktických poznatkov získaných od roku 1985 až po dnešok.[1]



Obr. 1: Základné delenie vodného lúča podľa princípu. [1]

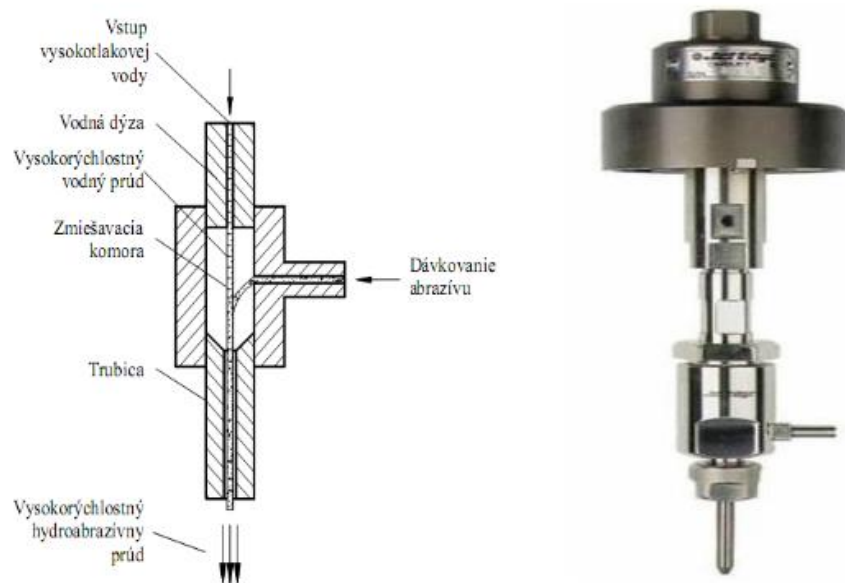
Rezanie vodným lúčom je moderná, kvalitná a ekologická metóda obrábania širokej palety materiálov. Vysokotlaké zariadenie umožňuje stlačiť vodu až na 4150 barov, vo zmiešavacej komore do vodného prúdu primiešať abrazívny materiál a túto zmes prehnať tryskou o rozmeroch jeden milimeter. Taktó vytvorený vodný lúč má potom dostatok energie, aby dokázal rezať i materiály s veľmi vysokou pevnosťou, veľmi mäkké, krehké a húževnaté materiály. Pohyb lúča na súradnicovom stole je riadený počítačom, čím je zaručená vysoká presnosť a opakovateľnosť tvarových rezov. [19]

Úprava vody pri tejto technológii zvyšuje kvalitu práce, kvalitu výrobkov, životnosť zariadenia, redukuje opravy, znižuje mieru opotrebenia dýz, ovládacích ventilov. Voda využívaná pri technológii delenia vodným lúčom musí byť zbavená železa a vápnika. Celková tvrdosť upravovanej vody nesmie prekročiť hodnotu 10 mg.l-1. [1]

ZARIADENIA A ABRAZÍVNE MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ PRI WJM A AWJM

Technologický proces delenia materiálov vodným lúčom sa uskutočňuje na výrobnom zariadení pomocou nástroja – vysokorýchlostného hydroabrazívneho prúdu, ktorého vlastností nie sú degradované v čase prevádzky na rozdiel od klasického obrábacieho rezného noža. Na uskutočnenie realizácie daného procesu je potrebné mať zariadenie, ktoré sa skladá z množstva komponentov. Medzi základné zariadenia patrí rezacia hlavica, vysokotlaké vodné čerpadlo, zariadenia s multiplikátorom, rezací stôl, lapače vody.

