

SERBIATRIB'07
10th International Conference on Tribology
and
WORKSHOP'07
Sustainable Development in Industry by Apply Tribology Knowledge

**OBRADA ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM
I KVALITET OBRADENE POVRŠINE**

Prof. dr BOGDAN Nedić, Mašinski fakultet, Kragujevac

Mr JELENA Baralić, Viša tehnička škola, Čačak

Obrada vodenim abrazivnim mlazom idealna za rezanje različitih materijala, tako da sve više zamenjuje obrade plazmom i laserom, stim da ima širu primenu jer se vodenim abrazivnim mlazom mogu obrađivati gotovo svi metalni i nemetalni materijali, male i velike tvrdoće.

U radu je analiziran uticaj parametara režima obrade na kvalitet obrađene površine.

Ključne reči: vodeni mlaz, abraziv, kvalitet površine

SURFACE QUALITY OF ABRASIVE WATER JET MACHINING

The abrasive waterjet system is an ideal machine for the cutting of various materials and is extremely versatile compared to alternative machinery such as lasers and plasmas. Waterjet cutting is performed with "pure water" for the cutting of - foam, package products, gaskets, gibson board, carpet, food, rubber, and many other soft materials. The addition of abrasive (garnet) to the water stream provides the ability to cut - steel, stainless, copper, aluminum, granite, marble, laminated glass.

In the papers presented quality surface of abrasive water jet machining.

Key words: water jet, abrasive, surface quality

1. UVOD

Obrada vodenim mlazom potiče od hidrauličkog iskopavanja kamenog uglja u SSSR-u i na Novom Zelandu. Voda je sakupljena iz rečica i usmeravana da ispira raznete stene, odnoseći pri tom ugalj i komadiće stene. Metod iskopavanja vodenim mlazom je kasnije primenjen u južnoafričkim rudnicima zlata.

U Rusiji su 1930. učinjeni prvi pokušaj sečenja stena vodenim mlazom. Vodeni top je obezbeđivao pritisak od 7000 bara. U Americi je 1970. razvijena tehnologija stvaranja pritiska od 40000 bara. 1972. prof. Robert Franz iz Mičigena radio je sa kompanijom "Mc Cartney Manufacturing Company" na instaliranju prvog postupka industrijskog sečenja vodenim mlazom. Oprema je instalirana u kompaniji "Alton Boxboard"-u. Kompanija "Flow Industries" je dodala pesak u postojeću instalaciju za čišćenje pod pritiskom, radi dobijanja završne bele boje metala. Kasnije

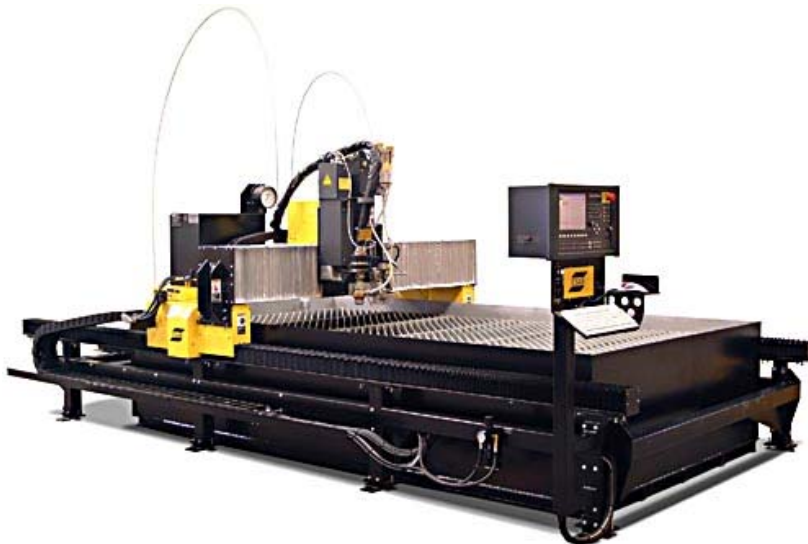
se pokazalo da se vodenim mlazom sa dodatkom abraziva mogu seći metali i keramika. Od tada postupak sečenja vodenim mlazom doživljava procvat.

