



REZANJE MLAZOM VODE

WATER CUTTING

Antun STOIĆ¹⁾, **Ivan SAMARDŽIĆ**¹⁾, **Miroslav DUSPARA**¹⁾, **Mato SIGURNJAK**²⁾

Ključne riječi: rezanje, tlak, brzina reznja, udaljenost mlaznice od površine obratka

Key words: cutting, pressure, velocity of cutting, distance of the nozzle from the surface of workpiece

Sažetak: U radu je opisan sam postupak i dijelovi uređaja za rezanje mlazom vode (pumpa za stlačivanje medija, pojačivač tlaka, materijal za izradu mlaznice i njihov oblik te abrazivna sredstva). Također su opisani parametri rezanja i njihov utjecaj na kvalitetu obrađene površine (brzina rezanja, tlak rezanja te udaljenost mlaznice od obrađivane površine). Ispitivani materijal je aluminij.

Abstract: This paper describes process and parts of water cutting equipment (press pump, pressure accelerator, materials for nozzle production and nozzle shapes and abrasives). Also, cutting parameters and its influence on the cutting surface quality (cutting velocity, cutting pressure and the distance of the nozzle from the surface of the work piece) are described in this paper.

¹⁾ Strojarški fakultet Slavonski Brod (HR)

²⁾ SIGMAT d.o.o. Gromačnik 35 35000 Slavonski Brod (HR)

1. UVOD

Ovaj postupak se može opisati kao erozijsko odnošenje materijala, pomoću kinetičke energije vode koja je dobivena stlačenjem i propuštanjem vode kroz mlaznicu.

Rezanje mlazom vode se dosta koristi tamo gdje ne želimo unositi toplinu u osnovni materijal. Kod osjetljivih materijala gdje će i mali unos topline nepovratno promijeniti strukturu materijala. Postoje dvije vrste rezanja materijala vodom:

1. Rezanje vodom pod visokim tlakom,
2. Rezanje vodom pod visokim tlakom sa dodatkom abraziva.

Rezanje vodom pod visokim tlakom koristi se za rezanje mekših materijala. Širina reza ovim postupkom je od 0.076 do 0.33 mm, što je otprilike promjer ljudske dlake. Uobičajena primjena je u prehrambenoj industriji, papirnoj industriji i sl.

Rezanje s dodatkom abraziva koristi se za rezanje tvrdih materijala. Širina reza je od 0.5 do 1.5 mm. Kao abraziv se može koristiti pijesak, granat, aluminijev oksid.

Budući da čestice abraziva erodiraju materijal, potrebno je da budu dovoljno tvrde te odgovarajućeg oblika. Čestice oštih bridova imaju dobra svojstva rezanja ali mogu uzrokovati veliku koncentraciju naprezanja.

Potrošnja abraziva kreće se 0,25 – 1 kg/min, a najčešće je to oko 0,5 kg/min.

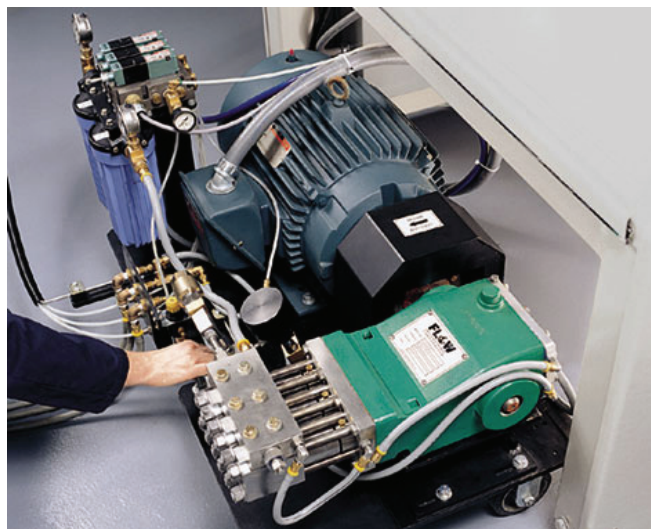


Slika 1. Tipični oblici granatnog abraziva korištenog za AWJM obradu [1]