Hlavnou súčasťou zariadenia je rezacia hlavica, ktorá vytvára vysokorýchlostný prúd vody a injekčný systém, ktorý privádza abrazívne častice do vysokorýchlostného prúdu. Voda v tomto prípade, keď sa privádza do generátora tlakov musí spĺňať všetky požiadavky noriem aby nezanášala rezaciu hlavicu. [2]



Obr. 2: Rezací hlavica [2]

Jadrom rezacieho zariadenia je vysoko-tlakové čerpadlo s tlakovým prevodníkom s olejovo-hydraulickým pohonom . V primárnom okruhu sa za pomoci hydraulického čerpadla vytvára tlak oleja, ktorý sa pomocou prevodového piesta transformuje na vysoký vodný tlak v sekundárnom okruhu. V trvalej prevádzke vytvára vysokotlakové čerpadlo vodný tlak, ktorý cez dýzu v rezacej hlave prúdi rýchlosťou cca 900 m/s. Týmto spôsobom sa potenciálna energia mení na kinetickú energiu. Kvôli ochrane vysokotlakových častí, čerpadla s tlakovým prevodníkom a dýzy, vytvárajúcej vodný lúč, sa na rezanie používa voda - rezné médium, ktorá musí byť filtrovaná na čistotu až 0,5 mikrónu. Rýchlosť rezu môžeme dosiahnuť viac ako 10000 mm/min. Vysokotlakové čerpadlo je konštrukčne zakomponované v ráme a systém je vhodne postavený na odkvapovej vani. [5, 20]



Obr. 3 Vysokotlakové čerpadlo PT JETS-2.2/60 [20]

Rezacie stoly sú vyrábané v rôznych veľkostiach a tak si zákazník môže vybrať zo širokého spektra rozmerov stolov. Moderné stolné zariadenia majú nízke pozdĺžne osy pre lepšiu stabilitu stroja, presnejšie rezanie a ľahký prístup k pracovnej ploche pozdĺž stola. Nový dizajn CNC stola a ovládacieho panelu s dôrazom na ergonómiu a použitie vysoko odolných materiálov je vhodný z hľadiska ochrany životného prostredia. [7]



Obr.4: Model Cobra rezacieho stola pri AWJ [3]

V súvislosti s vysokým rozvojom technológie AWJ je na trhu množstvo typov abrazívneho materiálu, ktorý sám o sebe ponúka množstvo výhod z hľadiska tvrdosti, dostupnosti, využiteľnosti a v neposlednom rade ekonomickosti. Vhodnosť abrazíva závisí okrem spomínaných vlastností a výhod i od typu použitého zariadenia, jeho parametrov, tvrdosti materiálu, a požadovanej kvality rezu a drsnosti povrchu . [9]

Medzi najviac využívané abrazívne materiály pri technológii hydroabrazívneho delenia tvrdých materiálov sa radia: granát (indický, bengálsky, austrálsky), korund, olivín. V dnešnej dobe sa čoraz častejšie siahajú po abrazíve typu granát. Vďaka jeho tvrdosti a väčšej využiteľnosti v porovnaní s ostatnými abrazívnymi materiálmi. Pri AWJM sa používa granát riečny alebo ťažný. [9]

Najčastejšie sa využíva granát označovaný ako GARNIT #80 , v podobe piesku, pričom veľkosť zrna sa pohybuje v rozpätí 0,18-0,35 mm. Daný materiál má vysokú trvanlivosť, preto sa môže využívať opakovane, čo znamená, že je vhodný na recykláciu. Recykláciou sa jeho vlastnosti nemenia. Mení sa geometrický rozmer zŕn, ktorý je menší v dôsledku štiepenia abrazíva pri doprave potrubím a následným dopadom na obrábanú časť materiálu obrobku. [1]



Obr. 5:Granát [13]

Použitie vhodného druhu abrazívneho materiálu v procese rezania závisí od množstva rôznych faktorov. Jednými z najdôležitejších faktorov sú dostupnosť a cena. Za kvalitné abrazívum sa často krát zaplatí vysoká cena, čo však vypovedá o jeho kvalite a čistote. Je dôležité vyhnúť sa abrazívam s obsahom oxidu kremičitého (spôsobuje silikózu) a tým zvyšuje riziko ochorenia pre obsluhujúci personál. Jeho spotreba sa pohybuje v rozpätí 0,1-1 kg/min. Toto široké rozhranie súvisí s typom použitého čerpadla a dýzy pri WJ technológii.