Obrada abrazivnim vodenim mlazom pripada grupi nekonvencionalnih postupaka obrade, i već duže vreme se koristi u industriji. Najčešće operacije koje se ovom vrstom obrade mogu izvoditi su: sečenje, poliranje površina, čišćenje površina itd.

U svim slučajevima mehanizam obrade se zasniva na eroziji.

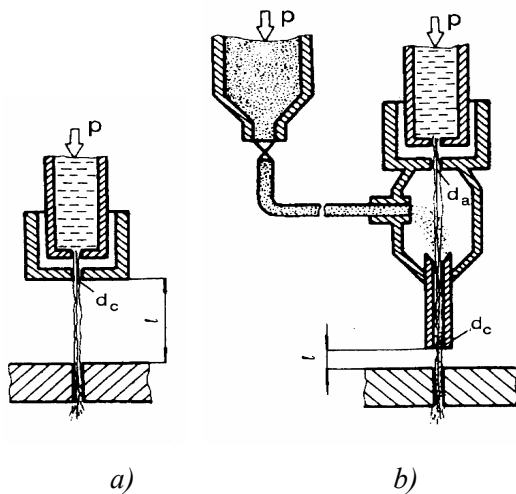
Velika prednost ovog postupka obrade je činjenica da u zoni obrade ne dolazi do značajnog porasta temperature. Obrada abrazivnim vodenim mlazom je naročito pogodna za obradu krutih materijala (staklo, keramika, kamen itd.) i kompozitnih materijala.

Na slici 1. je prikazana jedna instalacija za obradu abrazivnim vodenim mlazom.



Slika 1. Instalacija za obradu abrazivnim vodenim mlazom i mlaznica

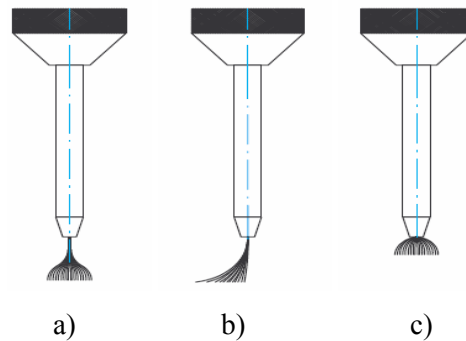
Savremene instalacije za obradu abrazivnim vodenim mlazom rade sa pritiskom vode i preko 4000 bar, pri čemu vodeni mlaz dostiže brzine i do 900 m/s. Šematski prikaz obrade vodenim mlazom bez abraziva dat je na slici 2.a),



Slika 2. Šematski prikaz obrade vodenim mlazom bez abraziva a) i sa abrazivom b)

Na slici 2.b) dat šematski prikaz obrade vodenim mlazom sa abrazivom.

Pri obradi abrazivnim vodenim mlazom se koristi specijalno konstruisana radna glava. Voda pod visokim pritiskom prolazi kroz prigušnicu čiji je otvor d_a , slika 2.a) i ulazi u komoru za mešanje. U komoru za mešanje se dozira i abrazivni prah koji se meša sa vodom. Ovako dobijena abrazivna mešavina prolazi kroz prigušnicu (mlaznicu) čiji je otvor d_c , i stvara abrazivni vodeni mlaz. U zavisnosti od oblika abrazivnog mlaza on može biti dobar slika 3.a), ili loš slika 3.b) i 3.c).



