

## ODRŽAVANJE SISTEMA ZA REZANJE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

### MAINTENANCE OF SYSTEM FOR ABRASIVE WATERJET CUTTING

**Safet Brdarević<sup>1</sup>**  
**Ajdin Jeleč**

<sup>1</sup>professor emeritus,  
University of Zenica  
<sup>2</sup>ZEDA- Zenica  
Development Agency

**Ključne riječi:**  
sistem za rezanje  
abrazivnim vodenim  
mlazom, rezne  
komponente, održavanje  
reznih komponenti.

**Keywords:**  
system for abrasive  
waterjet cutting, cutting  
components, maintenance  
of cutting components.

**Paper received:**  
10.05.2016

**Paper accepted:**  
13.06.2016.

#### 1. OSNOVE POSTUPKA REZANJA ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

Postupak obrade abrazivnim vodenim mlazom predstavlja nekonvencionalni postupak obrade koji koristi kinetičku energiju vodenog mlaza i abrazivnih čestica kao i rotaciono kretanje abrazivnih čestica za odnošenje materijala iz zone obrade odnosno realizaciju postupka rezanja. Nastanak abrazivnog vodenog mlaza je baziran na mješanju abrazivnih čestica sa vodom koja prolazi kroz uski regulator. Kretanjem vodenog mlaza velikim brzinama uz oslobađanje velike količine kinetičke energije koja se pretvara u energiju pritiska i realizuje proces rezanja. Nastali pritisak na površini predmeta obrade proizvodi mikropukotine čiji se prečnik povećava udarnim djelovanjem abrazivnih zrna. CNC sistemom upravljanja kretanja se ostvaruje posmično kretanje abrazivnog vodenog mlaza uz erodiranje materijala predmeta obrade koji se nalazu unutar zone rezanja.

*Rad objavljen na konferenciji*

#### REZIME

*Postupak rezanja abrazivnim vodenim mlazom je prihvaćen kao efikasna tehnologija za rezanje različitih materijala. Postupak rezanja je zasnovan na kinetičkoj energiji vodenog mlaza i abrazivnih čestica koja se koristi za odnošenje materijala iz zone rezanja. Zbog erozionog kontakta između abrazivnih čestica i komponenti rezanja dolazi do oštećenja komponenti sistema za rezanje. Oštećenja navedenih komponenti prouzrokuju smanjen stepen efikasnosti i preciznosti rezanja. Kako bi se održao željeni stepen efikasnosti i preciznosti rezanja potrebno je održavati sistem za rezanje abrazivnim vodenim mlazom. Proces održavanja je zasnovan na više različitih aktivnosti čiji se vremenski interval realizovanja određuje u skladu sa intenzitetom korištenja reznih komponenti.*

*Conference paper*

#### SUMMARY

*Abrasive waterjet cutting process is accepted effective technology for cutting various materials. Cutting process is based on kinetic energy of waterjet and abrasive particles which are used for material removal in the cutting zone. Erosional contact between abrasive particles and cutting components leads to damage in abrasive waterjet cutting system. Damages of above mentioned components cause lower cutting efficiency and precision level. To obtain the desired cutting efficiency and precision level maintenance of abrasive waterjet cutting system is needed. The maintenance process is based on various activities which realisation time interval is determined in accordance with usage intensity of cutting components.*

#### 1. BASICS OF ABRASIVE WATERJET CUTTING

Abrasive waterjet machining process is an nonconventional machining process which uses kinetic energy from a waterjet and abrasive particles, also it uses the rotational movement of abrasive particles for material removal from cutting zone respectively realisation of cutting process. Creation of abrasive waterjet is based on mixing abrasive particles with water which passes through a small diameter regulator. Cutting process is realised by high speed movement of waterjet that releases kinetic energy that is converted into pressure energy. Created pressure produces small cracks on workpiece surface, increasement of cracks diameter is achieved by the impact action of abrasive particles. Traverse movement of abrasive waterjet is achieved with the CNC movement system, and erosion of workpiece material located within the cutting zone.

Navedenim načinom kretanja moguće je postići različite geometrije rezova i realizovati proces rezanja na predmetima kompleksne geometrije. Model nastanka abrazivnog vodenog mlaza predstavlja proces miješanja abrazivnih čestica i vodenog mlaza i osnovu za klasifikaciju abrazivnog vodenog mlaza. Postupak miješanja abrazivnih čestica i vodenog mlaza se može ostvariti sljedećim procesima:

- proces ubrizgavanja i
- proces suspenzije.

Proces ubrizgavanja je zasnovan na fizički odvojenom dovodu vodenog mlaza veoma visokog pritiska i abrazivnih čestica i njihovom mješanju u komori za mješanje- fokusnoj cijevi unutar definisanog vremenskog intervala.