Kvalita abrazíva nám zaručuje zvýšenú rýchlosť rezania, vyššiu presnosť, minimálne upchatie dýz. Základné vlastnosti, ktoré kvalitné abrazívum musí mať sú :

- dvakrát preosiate,
- ostrosť (lepšie rezanie),
- čistota.

Okrem týchto spomínaných vlastností je dobre si overiť i hrúbku zŕn u výrobcov používaných dýz, čím sa skvalitní nie len proces a spomínaná rýchlosť rezania, ale zvýši sa i životnosť samotného stroja a dýzy.

Na rezanie AWJ sa okrem granátu dajú použiť i iné abrazívne materiály ako korund, olivín, asilikos, afesikos či oceleové guľôčky, sklenené guľôčky, liatinový piesok, oceľový piesok. Tieto materiály však v bežnej praxi nie sú využívané z dôvodu štiepatelnosti, zvýšenej opotrebitelnosti, ekonomickej náročnosti a v určitých prípadoch i zlej recyklovateľnosti.

ODPADY VYSKYTUJÚCE SA PRI WJM A AWJM TECHNOLOGIÁCH A ICH RECYKLÁCIA

Pri používaní týchto technológií sa ako odpad klasifikuje okrem materiálu i použitá voda a abrazíva. Z dôvodu celosvetovo rastúcich cien vody a abrazíva sa vyseparované abrazívo recykluje a je snaha navrhnuť zariadenie na rezanie abrazívnym vodným lúčom v uzavretom cykle. Voda a abrazívo by sa tak po regenerácii vracali do procesu. [1]

Abrazívo sa vo svete recykluje mnohými metódami ako napríklad:

- magnetickou separáciou,
- gravitačnou silou,
- sedimentáciou,
- filtráciou,
- flotáciou,
- mechanická recyklácia – systém WATING,
- automatizovaný spôsob recyklácie–systém WARD [10, 16]

Konečný výsledok procesu recyklácie je zložený z dvoch základných produktov:

- *Recyklované abrazívum* – ktoré sa premýva a suší pred tým ako je pripravené na opätovné použitie. Podobne ako nové abrazíva sa i recyklované abrazívne materiály môžu uskladniť v nádobe na opätovné použitie.
- *Odpad* – kal je uložený v 200l sude, ktorý je pripravený pre vyprázdňovanie. Bahno je dobre stlačiteľné a neobsahuje toľko vody, pretože voda sa vracia späť do nádrže. Výhoda je že nevzniká nadbytočná voda. [17]
- Najznámejšími systémami na recykláciu sú systémy firmy Ward –zaoberajúcou sa problematikou vodného lúča systémy WARDJet AROS, WRS-3000, a iné. [14, 15]

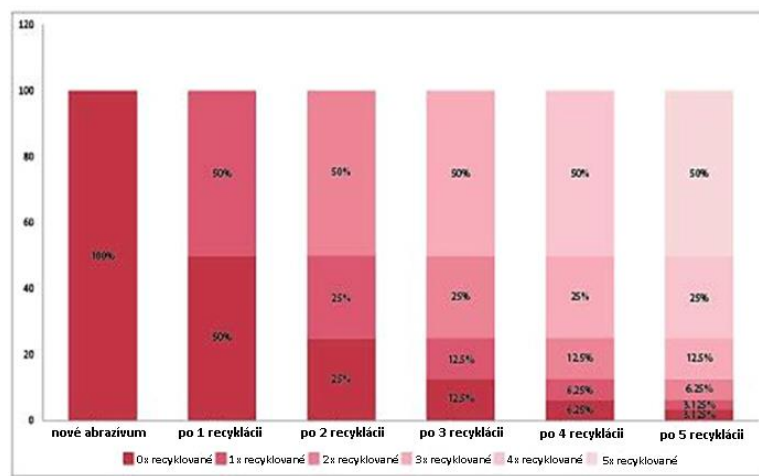


Obr. 6:Zariadenie WRS-3000 na recykláciu vody. [14]



Obr.7:Zariadenie WARDJet AROS na recykláciu vody a abrazíva [15]

Použitá a vyseparované abrazívo sa pri vrátení do procesu nemôže použiť samostatne, lebo stratilo svoju reznú schopnosť o 40-60% a preto sa zmiešava s novým v rôznych pomeroch. Percentuálne možnosti zmiešavania recyklovaných abrazív je znázornený na obr.



