

KVALITA, RECYKLÁCIA A VYUŽITIE ABRAZÍVNYCH MATERIÁLOV POUŽÍVANÝCH PRI TECHNOLOGII AWJ

Monika KARKOVÁ - Lýdia SOBOTOVÁ

QUALITY, RECYCLING AND USE ABRASIVE MATERIALS USED FOR AWJ TECHNOLOGY

ABSTRAKT

Článok sa zaoberá technológiou delenia materiálov vodným lúčom, jeho históriou a vývojom. Osobitná pozornosť je venovaná abrazívnym materiálom, ich kvalite, technickým a chemickým vlastnostiam, ich využitiu v praxi a recyklácii.

Kľúčové slová: vodný lúč, abrazívne materiály, recyklácia,

ABSTRACT

The article deals with the technology of waterjet cutting of materials, his history and development. Particular attention is devoted to the abrasive material, their quality division, technical and chemical properties, their use in practice and recycling.

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

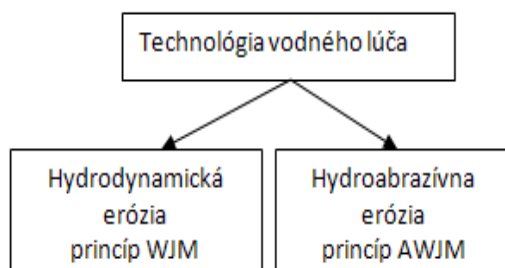
ÚVOD

Voda ako prírodný zdroj sa už v minulosti využívala na technické ciele a úpravu povrchového terénu v rôznych odvetviach. Svoje uplatnenie našla i pri technológii vodného lúča. Táto technológia delenia materiálu vodným lúčom sa na Slovensku začala využívať od roku 1985, prostredníctvom medzinárodného vedecko-výrobného združenia ROBOT v Prešove. Toto združenie spolupracovalo na vývoji a výskume WJ so SJF-TU Košice, VUZ Bratislava, ČSV Praha, ČVUT Praha a VUT Brno. [8]

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]

Síla vodného lúča, je schopná deliť materiály rôznych štruktúr a hrúbky. Od textilu cez plasty, kameň až po ocele a liatiny. Táto technológia sa radí medzi technológie delenia materiálov za studena. Využíva sa hlavne pri materiáloch a tvaroch výrobkov, kde je požiadavka nevyvolávať tlakové deformácie na materiály. [4]

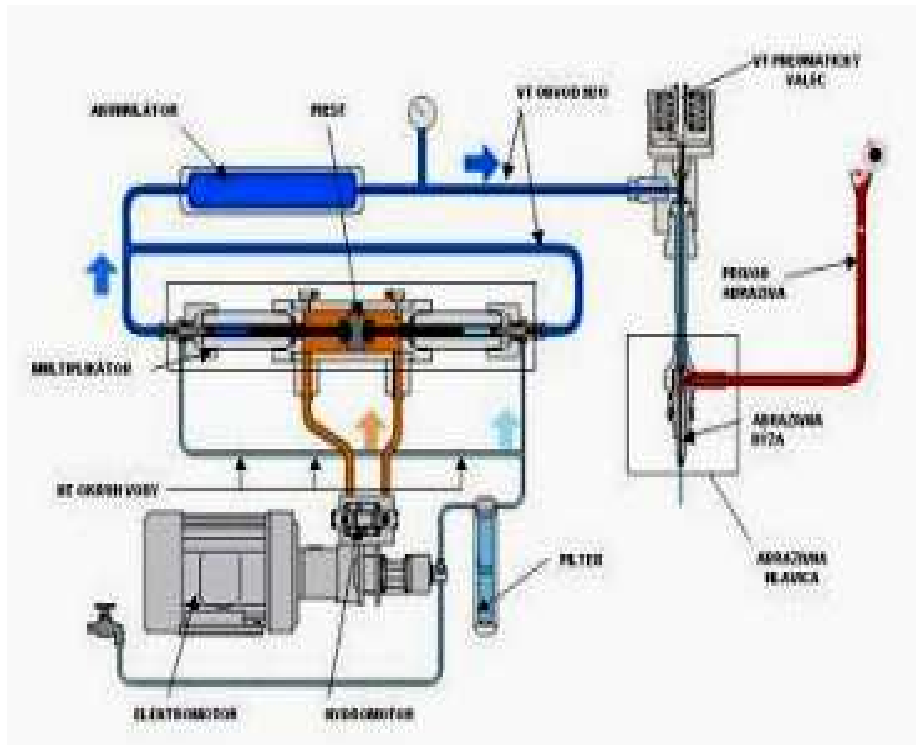
Technológiu rezania vodným lúčom nazývanú aj Water Jet-Cutting môžeme klasifikovať podľa grafického modelu KMECOV MODEL WATER JET CUTTING 1. Táto klasifikácia vypracovaná vo firme WATING Prešov s.r.o. v spolupráci s Katedrou technológii a materiálov, SJF, TU v Košiciach vznikla z praktických poznatkov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