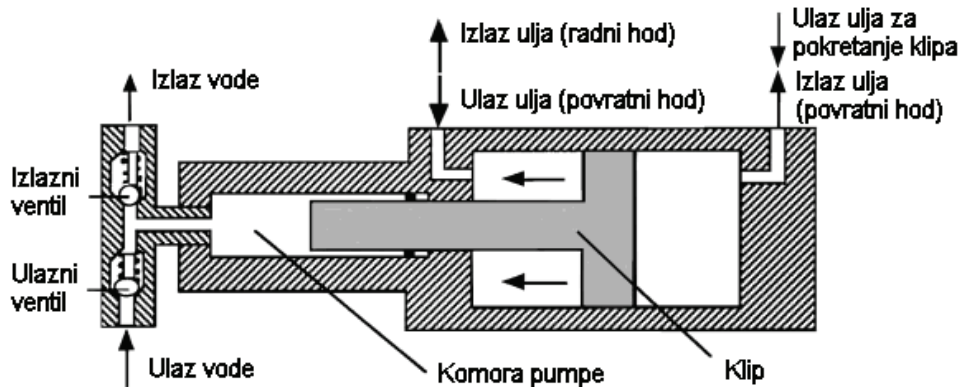
I kod jednog i drugog postupka obrade postoje dvije ključne stvari:

1. Konstantno osiguravanje visokog tlaka vode
2. Osiguravanje konstantne brzine vodenog mlaza i njegove strukture.

Na slici 2 može se vidjeti stvarni izgled direktne pumpe i shema pojačivača tlaka koji vodu tlači na oko 4000 bar, pojačivač tlaka može biti jednosmjerni ili dvosmjerni (slika 3).

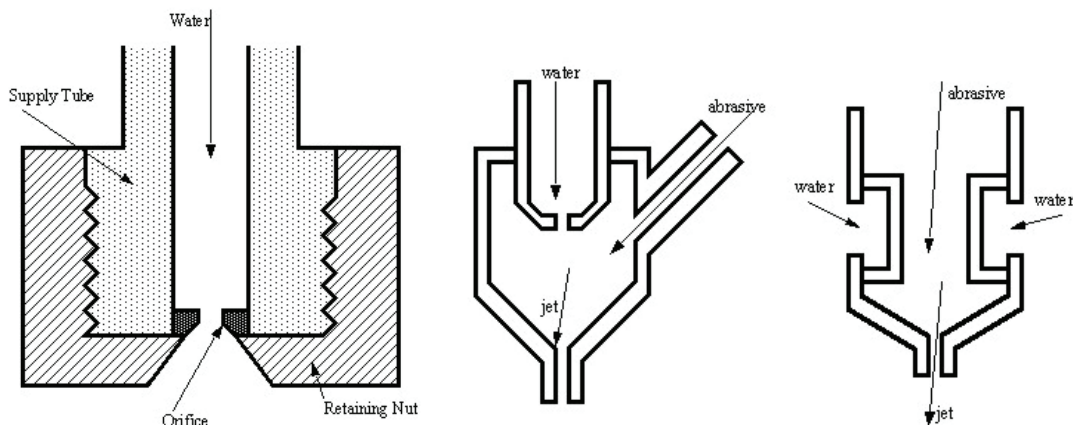


Slika 2. Prikaz direktne pumpe [2]



Slika 3. Shema jednosmjernog pojačivača tlaka [1]

Iz pojačivača tlaka voda se cijevima debelih stijenki odvodi do mlaznica gdje izlazi van velikom brzinom, negdje oko 5500 km/h. Na slici 4 vide se dvije izvedbe mlaznica, mlaznica za rezanje pod visokim tlakom i mlaznica za rezanje pod visokim tlakom sa dodatkom abraziva.



Slika 4. Izgled mlaznice za rezanje pod visokim tlakom i mlaznice za rezanje pod visokim tlakom sa dodatkom abaraziva [3]

Kako je velika brzina vode na kraju mlaznice i dodatak abraziva, osim što se reže materijal oštećuje se i sama mlaznica. Tako da imamo više vrsta materijala za mlaznice koji imaju veći ili manji vijek trajanja što je vidljivo u tablici 1. Rok trajanja mlaznice ovisi o nizu faktora tlaku vode, kvaliteti vode, abrazivu, ulaznim geometrijama mlaznice. Ulazna voda mora biti posebno tretirana sa grubim predfiltrima, finim filtrima i sa deionizirajućim krugom zato da se ne promjene geometrijska svojstva mlaznice i time se ne naruši kontinuitet reznog mlaza (brzina i snaga reznog mlaza).