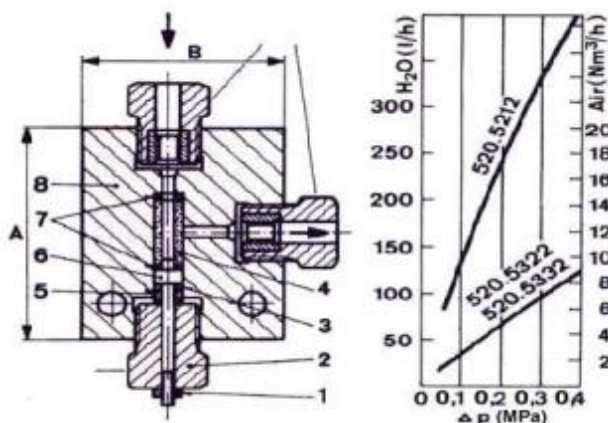
Obr.8: Využitie nových a recyklovaných abrazív v rôznych percentuálnych pomeroch.[11]

Vo vode sú prítomné rôzne minerály ako sulfidy (S), chloridy (Cl), železo (Fe), vápnik (Ca) a horčík (Mg). Pri technológií vodného lúča sú škodlivé 2 typy látok. Sú to usadeniny a celkom rozpustné tuhé látky (Ca a Fe), ktoré najviac škodia dýze pri rezaní vodným lúčom, avšak môžu poškodiť aj tesnenia, piesty alebo sedlá ventilov. Poškodením častí zariadenia vznikajú vysoké náklady na ich opravu, avšak ešte väčšie straty na poklese produkcie podnikov. [6]

Vodu v tomto procese je možné upravovať nasledujúcimi spôsobmi:

- *Mechanická úprava vody* – filtrácia sa používa na elimináciu rôznych rozmerov tuhých častíc z vody. Dôslednejšia filtrácia sa má dosiahnuť vtedy, ak sa má použitá voda znova využívať (uzavretý cyklus).
- *Fyzikálno – chemická úprava vody* – procesy využívajú fyzikálne a chemické vlastnosti látok, ktorého hlavným cieľom je dosiahnuť oddelenie nečistôt od vyčistenej vody.
- *Biologická úprava vody* – biologické čistenie môže prebiehať buď aeróbne, čo je odstraňovanie organických látok použitím mikroorganizmov s prítomnosťou kyslíka a anaeróbne, ktoré nevyužívajú kyslík a môže byť vo forme kyslého alebo metánového kvasenia.[12]

Najčastejšie sa na odstraňovanie nečistôt a odpadov z vody ako už je vyššie uvedené používajú filtračné zariadenie teda filtre. Filtre sú neoddeliteľnou súčasťou zariadenia nie len na strane vstupu vody do pracovného procesu ale i na strane výstupu, kde sa voda chápe ako odpad. Tu sa využívajú na odstránenie drobných častíc rezaného materiálu i použitého abrazíva. Tieto zariadenia sa delia na vysokotlaké a nízkotlaké. &na obrázku nižšie je uvedený vodný filter v reze. [22]



1.pretlakový ventil, 2.dotesnenie filtra, 3.tesnenie, 4.vodný filter, 5.mosadzná podložka,6.teflonový krúžok, 7.tesnenie filtra,8.puzdro vodného filtra

Obr.9: Vodný filter v reze.[21]