Za razliku od procesa ubrizgavanja suspenzija je zasnovana na mješanju vode i abraziva i dovodenju tako pripremljene smjese u rezu glavu. Za prenos abraziva se koristi posuda pod pritiskom koja omogućava nastanak abrazivnog vodenog mlaza pri pritisku koji je znatno manji u odnosu na proces ubrizgavanja.

Navedeni postupci nastanka abrazivnog vodenog mlaza predstavljaju sastavni dio sistema za rezanje abrazivnim vodenim mlazom.

## 2. OSNOVNI DIJELOVI SISTEMA ZA REZANJE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

Komponente koje predstavljaju osnovu sistema za nastanak abrazivnog vodenog mlaza su:

- pumpa visokog pritiska- omogućava nastanak vodenog mlaza veoma visokog pritiska,
- zglobna rezna glava- višeosnost rezne glave omogućava rezanje pod definisanim uglom i automatsko smanjenje konusa za ostvarenje preciznih vertikalnih rezova,
- mlaznica- omogućava povećanje pritiska abrazivnog vodenog mlaza i centrifugalno kretanje abrazivnih čestica po obodu vodenog mlaza,
- rezervoar za skupljanje abraziva i odnešenog materijala tokom rezanja- omogućava apsorpciju energije abrazivnog vodenog mlaza,
- rezervoar za abrazivni materijal- omogućava kontrolirani i kontinuirani protok abrazivnih čestica kroz mlaznicu,
- x-y sistem kretanja- omogućava realizaciju posmičnog kretanja rezne glave i
- PC zasnovan kontroler- omogućava CNC upravljani sistem procesa rezanja.

With the above mentioned movement it is possible to produce cuts of different geometry and to realise the cutting process on complex geometry parts.

Formation of abrasive waterjet is the mixing process of abrasives and water and presents the basics for classification of abrasive waterjet. Mixing process of abrasive particles and waterjet can be realised by following:

- injection process
- suspension process

Injection process is based on physically separated supply line for high pressure waterjet and abrasive particles and mixing process inside the mixing and focusing tube in defined time intervals. Unlike injection proces, suspension process is based on mixing abrasive particles with water, and directing such prepared mixture to the cutting head. For transmission of abrasive particles a pressurized wessel is used. The vessel allows creation of abrasive waterjet under pressure that is much lower than pressure in injection process.

Above mentioned processes of abrasive waterjet creation are an integral part of system for abrasive waterjet cutting.

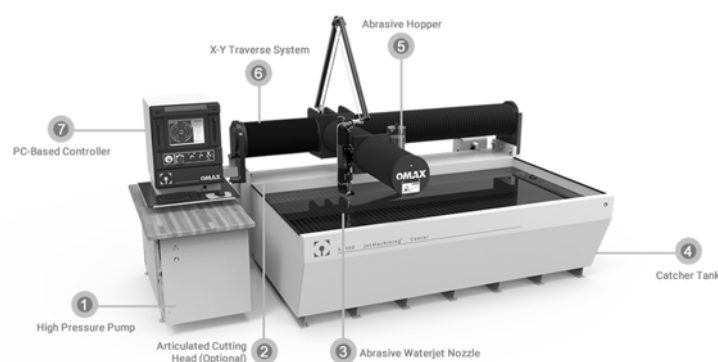
## 2. BASIC PARTS OF SYSTEM FOR ABRASIVE WATERJET CUTTING

Components that present the basics of the system for creation of abrasive waterjet are:

- high pressure pump- allows creation of high pressure water jet
- articulated cutting head- multi axis cutting head permits allows cuts under defined angles and automatically minimization of taper for precise vertical cuts.
- abrasive waterjet nozzle- allows increasement of abrasive waterjet pressure and centrifugal movement of abrasive particles around perimeter of waterjet.
- catcher tank- allows absorption of abrasive waterjet energy
- abrasive hopper- allows controlled and continuous flow of abrasive particles trough abrasive waterjet nozzle
- x-y traverse system- allows realisation of traverse movement of abrasive waterjet cutting head
- PC based controller- allows CNC controlled cutting process



*Slika 1. Osnovne komponente OMAX sistema za rezanje abrazivnim vodenim mlazom [1]*



*Figure 1. Basic components of OMAX abrasive waterjet cutting system [1]*

### 2.1. Sistem za generisanje visokog pritiska (pumpa sa visokim pritiskom)

Sistem za generisanje vodenog mlaza veoma visokog pritiska čine dva osnovna oblika hidrauličnih pumpi:

- hidraulična pumpa sa radilicom i
- hidraulična pumpa sa pojačivačima.