Tablica 1. Materijali za izradu mlaznica i njihov vijek trajanja[4]

	Radni vijek, h	Primjena	Napomena
Safir	50 - 100	WJM	Ako se primjenjuje kod AWJM radni vijek se skraćuje na pola
Rubin	50 - 100	AWJM	Nije pogodna za WJM
Dijamant	800 - 2000	WJM & AWJM	10 - 20 puta skuplja od safirne i rubinske

2. PARAMETRI REZANJA

Kao i kod svih vrsta rezanja i kod rezanja mlazom vode postoje neki parametri kojih se moramo pridržavati ako želimo postići određenu kvalitetu obrađene površine. Materijal koji je korišten za ispitivanje je aluminij sa sljedećim karakteristikama: čvrstoća 90 MPa, modul elastičnosti 69 GPa i gustoća 2.71 g/cm³. Kao abrazivno sredstvo korišten je aluminij-silikat finoće 80. Glavni parametri kod rezanja mlazom vode su:

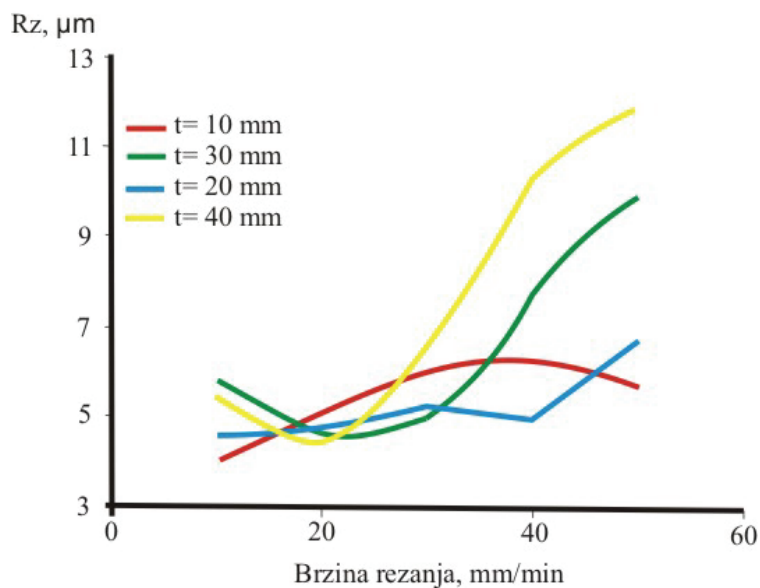
Brzina rezanja

Tlak rezanja

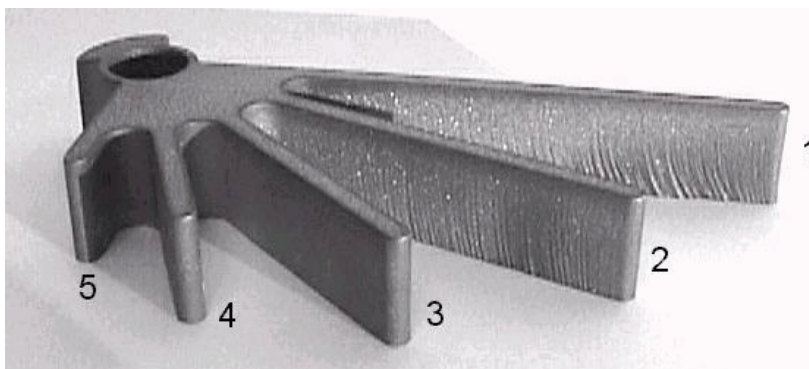
Udaljenost mlaznice od površine obratka.

2.1 Brzina rezanja

Na slici 5 može se vidjeti utjecaj brzine rezanja na kvalitetu obrađene površine na raznim dubinama. Najlošija kvaliteta obrađene površine je pri najvećoj brzini i najvećoj dubini. Dok kod brzine 20 mm/min se ne vidi toliko utjecaj dubine rezanja na kvalitetu obrađene površine.