Voda je po pracovnom procese filtrovaná z dôvodu odstránenia abrazíva. Filtračný systém pre odpadovú vodu na to využíva gravitačnú silu. Skladá sa z oceleového rámu s hnacím a hnaným hriadeľom, pomocou ktorých sa pohybuje transportná reťaz. Jej súčasťou je filtračná flisová vložka. Reťaz poháňa elektromotor. Odpadová voda je na páse rovnomerne rozmiestnená, nečistoty zachytáva flisový filter, ktorý zozbiera nečistoty a vytvorí koryto. Ak je hladina vysoká automaticky je dopravená nová flisová vložka. [4]

Okrem filtračného systému na odpadovú vodu sa pre jednoduché čistenie použitej vody zachytenej v nádrži používa systém, ktorý pracuje na princípe venturiho efektu nazývaný i odkalovací systém. Oddelený abrazívny piesok a kal je ukladaný do nádoby mimo zachytávacej nádrže. [17]



Obr.10: Odkalovací systém. [17]

Firmy zaoberajúce sa delením materiálov pomocou technológie vodného lúča, či už čistého alebo abrazívneho majú dve možnosti ako naložiť s vodou:

- *recyklovať* - teda znovu navrátiť do pracovného procesu, kde firma ušetrí ŽP a zníži spotrebu vody o približne polovicu. Znečistenú vodu je možné recyklovať už v 95-100% a vytvoriť tak uzavretý cyklus.
- *vypúšťať* – teda vodu oddelenú od abrazívneho kalu odviešť do kanalizácie, ak sa jedná o chemicky znečistenú vodu. Pri delení ťažkých kovov je potrebné túto vodu klasifikovať ako nebezpečný odpad a zabezpečiť firmu, ktorá takúto vodu následne spracuje.

ZÁVER

Zariadenia na rezanie čistým vodným lúčom a abrazívnym vodným lúčom sú vysoko efektívne, konkurencieschopné a ekologické zariadenia chrániace životné a pracovné prostredie.

V dnešnej dobe sa čoraz viac prihladá na ochranu životného prostredia a tak sa využívajú nové, progresívne technológie, ktoré spĺňajú všetky bezpečnostné a environmentálne požiadavky.

Pri využívaní abrazívnych materiálov je dôležité poznať jeho chemické a mechanické vlastnosti a kvalitu. Tieto poznatky zároveň pomáhajú pri ich recyklácii a určení podmienok na elimináciu vznikajúcich odpadov pri tejto progresívnej technológii.