Slika 3. Oblici abrazivnog mlaza dobar, b) i c) loš

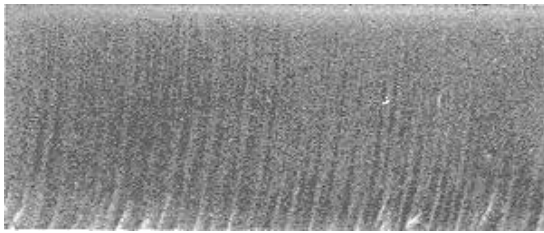
2. KARAKTERISTIKE OBRADENE POVRŠINE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

Osnovne karakteristike površine obrađene abrazivnim vodenim mlazom su :

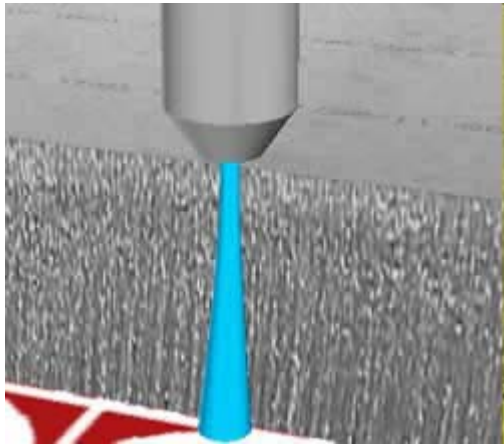
- širina reza
- koničnost reza i
- hrapavost obrađene površine.

Sve ove karakteristike ukazuju na kvalitet obrađene površine. U ovom radu, najveća pažnja je posvećena kvalitetu obrađene površine. Kao glavni parametar za ocenu kvaliteta obrađene površine odabrana je srednja visina neravnina R_z , i praćena je promena vrednosti ovog parametra u zavisnosti od pojedinih parametara koji definišu obradu abrazivnim vodenim mlazom.

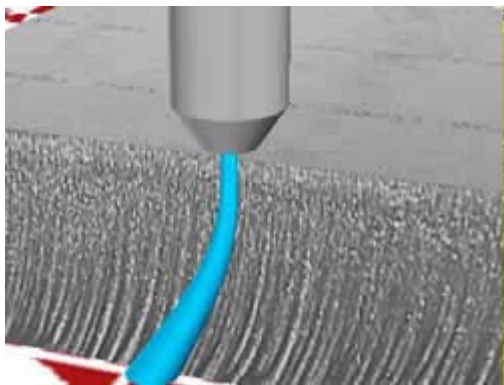
Karakterističan izgled površina obrađenih abrazivnim vodenim mlazom prikazan je na slikama 4 i 5. Na slici 6 prikazana je topografija površina u zavisnosti od dubine reza.



Slika 4. Izgled površine obrađene abrazivnim vodenim mlazom



a) Visok kvalitet obrađene površine sa malim brzinama kretanja predmeta i manjom produktivnošću rezanja

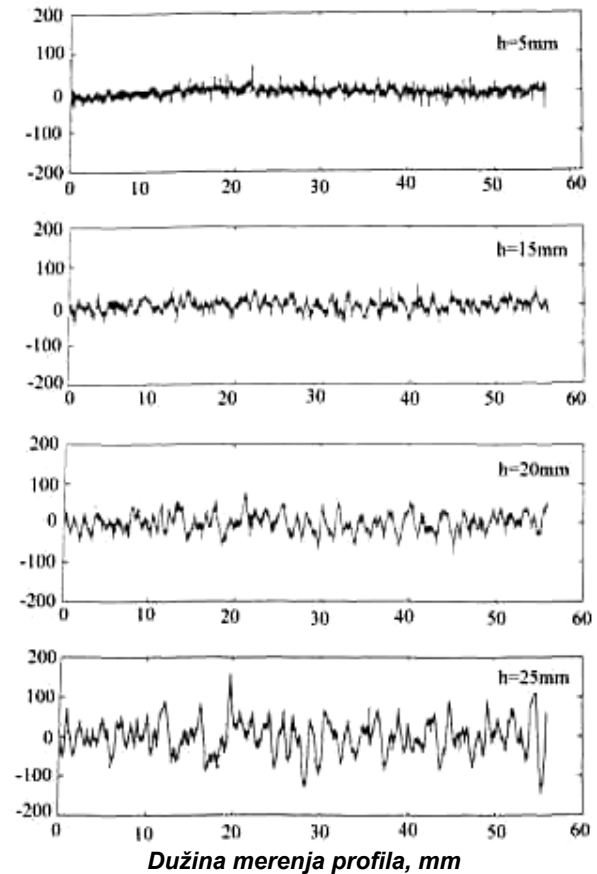


b) Nizak kvalitet obrađene površine na izlasku mlaza pri velikim brzinama kretanja predmeta i velikom produktivnošću rezanja