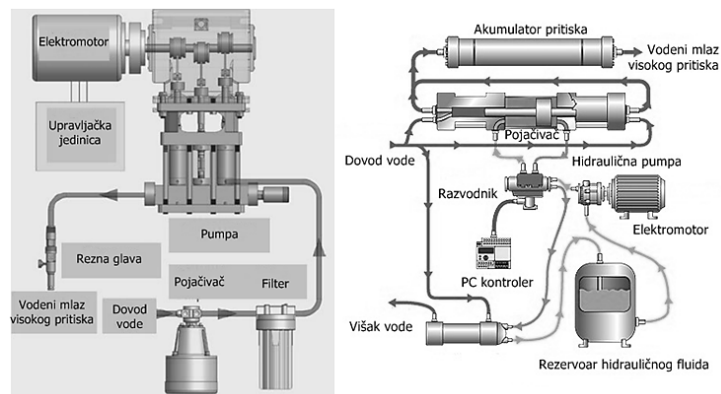
Radilica sa minimalno tri klipa povezana sa elektromotorom predstavlja osnovu hidraulične pumpe sa radilicom. Obrtnim kretanjem radilice nastalog radom električnog motora se omogućava naizmjenično kretanje klipova-višetaktni rad kojim se postiže pravovremeno usisavanje i potiskivanje vode kroz cilindre. Kretanje vode kroz cilindre se ostvaruje uz postepeno povećanje njenog pritiska. Navedene pumpe se zbog fluktuacija pritiska ne primjenjuju za postizanje malih pritisaka. Za nastanak visokih pritisaka koriste se hidraulične pumpe sa pojačivačima zasnovane na hidrauličnoj tečnosti koja pomjera veliki naizmjenično pokretni klip. Kretanjem tog klipa se istovremeno vrši kretanje malih bočnih klipova koji usisavaju i potiskuju vodu kroz lijevi i desni radni cilindar.

### 2.1. System for generation of high pressure (high pressure pump)

System for generation of high pressure waterjet consists of two types of hydraulic pumps:

- hydraulic pump with crankshaft and
- hydraulic pump with intensifier.

Crankshaft with minimum three pistons is connected with electric motor that presents the basic for the hydraulic pump. With rotational movement of the crankshaft created by the electric motor alternating movement of pistons is enabled- multi stroke movement that is used to obtain suction and suppression of water trough cylinders. Movement of water trough cylinders is accomplished with increasement of water pressure. Because of pressure fluctuation these pumps are not used for production of high pressure. Hydraulic pumps with intensifiers are used for production of high pressures. These pumps use hydraulic fluid for movement of the big alternate movig piston. With movement of that piston smaller side pistons move simultaneously, these piston suck and suppress water trough left and right work cylinder.



Slika 2. Shematski prikaz hidraulične pumpe sa radilicom i sa pojačivačima [1][4].

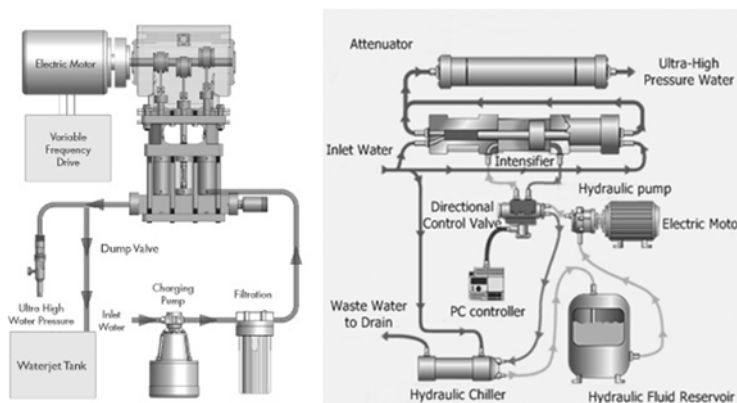


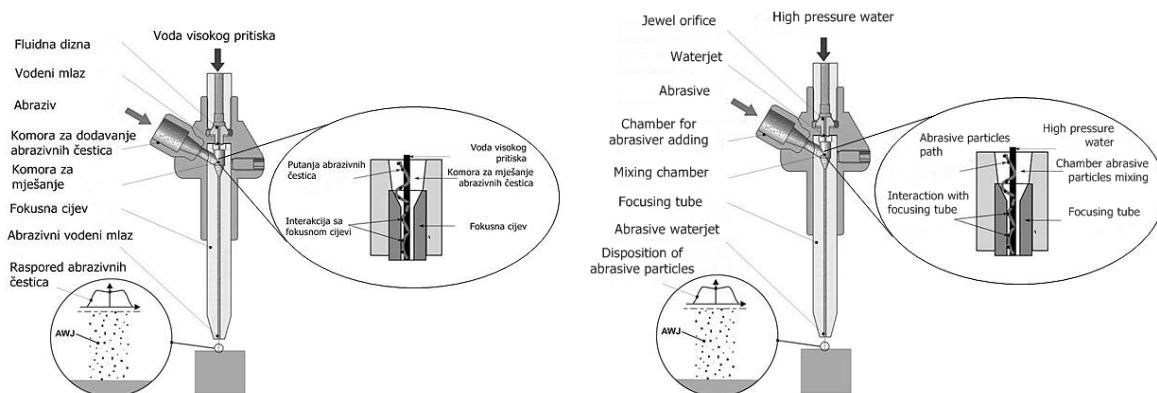
Figure 2. Schematic view of hydraulic pumps with crankshaft and intensifier [1][4].