Slika 5. Utjecaj brzine rezanja na kvalitetu obrađene površine [5]

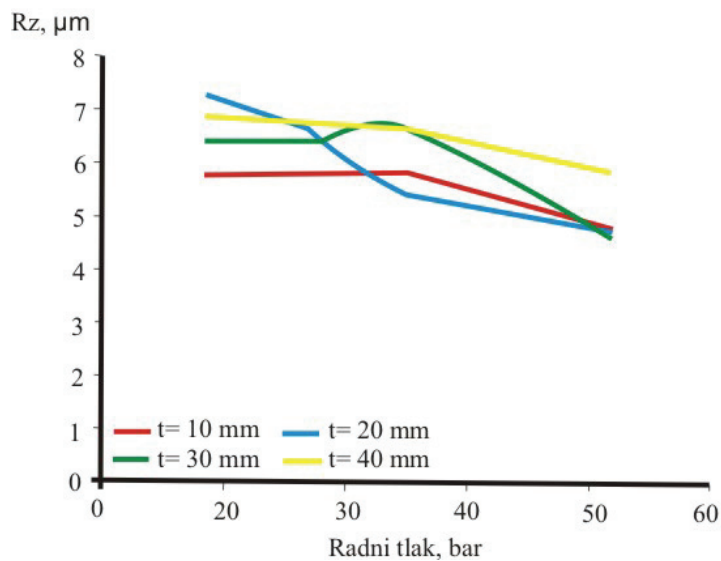


Slika 6. Različite razine kvaliteta površine. Za izradu svakog "prsta" potrošeno je jednako vrijeme. [6]

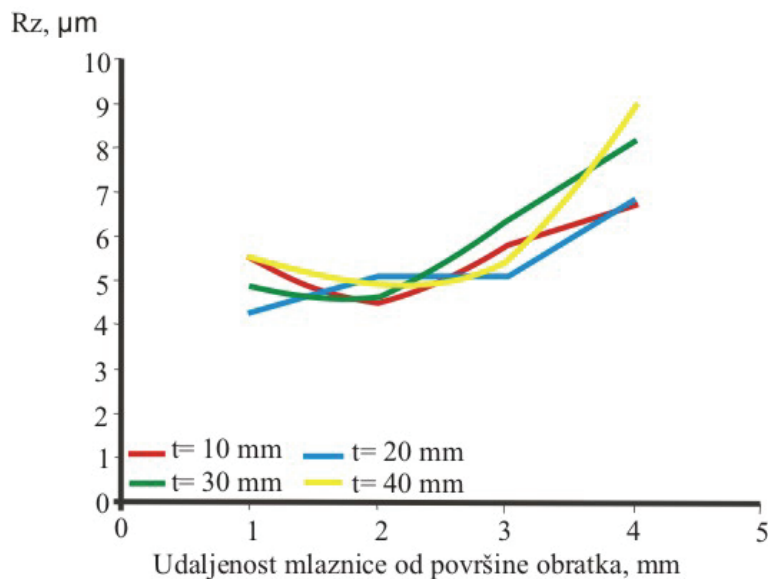
Slika 6 prikazuje utjecaj brzine rezanja na istoj dubini, za svaki dio utrošeno je jednako vrijeme rezanja tj. brzina rezanja se mijenjala. Krak 1 je obrađen sa najvećom brzinom rezanja i ima najlošiju kvalitetu obrađene površine. Dok je krak 5 obrađen najsporije i ima najbolju kvalitetu obrađene površine. Pri dnu obratka može se vidjeti pojava zaostajanja (savijanja) mlaza u suprotnom smjeru od kretanja, to nije veliki problem kod rezanja po ravnim linijama kao kod rezanja po krivuljama gdje uzrokuje probleme.

2.2 Tlak rezanja

Jedan od načina za uklanjanje ove pojave (zaostajanje mlaza) je povećati snagu rezanja? Snagu rezanja možemo povećati povećanjem izlaznog tlaka.



Slika 7. Utjecaj tlaka rezanja na kvalitetu obrađene površine [5]



Slika 8. Utjecaj udaljenosti mlaznice od obratka na hrapavost obrađene površine [5]



Povećanjem izlaznog (radnog) tlaka smanjuje se hrapavost obrađene površine (slika 7). Zašto?

Zato što povećanjem radnog tlaka povećavamo izlaznu brzinu i krhke abrazivne čestice prilikom udara u obrađivani materijal se više lome nego kod manjih tlakova te postaju manje što dovodi do toga da imao finiju obrađenu površinu. Vidimo da je kod debljih materijala tj. kod većih dubina obrade hrapavost značajnija.