Slika 5. Uticaj brzine kretanja predmeta obrade na kvalitet obrađene površine

Sa slika 4 i 5 se jasno vidi da se karakteristike obrađene površine menjaju u zavisnosti od brzine kretanja predmeta obrade, a sa slike 6 se može zaključiti o postojanju velike razlike u visini neravnina u zavisnosti od udaljenosti od površine materijala koji se obrađuje, odnosno od dubine reza. Hrapavosti, odnosno visine neravnina profila su znatno manje na manjim dubinama reza, odnosno veći kvalitet obrade je na ulasku mlaza u materijal nego na većim dubine reza, odnosno na izlasku mlaza iz materijala.

Visina profila, μm



Slika 5. Profil obrađene površine u zavisnosti od dubine reza - h

Međutim, brzina kretanja predmeta obrade u dubina reza nisu jedini parametri koji utiču na karakteristike obrađene površine. Karakteristike obrađene površine zavise od niza parametara, kao što je radni pritisak vode, vrsta abraziva koja se koristi, udaljenost mlaznice od površine predmeta obrade, protok abraziva, materijal predmeta obrade itd.

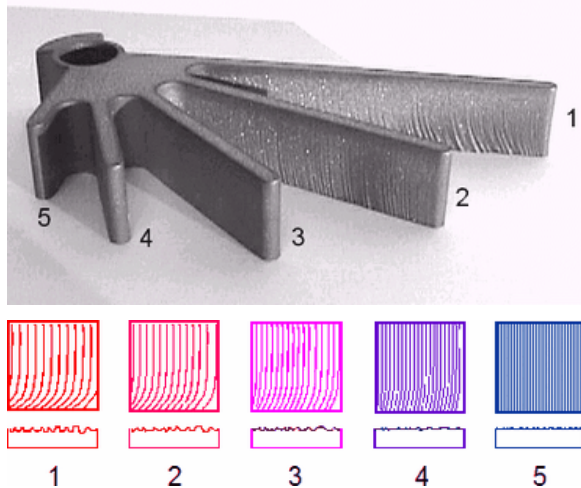
Na slici 6 prikazan je različit kvalitet obrađene površine. Površina 1 se dobija kada je potrebna velika brzina sečenja (velika produktivnost) iz mali kvalitet i tačnost obrade. Takođe, ovakva površina se može dobiti sa velikim prečnikom mlaznice, malim ili nedovoljnim pritiskom vode ili starom (oštećenom) mlaznicom.

Površina 2 se takođe dobija kada zahtevi za tolerancijom dela i kvalitetom površine nisu dominantni. U ovom slučaju kvalitet površine je određen samo brzinom većom brzinom kretanja predmeta obrade.

Kvalitet površine 3 je najčešće zahtevan. U ovom slučaju postignuto je usklađivanje brzine predmeta obrade, pritiska mlaza vode, protoka i količine abraziva.

Kvalitet površine 4 je bolji od kvaliteta površine 3 i dobijen je smanjenjem brzine kretanja predmeta obrade.

Kvalitet površine 5 je veoma visok i postiže se kod visoko preciznih delova, ali sa veoma malim brzinama predmeta obrade pri čemu vreme obrade nije kriterijum za izbor režima obrade.



