



RECYKLÁCIA ABRAZÍVNYCH MATERIÁLOV PRI TECHNOLÓGII AWJ

RECYKLING OF ABRASIV MATERIALS USING TO AWJ TECHNOLOGY

Monika KARKOVÁ Lýdia SOBOTOVÁ

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.[16]

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 Trenčine a Fakulte výrobných technológií TUKE so sídlom v Prešove. Do rozvoja sa zapojili i firmy v danom regióne.[16]

Sila vodného lúča, je schopná deliť materiály rôznych štruktúr a hrúbky. Od textilu cez plasty, kameň až po oceľ 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. [15]

Technologický postup delenia materiálov

Progresívne technológie úberu materiálu môžeme klasifikovať v troch skupinách:

- podľa hlavného energetického zdroja úberu - procesy mechanické, chemické, elektrochemické, elektrotepelné.
- podľa prítomnosti „nástroja“ ako geometrického telesa
- podľa prevládajúceho mechanizmu úberu materiálu. [2]

Obrábanie materiálu WJM a AWJM radíme medzi mechanické procesy a je to proces založený na mechanicko-fyzikálnom základe. Lúč má vysokú reznú silu. Pri vysokej kinetickej energii, ktorá pôsobí na plochu dochádza k prieniku lúča do materiálu, následne k jeho odbrusovaniu a odplavovaniu z miesta rezu. [1]

Tlak vody v procese WJM je určený Bernoulliho rovnicou (1). Čím je tlak vodného lúča vyšší, tým je vyššia kinetická energia molekúl vody a oveľa lepšie sa porušujú molekulárne väzby materiálu obrobku. [2]



$$v^2 = \frac{2p}{\rho} \quad (1)$$

kde: v – rýchlosť prúdenia [m/s]

p – tlak kvapaliny [MPa]

ρ – hustota kvapalného média [kg/m³]

Jav erózie predstavuje proces opotrebenia, ktorý je spojený s nárazom pevnej častice na povrch pevného materiálu. V závislosti od druhu rezného materiálu dochádza k spomaľovaniu lúča a k jeho postupnému vychýľovaniu z pôvodného smeru. [1]

Pri AWJ metóde je lúč generovaný vysokým tlakom vody, prechádzajúci otvorom dýzy. Lúč preniká do materiálu, postupne stráca kinetickú energiu a vychýľuje sa. V každom bode sa pohybuje po zaoblenej dráhe, ktorej polomer sa mení s predchádzajúcou dĺžkou oblúka. Toto je dôsledkom trenia medzi povrchom vodného lúča a povrchom materiálu. [2] Teplota v mieste rezu sa pohybuje okolo 50°C. Okolie materiálu v mieste rezu teda nie je tepelne ani mechanicky zdeformované. V mieste rezu sú viditeľné stopy pôsobenia lúča v smere rezu a pohyb rezania, čo je možné eliminovať zmenou parametrov rezania. Tieto zmeny je možné vidieť v tab.2. Chladiaci účinok v procese AWJ umožňuje rezanie viacvrstvových materiálov vo všetkých smeroch s jednoduchým tvarovým rezaním. Medzi výhody patrí rezanie bez iskier, vysoká pevnosť, spoľahlivosť a jednoduchosť prevádzky, vysoká presnosť delenia, možnosť kontrolovať kvalitu povrchu zmenou rýchlosti posuvu. Spôsob delenia materiálov metódou AWJ má však i svoje nevýhody a to vysoké investičné náklady, vysoká spotreba energie. Tieto výhody a nevýhody sú znázornené v tabuľke. 1, v ktorej je znázornené porovnanie nákladov s ostatnými technológiami. [4] [6]

Tab. 1 : Výpočet celkových nákladov na meter rezu pre rôzne technológie rezania materiálu- uhlíková konštrukčná oceľ, hrúbka dosky 10 mm [4]