Obr. 1: Základné delenie vodného lúča podľa princípu. Zdroj:1

TECHNOLÓGIA DELENIA MATERIÁLOV ABRAZÍVNÝM VODNÝM LÚČOM

Na delenie kompaktných a tvrdých materiálov, ako napr. kovov, skla, keramiky sa používa abrazívna metóda rezania. Predtým ako sa lúč dotkne materiálu pridá sa k prúdu vody v zmiešavacej komore rezný prostriedok – abrazívum. [3]



Obr. 2:Schéma abrazívneho vodného lúča Zdroj:11

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

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]

Rozpusťné tuhé látky vychádzajú z roztoku a pôsobia ako abrazívny materiál. Najviac postihnutými komponentmi sú hubice a vysokotlakové tesnenia. [5]

Pri vytváraní vysokorychlostného abrazívneho prúdu dochádza k opotrebovaniu zariadenia najmä zaostrovacej trubice v dôsledku nárazov pevnej fázy na vnútornú stenu tejto trubice. [2]

ABRAZÍVNE MATERIÁLY VYUŽÍVANÉ PRI TECHNOLÓGII AWJ

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]

Granát ako abrazívny materiál využívaný pri vodnom lúči je ťažký a pri jeho lámaní vznikajú ostré hrany, a to je definované ako výhoda v procese rezania AWJ. Granát ako abrazívum nereaguje s rezaným materiálom, t.j. nedochádza ku chemickým reakciám s deleným materiálom a teda jeho likvidácia si nevyžaduje náročné procesy a je i finančne prijateľný z hľadiska ekonomického zaťaženia prevádzkovateľa. [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 zrn, ktorý je menší v dôsledku štiepenia abrazíva pri doprave potrubím a následným dopadom na obrábanú časť materiálu obrobku. [1]

Ďalším typom abrazívneho materiálu používaného na delenie WJ technológiou je **korund**, značený ako CORUNDUM SK, ktorý je syntetický, nekovový materiál. Jeho vlastnosti zodpovedajú norme ISO 11126. Je to elektrický tavený kryštálový oxid hlinitý, ktorý sa môže deliť na tri skupiny, viď. tab. 1. [1]

Tab.1: Základné rozdelenie abrazívneho materiálu CORUNDUM SK. Zdroj:1

SKI - biely tavený oxid hlinitý	Oxid hlinitý	99,3 %
	Kovové železo	<0,03 %
SK II - hnedý pravidelný tavený oxid hlinitý	Oxid hlinitý	95,4 %
	Kovové železo	<0,1 %
SK III - hnedý pravidelný tavený oxid hlinitý	Oxid hlinitý	50-60 %
	Mierná feromagnet. časť	

Tento typ abrazívneho materiálu dosahuje stupeň tvrdosti č. 9 podľa Mohsovej stupnice. Bežne sa dodáva o veľkosti 1,8 g/cm³, balí sa do 25kg papierových vriec a objednáva sa na palety (40 vriec = 1 paleta). [1] Na obr. 2 je zobrazený korund hnedý.