Slika 6. Različiti kvaliteti obrade vodenim abrazivnim mlazom

3. UTICAJ PARAMETARA OBRADNE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM NA KVALITET OBRADENE POVRŠINE

Uticaj parametara obrade abrazivnim vodenim mlazom na kvalitet obrađene površine je značajan i u okviru ovog rada razmatran je kroz ispitivanja uticaja:

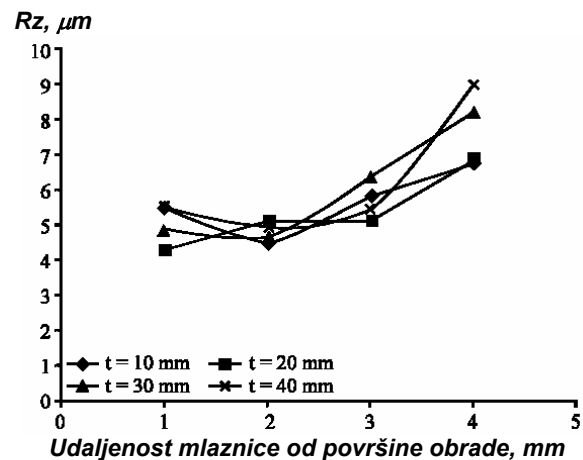
- udaljenosti mlaznice od obrađivane površine,
- pomoćne brzine (brzine kretanja predmeta obrade) i
- radnog pritiska vode

na srednju visinu neravnina Rz .

Materijal koji je koji je korišćen za ispitivanje je aluminijum sa sledećim karakteristikama: zatezna čvrstoća 90 MPa; modul elastičnosti 69 GPa i gustina 2.71 g/cm³. Kao abrazivno sredstvo je korišćen aluminijum-silikat, finoće 80.

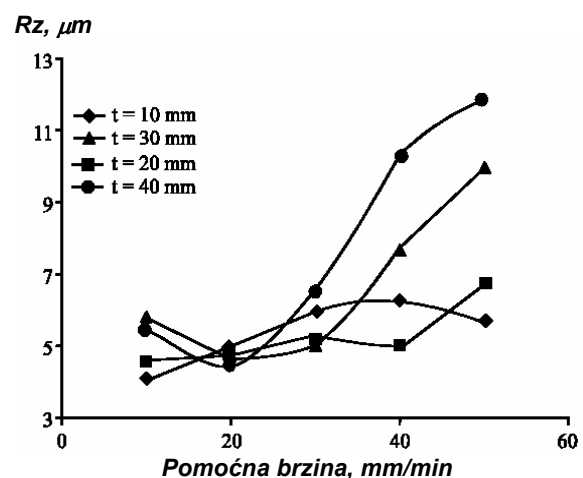
Na slici 7 je prikazan uticaj udaljenosti mlaznice od površine obrade na hrapavost obrađene površine, na različitim dubinama reza. Uočava se da sa porastom udaljenosti mlaznice od površine predmeta obrade raste i parametar hrapavost obrađene površine Rz . Takođe uočava se da parametar Rz naglo raste kada se mlaznica udalji od obrađivane površine više od 3 mm, tako da hrapavost postaje velika nezavisno od dubine reza. Takođe, može se zaključiti da smanjivanje

rastojanja mlaznice od površine predmeta ispod 2 mm ne dovodi do smanjenja hrapavosti. To znači da postoji optimalno rastojanje mlaznice od predmeta obrade, koje je u ovom slučaju oko 2 mm.



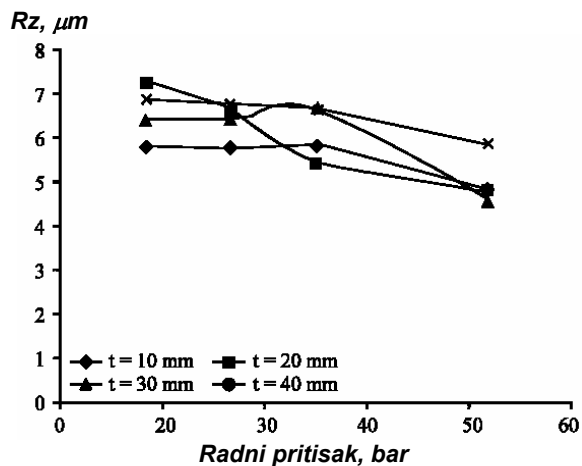
Slika 7. Uticaj udaljenosti mlaznice od površine obrade na hrapavost obrađivane površine, t - dubina reza