	Popis nákladov	Jednotka	Laser	Plazma	Autogén	AWJ
1	Rýchlosť	m/min	1,00	2,45	0,62	0,38
2	Fixné prevádzkové náklady	€/hod	91,30	43,29	30,66	50,10
3	Celkové personálne náklady	€/hod	14,00	14,00	14,00	14,00
4	Spotreba technických plynov	€/hod	7,8	4,04	4,33	-
5	Spotreba abrazív	€/hod	-	-	-	7,56
6	Náklady na vodu	€/hod	-	-	-	2,64
7	Náklady na el. energiu	€/hod	1,95	2,75	0,15	2,64
8	Náklady na doplnkové príslušenstvo	€/hod	0,35	9,89	2,19	3,75
9	Suma za spotreby (4,5,6,7,8)	€/hod	10,10	14,68	6,67	14,36
10	Náklady spolu (2,3,8)	€/hod	115,40	71,98	51,33	78,46
11	Náklady na 1m rezu	€/m	2,09	0,56	1,65	3,88

Tab. 2 : Stupne kvality obrobeného povrchu: [5]

Stupeň	Základná charakteristika	Drsnosť Ra, μm		Tvarová presnosť mm		Skos
		v hornej kontúre	v spodnej kontúre	v hornej kontúre	v spodnej kontúre	
Q5	najlepší rez	pod 3,2	cca 3,2	+/- 0,1	+/- 0,1	mierny podrez
Q4	kvalitný rez	cca 3,2	cca 6,3	+/- 0,1	+/- 0,15	väčšinou minimálne
Q3	stredný rez	cca 4,0	do 12,5	+/- 0,15	podľa typu a sily materiálu	podľa typu a sily materiálu
Q2	hrubý rez	cca 4,0	do 25	+/- 0,2	podľa typu a sily materiálu	



Q1	deliaci rez	4,0-6,3	do 40	+/- 0,2	výrazne nepresné	výrazný skos do +
----	-------------	---------	-------	---------	------------------	-------------------

Abrazívne materiály využívané pri technológii AWJ

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. 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. [10]

Ďalším typom abrazívneho materiálu používaného na delenie AWJ technológiou je **korund**, značený ako CORUNDUM SK, ktorý je syntetický, nekovový materiál. Jeho vlastnosti zodpovedajú norme ISO 11126. Tento typ abrazívneho materiálu dosahuje stupeň tvrdosti č. 9 podľa Mohsovej stupnice. [10]

Tab.3: Základné rozdelenie abrazívneho materiálu CORUNDUM SK. [10]

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 %
	Mierna feromagnetická časť	

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. 4. [10]

Tab.4: Chemické vlastnosti a rozsah veľkostí abrazívneho materiálu Olivín. [10]

Chemické vlastnosti :	
Farba	žltozelená, zelená, zeleno čierna
Štiepateľnosť	nedokonalá
Priehľadnosť	priehľadný až priesvitný
Lesk	sklený, mastný
Špecifická váha	3,3 g/cm ³
Tvrdosť	6,5 – 7 Mohsovej stupnice
Chemické vlastnosti	rozpustný v HNO ₃
Štandardný rozsah veľkosti 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



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

Použitie a kvalita abrazívnych materiálov

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 zín u výrobcov používaných dýz, čím skvalitníme nie len proces a spomínanú rýchlosť rezania, ale zvýšime i životnosť samotného stroja a dýzy.

Recyklácia a recyklačné zariadenia

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. [10]

Abrazívo sa vo svete recykluje mnohými metódami ako napríklad:

- magnetickou separáciou,
- gravitačnou silou,
- flotáciou,
- mechanická recyklácia – systém WATING,
- -automatizovaný spôsob recyklácie–systém WARD [11]

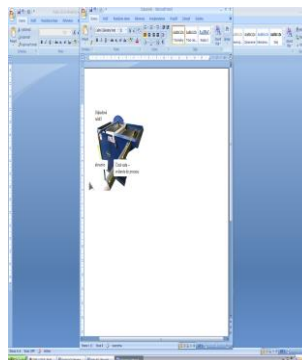
Konečný výsledok procesu recyklácie je zložený z dvoch základných produktov:

- **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.[14]

Najznámejšími systémami na recykláciu sú systémy firmy Ward –zaoberajúcou sa problematikou vodného lúča systémy WARDJet AROS, WRS-3000, a iné. [12,13]



Obr. 5:Zariadenie WRS-3000 na recykláciu vody.
Zdroj:12



Obr. 6:Zariadenie WARDJet AROS na recykláciu abrazíva.
Zdroj:13

Použitie a kvalita abrazívnych materiálov

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.