Obr. 3: Granát Zdroj:13



Obr. 4: Korund hnedý Zdroj:12

Polodrahokam **olivín** je nekovový minerálny materiál, ktorý spĺňa požiadavky ISO 11126 a používa sa pri delení vodným lúčom. Skladá sa z oxidu železitého a oxidu horečnatého. Vyznačuje sa dlhou životnosťou, a chemickými vlastnosťami uvedenými v tab. č. 2. Balí sa rovnako ako korund do 25kg vriec a dodáva sa na palety. [1]

Tab.2: Chemické vlastnosti a rozsah veľkostí abrazívneho materiálu Olivín. Zdroj:1

Chemické vlastnosti :	
Farba	žltozelená, zelená, zelenočierna
Štiepateľnosť	nedokonalá
Priehľadnosť	priehľadný až priesvitný
Lesk	sklenný, mastný
Špecifická váha	3,3 g/cm ³
Tvrdosť	6,5 – 7 Mohsovej stupnice
Chemické vlastnosti	rozpustný v HNO ₃
Štandardný rozsah veľkostí číslo :	
1	0,18-0,35 mm
2	0,25-0,50 mm
3	0,50-1,00 mm
4	0,70-1,40 mm

V bežnej praxi sa využívajú i ďalšie materiály vhodné ako abrazívo ako napríklad:

ASILIKOS – syntetický minerál o tvrdosti 7 -8 Mohsovej stupnice s priemernou objemovou hmotnosťou zrna bežne dodávanej veľkosti 1,3 g/cm³. [1]

Tab.3: Rozsahy veľkosti zŕn abrazívneho materiálu ASILIKOS. Zdroj:1

Štandardné rozsahy veľkosti:	0,25-1,40 mm 0,50-1,40 mm 0,25-2,00 mm 0,25-2,80 mm
Neštandardné rozsahy veľkosti:	0,25-0,50 / 0,25-1,00 mm 0,50-1,00 / 0,50-2,00 / 0,50-2,80 mm 1,00-1,40 / 1,00-2,00 / 1,00-2,80 mm 1,40-2,00 / 1,40-2,80 mm
Špeciálne rozsahy veľkosti :	0,09-0,25 mm 0,09-0,50 mm

AFESIKOS –minerálny nekovový materiál o tvrdosti 8 Mohsovej stupnice s priemernou objemovou hmotnosťou zrna bežne dodávanej veľkosti 1,4 g/cm³. Podľa chemického zloženia je to tavenina kremičitanu hlinitého obsahujúca: siliku – 53% ; oxid hlinitý – 28%; oxid železitý – 6%; oxid draselný – 4%; oxid vápenatý 3%; a celkové železo 6%. Dodáva sa v štandardných veľkostiach uvedených v tab.4. [1]

Tab.4: Rozsahy štandardných veľkosti zŕn abrazívneho materiálu AFESIKOS. Zdroj:1

Veľkosť číslo:	Veľkosť v mm:
1	0,040-0,18 mm
2	0,125-0,35 mm
3	0,250-0,50 mm
4	0,250-1,40 mm
5	0,500-1,00 mm
6	1,000-1,40 mm

Okrem týchto hore uvedených abrazívnych materiálov sa dajú použiť i oceľové guľôčky, sklenené guľôčky, liatinový piesok, oceľový piesok. Tieto materiály však v bežnej praxi nie sú využívané z dôvodu štiepateľnosti, zvýšenej opotrebitelnosti, ekonomickej náročnosti a v určitých prípadoch i zlej recyklovateľnosti.

RECYKLÁCIA ABRAZÍVNYCH MATERIÁLOV A VODY

Z dôvodu celosvetovo rastúcich cien vody a abrazíva sa vyseparované abrazívo recykluje a je snaha navrhnúť 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. 5: Zariadenie WRS-3000 na recykláciu vody.
Zdroj:14



Obr. 6: Zariadenie WARDJet AROS na recykláciu abrazíva.
Zdroj:15

POUŽITIE A KVALITA ABRAZÍVNYCH MATERIÁLOV

Použité 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 abrazívum s obsahom oxidu kremičitého (spôsobuje silikózu) a tým zvyšuje riziko ochorení 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 zrn u výrobcov používaných dýz, čím sa skvalitní nie len proces a spomínaná rýchlosť rezania, ale zvýši sa i životnosť samotného stroja a dýzy.