POĎAKOVANIE

Tento článok vznikol v rámci projektov KEGA 032TUKE-4/2012 a Park TECHNICOM – ITMS 26220220182.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KMEC, J.; GOMBÁR, M.; BIČEJOVÁ, Ľ.; DOBROVIČ, J.: *Faktory hydroerózie*; 1. vyd. Košice : TU, 2011. 216 s.; ISBN/ISSN: 978-80-553-0650-6
- [2] HLOCH, S., VALÍČEK, J.: *Vplyv faktorov na topografiu povrchov vytvorených hydroabrazívnym delením*. Prešov, 2008, 125 s. ISBN 978-80-553-0091-7
- [3] PTV spol. s r.o. [online]. [s. a.]. [cit. 2013-10-08]. Dostupné na internete: <http://www.ptv.cz/jnp/produkty/stroje/vodni_paprsek/Cobra/index.html>
- [4] VASILKO, K.; KMEC, J.: *Delenie materiálu*. Prešov 2003, 232 s. ISBN: 80-7099-903-9
- [5] KMEC, J., ŠÚŇ, J., SPIŠÁK, E., GOMBÁR, M.: *Požiadavky na inštaláciu vysokotlakého čerpadla pre vodný lúč*, In: *It-strojarsk*, [cit. 2013-09-16] s. 1-5, ISSN 1338-0761
- [6] KRAJNÝ, Zdenko: *Vodný lúč v praxi WJM*. Bratislava: Epos, 1998. 384 s.: ISBN 80-8057-091-4
- [7] MAŘÍKOVÁ, Petra. *3D abrazívni vodní paprsek*. Brno, 2013. 91 s., Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie obrábění, Vedoucí práce Ing. Karel Osíčka, PhD.
- [8] KMEC, J., SOBOTOVÁ, L.: *Vodný lúč 25 rokov na Slovensku; Transfer inovácií*, 18/2010, SĽF, TUKE; s.160-164; ISBN:1337-7094 [cit. 2013-02-11] Dostupné na internete: <<http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/18-2010/pdf/160-164.pdf>>
- [9] ŠÚŇ, R., SPIŠÁK, E.: *Prehľad najčastejšie používaného abrazívneho materiálu v procese rezania hydroabrazívnym lúčom*; *It-strojarsk* 2012, s.1-3; ISSN 1338-0761. [
- [10] SOBOTOVÁ, L., KARKOVÁ, M.: *Kvalita rezacej vody pri technológii delenia materiálov vodným lúčom - 2012*. In: *Transfer inovácií*. Č. 24 (2012), s. 125-128. - ISSN 1337-7094
- [11] BADIDA, M., KMEC, J., SOBOTOVÁ, L., BIČEJOVÁ, Ľ., GOMBÁR, M.: *Hydroerosion and environment*, 2013, first edition, 153 p. ISBN 978-3-942303-20-0
- [12] BINDZAR, J., *Základy úpravy a čištění vod*, Praha 2009, [online]. [s. a.]. [cit. 2013-12-20]. Dostupné na internete: <http://vydavatelstvi.vscht.cz/katalog/uid_isbn-978-80-7080-729-3/>
- [13] <http://www.wardjet.com/recycling.html>
- [14] *Waterjet Abrasive Removal Only System (AROS)*, www.wardjet.com/aros.html
- [15] KRÁLIKOVÁ, R., BADIDA, M., HALÁSZ, J.: *Technika ochrany životného prostredia*- Košice : Elfa, - 2007. - 303 s. - ISBN 978-80-8086-062-2.
- [16] Kmec, J., Sobotova, L. et al. : *Categories of hydroerosion factors - 1. ed.* - Lüdenscheid : RAM - Verlag, Germany 2012. - 153 s. ISBN 978-3-972303-11-8
- [17] KOPEČNÝ, L: *Abrazívni vodní paprsek* [online]. Brno, 2011. Dostupné na internete: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/445/DIPLOMOV_PRACE-ABRAZIVN%C3%8D_VODNI_PAPRSEK-LIBOR_KOPECNY_2011.pdf?sequence=1>
- [18] TALPA-RPF, *řezání vodním paprskem* - Dostupné na internete: <<http://www.talparpf.cz/rezani-vodnim-paprskem.html>>
- [19] KMEC, J., KUČERKA, D., et.al.: *Delenie materiálov*, TU Košice, 2014, 2. vyd. Košice, 287s., ISBN: 978-80-553-1872-1
- [20] DEMA s r. o. : *čerpádlá*, [cit.2013-09-20], Dostupné na internete: <<http://www.dema-zvolen.sk/>> ,
- [21] BRYM, R: *Trendy vývoje obrábění vodním paprskem* [online]. Brno 2008. Dostupné na internete: <http://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5167>
- [22] TVARUŽEK, M: *Studie použití vodního paprsku* [online]. Brno 2012.

**Manažérstvo životného prostredia 2014 ♦ Management of Environment' 2014**

Zborník - XIV. medzinárodná vedecká konferencia, 28. - 29. marec 2014 v Bojniciach
Proceedings of the 14rd International Conference, Bojnice, March 28 - 29, 2014
■ Žilina:Strix. Edícia ESE-20, ISBN 978-80-89281-98-5 ■ Rusko,M.- Harangozó,J.[Eds.] ■

ADRESY AUTOROV

doc. Ing. Lýdia SOBOTOVÁ, PhD. , Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice , e-mail: lydia.sobotova@tuke.sk

Ing. Monika KARKOVÁ, Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice , e-mail: monika.karkova@tuke.sk

Ing. Tibor DZURO, Technická univerzita Košice, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 042 00 Košice , e-mail: tiber.dzuro@tuke.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.