2.3 Udaljenost mlaznice od površine obratka

Na slici 8 prikazan je utjecaj udaljenosti mlaznice od površine obrata na hrapavost obrađene površine. Vidimo da postoji nekakva vrijednost udaljenosti mlaznice od površine obratka koja nema toliki utjecaj na kvalitetu obrađene površine s obzirom na dubinu rezanja ta vrijednost iznosi oko 2 mm. Odmicanjem mlaznice od površine obratka hrapavost obrađene površine značajno raste zato što mlaz više nije tako uzak (koncentriran) tj. rasipa se i izlazna snaga i brzina mlaza nije tako velika kako kod udaljenosti od 2 mm.

3. PREDNOSTI I NEDOSTATCI

Prednosti	Nedostatci
<ul style="list-style-type: none">• široki spektar vrsta materijala (čelici, bakar, mjed, titan, inkonel, plastika, keramika, staklo, kvarc, kamen, kompoziti).• moguća izrada gotovo svakog 2D oblika• vrlo male bočne sile što omogućuje izradu dijelova sa stjenkama debelim 0,5 mm. To također omogućava blisko postavljanje dijelova pri izradi sheme krojenja čime se značajno smanjuje količina otpadnog materijala• brza postavka i programiranje – razvojem novih softvera omogućeno je da se programiranje svelo na izradu CAD crteža• nije potrebna izrada početnog provrta• kvalitetna površina reza• nema zagrijavanja pri obradi – obrada je uglavnom na sobnoj temperaturi (rezanjem 50 mm debelog materijala temperatura raste na oko 50 °C), a samim tim nema ni strukturnih promjena u materijalu, deformacija niti rastaljivanja niskotaljivih materijala [6]• moguće je rezanje otvrdnutih materijala uz neznatno smanjenje brzine rezanja• ekološki prihvatljiv postupak – kao abraziv se uglavnom koristi granat, ne koriste se štetne tekućine i plinovi• nema izmjene alata – jednim alatom se može obaviti široki spektar obrada (bušenje, rezanje, razvrtnje, rezanje po spline krivuljama, minimalan srh – dijelovi se mogu uglavnom koristiti bez naknadne obrade skidanja srha).	<ul style="list-style-type: none">• kratak radni vijek (najčešće 20 – 80 h) – sam abraziv može oštetiti keramičku cijev za miješanje, što čini značajni dio operativnog troška [6]• može doći do povremenog začepijivanja cijevi za miješanje – obično ga uzrokuju nečistoće i veće čestice abraziva• potrebno je precizno postavljanje sapnice i cijevi za miješanjem jer u suprotnom dolazi do njihovog oštećivanja



4. ZAKLJUČAK

Rezanje mlazom vode s abrazivom (AWJM postupak) je relativno nov postupak obrade koji je u vrlo kratkom vremenu postao "standardni alat" u radionicama diljem svijeta. Razlog tome je što je ovo jednostavan za korištenje, brz, fleksibilan i precizan postupak. Ovaj postupak se nadopunjava s drugim postupcima poput glodanja, EDM postupka, obrade laserom, plazmom i kao takav se sve više koristi i u radionicama koje svoje usluge baziraju na tim obradama.

Iz prethodnih slika je vidljivo da prilikom izbora parametara za rezanje možemo utjecati na kvalitetu obrađene površine veliki utjecaj na kvalitetu obrađene površine ima brzina rezanja koja utječe na ekonomičnost postupka, do nekog stupnja kvalitetu obrađene površine možemo regulirati i izlaznim tlakom. Najbolja udaljenost mlaznice od površine obratka s obzirom na dubinu rezanja se pokazala ona od 2 mm, dok se povećanjem udaljenosti kvaliteta obrađene površine znatno pogoršavala. Isto se događalo i ako smo primaknuli mlaznicu bliže od 2 mm, ali ne u tolikoj mjeri.

S obzirom na brojne prednosti postupka i malo nedostataka očekuje se i značajan porast broja proizvođača ovih sustava i to takvih proizvođača koji će kupovati postojeće komponente i sklapati ih na svoj jedinstveni način.

5. LITERATURA

- [1] <http://enr.smu.edu/rcam/research/waterjet/wj1.html> (11.10.2007.)
- [2] <http://www.flowcorp.com/waterjet-resources.cfm?id=340> (22.6.2009)
- [3] <http://www.eod.gvsu.edu/eod/manufact/manufact-273.html> (22.6.2009)
- [4] <http://www.flowcorp.com/> (5.11.2007.)
- [5] <http://scindeks-clanci.nb.rs/data/pdf/0354-6829/2007/0354-68290702113N.pdf> (21.6.2009)
- [6] <http://www.waterjets.org> (11.10.2007.)