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.

Pod'akovanie

Tento článok vznikol v rámci projektu KEGA 032 TUKE-4/2012 a VEGA 1/0396/11.

Kľúčové slová

vodný lúč, abrazívne materiály, recyklácia.



Použitá literatúra

- [1]hydroabrazívnom delení, In: Acta facultatis technicae, XVII, Zvolen 2012, s. 113–122, ISSN 1336-4472 [cit. 15.05.2013]. Dostupné na internete: <http://www.tuzvo.sk/files/FEVT/fakulta_fevt/akta_fevt-3-2012-tavodova.pdf>
- [2]ĽAVADOVÁ, M. : Kvalita reznej plochy po rezaní abrazívnym vodným lúčom, In: Acta facultatis technicae, XVI, 2011 Zvolen, s. 191–199, ISSN 1336-4472 [cit. 15.05.2013]. Dostupné na internete: <http://www.tuzvo.sk/files/FEVT/fakulta_fevt/tavodova-akta-fevt-2-2011-4.pdf>
- [3]KMEC,K., SOBOTOVÁ, L., BIČEJOVÁ, Ľ.: Kategórie faktorov vplývajúcich na hydroeróziu, The 13th International Scientific Conference , Trends and Innovative Approaches in Business Precesses 2012,s 1-10, ISBN 978-80-553-0742-8, [cit. 15.05.2013]. Dostupné na internete: <http://www.sjf.tuke.sk/kmae/TaIPvPP/2010/index.files/clanky%20PDF/KMEC_SOBO TOV A_BICEJOVA.pdf>
- [4]PERŽEL, V., HREHA, P., MIČKO, M.: Porovnávací analýza technológií AWJ, In: Strojárstvo/Strojírenství, Žilina 2012, č. 3,str.34-35, ISSN 1335-2938
- [5]VASILKO, K., KMEC, J.: Delenie materiálu; Prešov 2003; 232s.; ISBN: 80-7099-903-9
- [6]KMEC, J., BIČEJOVÁ, Ľ., NOVÁKOVÁ, M., GOMBÁR, M.: Rozdelený vodný lúč pre rezanie nerezových materiálov; Prešov 2011;143s; ISBN:978-80-553-0827-2
- [7]HLOCH, S., VALÍČEK, J., GOMBÁR, M.: Hodnotenie významnosti faktorov technológie abrazívneho vodného prúdu, In: METAL 2007, Hradec nad Moravicí, 7s., [cit. 15.05.2013], dostupné na internete: <http://www.metal2013.com/files/proceedings/metal_07/Lists/Papers/180.pdf>
- [8]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
- [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. [cit. 2013-02-13] Dostupné na internete:<**Chyba! Neplatné hypertextové prepojenie.**>
- [10]KMEC,J.; GOMBÁR,M.; BIČEJOVÁ, Ľ.; DOBROVIČ, J.: Faktory hydroerózie; 1. vyd. Košice : TU, 2011. 216 s.; ISBN/ISSN: 978-80-553-0650-6
- [11]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 [cit. 2013-02-16]Dostupné na internete: <www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/main.htm... >
- [12] <http://www.wardjet.com/recycling.html>
- [13] WaterjetAbrasiveRemovalOnlySystem (AROS), www.wardjet.com/aros.html
- [14] Kmec, J., Sobotova, L. et al. : Categories ofhydroerosionfactors - 1. ed. - Lüdenscheid : RAM - Verlag, Germany 2012. - 153 s. ISBN 978-3-972303-11-8
- [15] Salesmen presentation; KMT GmbH·KMT Waterjet System : KMT Creating value through precision,15slyde, Germany 77 s
- [16] 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>>

Kontaktná adresa

Ing. Monika karková

TU, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 040 01 Košice,

e-mail: monika.karkova@tuke.sk

doc. Ing. Lýdia Sobotová, PhD.

TU, Strojnícka fakulta, Katedra environmentalistiky, Park Komenského 5, 040 00 Košice, e-

mail: lydia.sobotova@tuke.sk