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 prihliada 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 projektu KEGA 032TUKE-4/2012 .

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] KMEC,J. - GOMBÁR,M. -BIČEJOVÁ, E. - DOBROVIČ, J.: Faktory hydroerózie; 1. vyd. Košice : TU, 2011. 216 s.; ISBN/ISSN: 978-80-553-0650-6
- [2] HÍREŠ,O. - HATALA,M. - HLOCH,S.: Delenie kovových materiálov okružnou pílou, vodným prúdom a plazmovým oblúkom; Ostrava 2007; 147s; ISBN: 978-80-8073-769-6
- [3] VASILKO,K. - KMEC,J.: Delenie materiálu; Prešov 2003; 232s.; ISBN: 80-7099-903-9
- [4] Salesmen presentation; KMT GmbH-KMT Waterjet System : KMT Creating value through precision,15slyde, Germany 77 s
- [5] KMEC,J. - BIČEJOVÁ,E. - NOVÁKOVÁ, M. - GOMBÁR,M.: Rozdelený vodný lúč pre rezanie nerezových materiálov; Prešov 2011;143s; ISBN:978-80-553-0827-2



- [6] KRAJNÝ, Z.: AQUACLEAN, s r. o., Bratislava. [cit. 2013-02-06] Dostupné na internete: <<http://www.techpark.sk/technika-12-2008/spolocnost-aquaclean-certifikovana-na-obrabanie-vodnym-lucom-.html>>
- [7] KRAJNÝ, Z.: AQUACLEAN, s r. o., Bratislava. [cit. 2013-02-06] Dostupné na internete: <<http://www.techpark.sk/technika-9102012/vyuzitie-technologie-vysokotlakoveho-vodneho-luca-na-obrabanie-materialov-v-hazardnom-prostredi.html>>
- [8] KMEC, J. - SOBOTOVÁ, L.: Vodný lúč 25 rokov na Slovensku; Transfer inovácií, 18/2010, Sjf, 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] ŠÚN, R. - SPIŠÁK, E.: Prehľad najčastejšie používaného abrazívneho materiálu v procese rezania hydroabrazívnym lúčom; It-strojár.sk 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] KRAJNÝ, Z.: Konštrukcia zariadení na obrábanie vysokotlakovým vodným lúčom WJM, 2013, In: Strojírrenství, Industry central EU 2013 [cit. 2013-02-16]. Dostupné na internete: <<http://www.industry-central.eu/cs/clanky/strojirrenstvi/105-konstrukcia-zariadeni-na-obrabanie-vysokotlakovym-vodnym-lucom-wjm>>
- [12] COMPREX, s r. o.: Tryskacie materiály; [cit. 2013-03-12], Dostupné na internete: <<http://tryskaciematerialy.sk/?page=korund-hnedy>>
- [13] COMPREX, s r. o.: Tryskacie materiály; [cit. 2013-03-13], Dostupné na internete: <<http://tryskaciematerialy.sk/?page=garnet>>
- [14] Dostupné na internete: <http://www.wardjet.com/recycling.html>
- [15] Waterjet Abrasive Removal Only System (AROS), www.wardjet.com/aros.html
- [16] KRÁLIKOVÁ, R. - BADIDA, M. - HALÁSZ, J.: Technika ochrany životného prostredia- Košice : Elfa, - 2007. 303 s., ISBN 978-80-8086-062-2.
- [17] 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
- [18] KRÁLIKOVÁ, R. - BADIDA, M. - HALÁSZ, J.: Technika ochrany prostredia - Košice : Elfa, - 2005. - 278 s. ISBN 80-8073-229-9.
- [19] KRÁLIKOVÁ, R. - SOKOLOVÁ, H.: Prístupy k hodnoteniu pracovného prostredia v priemysle. 2012. In: Manažérstvo životného prostredia 2012. Žilina : STRIX, 2012 S. 109-113. - ISBN 978-80-89281-85-5

ADRESY AUTOROV:

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

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