Na slici 8 je prikazan uticaj pomoćne brzine na parametar hrapavosti obrađene površine Rz , na različitim dubinama reza. Sa dijagrama se vidi da se sa povećanjem pomoćne brzine povećava i Rz . Za vrednosti pomoćne brzine od 10 mm/min, Rz je duplo manje nego za vrednosti pomoćne brzine od 50 mm/min, na istoj dubini reza. Može se zaključiti da sa povećanjem pomoćne brzine hrapavost na većim dubinama reza značajno raste, a da u oblastima manjih brzina pomoćnog kretanja kvalitet po dubini reza je približno konstantan. Takođe, smanjenjem brzine pomoćnog kretanja ispod 20 mm/min, u ovom slučaju ne dovodi do povećanja kvaliteta obrađene površine.



Slika 8. Uticaj pomoćne brzine na hrapavost obrađivane površine, t - dubina reza

Na slici 9 je prikazan uticaj radnog pritiska vode na parametar hrapavosti obrađene površine Rz . Može se uočiti da za veće vrednosti radnog pritiska vode, parametar Rz ima manje vrednosti, odnosno, hrapavost obrađene površine je manja. Ova pojava je rezultat činjenice da se sa povećanjem pritiska vode krti kristali abraziva lome na manje, finije kristale, a finiji kristali abraziva daju finiju obradu odnosno manju hrapavost obrađene površine. I na ovom dijagramu se primećuje da je hrapavost obrađene površine veća na većim dubinama reza.



Slika 9. Uticaj radnog pritiska vode na hrapavost obrađivane površine, t - dubina reza

4. ZAKLJUČAK

Analizama dijagrama uticaja parametara rezanja vodenim abrazivnim mlazom na kvalitet obrađene površine može se zaključiti da je kvalitet površine različit po dubini reza i da na to najveći uticaj ima brzina pomoćnog kretanja, odnosno brzina kretanja predmeta obrade.

Takođe, uočava se da povećanje udaljenosti mlaznice od površine predmeta obrade dovodi do povećanja hrapavosti obrađene površine, stim da njegovim smanjenjem ispod određenih vrednosti može dovesti i rasta visina neravnina, odnosno do pogoršanja kvaliteta obrađene površine.

Sa povećanjem radnog pritiska vode dolazi do fragmentacije kristala abraziva na manje delove pri čemu se dobija i finija obrada. Zbog toga se sa povećanjem radnog pritiska vode dobija bolji kvalitet obrađene površine, odnosno manja hrapavost.

Međutim, prilikom izbora parametara koji definišu obradu abrazivnim vodenim mlazom treba obratiti pažnju i na proizvodnost, odnosno na ekonomičnost primene izabranih režima

obrade, jer mala pomoćna brzina rezanja i veliki radni pritisci vode ne rezultuju ekonomičnim režimom obrade. Definisanje parametara obrade abrazivnim vodenim mlazom treba da predstavlja optimalni odnos između proizvodnosti i kvaliteta obrađene površine.

5. LITERATURA

1. Trajkovski S., Dudeski LJ., Nekonvencionalni metodi na obrabotka, Univerzitet „Sv. Kiril i Metodij“, Skopje, 1999.
2. Lazić M., Nekonvencionalni postupci obrade, Naučna knjiga, Kragujevac, 1990.
3. Sarvan M., Obrada metala rezanjem i mašine alatke, Novi svet, Priština, 1997.
4. Khan A.A., Munajat N., Tajudin H., A Study on Abrasive Water Jet Machining of Aluminum with Garnet Abrasives, Journal of Applied Sciences 5(9): 1650-1654, 2005.
5. Uhlmann E., Veit R., Hilse M., Schafer S., Removal of Welded Hardfacings by Abrasive Water Jet Machining, Technische Universitat Berlin, 1998.
6. Hunt D.C., Burnham C.D., Kim T.J., Surface Finish Characterization in Machining Advanced Ceramics by Abrasive Waterjet, University of Rhode Island, Kingston, 2003.
7. Momber A.W., Kovacevic R., Principles of Abrasive Waterjet Machining, Springer, London, 1998.