### 2.2. Rezna glava

Rezna glava predstavlja komponentu obradnog sistema koja direktno utiče na efikasnost i mogućnost rezanja predmeta velikih debljina. Prolaskom vodenog mlaza kroz reznju glavu i primjenom mlaznice se postiže njegovo centriranje i sprječava proširenje izlaznog prečnika.

### 2.2 Abrasive waterjet cutting head

Abrasive waterjet cutting head presents the component of machining system that directly affects efficiency and possibility to cut thick objects. With passage of waterjet through cutting head and application of a nozzle its centering is achieved, and with that widening of the output diameter is eliminated.



Slika 3. Shematski prikaz rezne glava i modela miješanja abrazivnih čestica i vodenog mlaza [1][3]

Figure 3. Schematic view of cutting head and abrasive particles and waterjet mixing model [1][3]

### 2.3. Rezervoar za skupljanje abraziva i odnešenog materijala tokom procesa rezanja

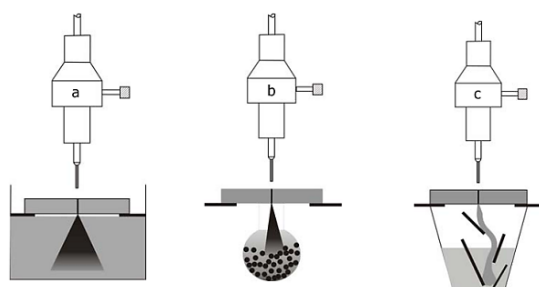
Nakon prolaska abrazivnog vodenom mlaza kroz predmet obrade on i dalje sadrži znatnu količinu kinetičke energije koja može prouzrokovati oštećenja obradne mašine. Također abrazivne čestice zbog eroziona interakcije sa predmetom obrade gube određenu količinu energije. Navedeni gubitak energije neznatan u odnosu na ukupnu količinu kinetičke energije mlaza koji je prošao kroz predmet obrade. Neophodnost za apsorpcijom navedene kinetičke energije rezultira primjenom rezervoara za sakupljanje abraziva i odnešenog materijala predmeta obrade. Rezervoar je u osnovi vodom ispunjeni rezervoar koji neutrališe kinetičku energiju abrazivnih čestica. U praksi se primjenjuju tri osnovna oblika rezervoara:

- vodeni bazen,
- potopljene čelične kugle i
- TiB<sub>2</sub> ploče.

### 2.3. Catcher tank

After abrasive waterjet passes through workpiece it still has substantial amount of kinetic energy which can cause damage of machining equipment. Also abrasive particles because of erosional interaction with workpiece lose a certain amount of energy. Mentioned losses of energy are insignificant in relation to overall kinetic energy with which the jet passes through material. Necessity for absorption of above mentioned kinetic energy results in application of catcher tank. The catcher is basically a tank filled with water that neutralizes kinetic energy of abrasive particles. In practice three types of catcher tanks are used:

- tank filled with water
- submerged steel balls
- TiB<sub>2</sub> plates.
- 



*Slika 4. Shematski prikaz tri osnovna oblika rezervoara [2]*  
**Figure 4. Schematic view of three basic types of catcher tanks [2]**

### 3. ODRŽAVANJE KOMPONENTI ZA REZANJE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

Proces održavanja komponenti obradnog sistema je neophodan ukoliko se želi postići visok stepen efikasnosti i preciznosti procesa obrade. Postupci i zahtjevi održavanja bitnih komponenti obradnog sistema će biti prikazan u tekstu koji slijedi.

#### 3.1. Održavanje sistema za generisanje visokog pritiska- hidrauličnih pumpi

Proces održavanja hidrauličnih pumpi sa radilicom je prvenstveno vezan za osiguranje pravilnog podmazivanja pokretnih komponenti hidraulične pumpe kao što su radilica, ležajevi radilice i pokretni klipovi. Pravilnim podmazivanjem se sprječava zagrijavanje navedenih komponenti i trošenje ležajeva do kojeg bi moglo doći neposrednim kontaktom između metalnih kuglica i tijela kuglastog ležaja.

### 3. MAINTENANCE OF COMPONENTS OF ABRASIVE WATERJET CUTTING

The maintenance process of components for abrasive water jet cutting is necessary if we want to achieve a high efficiency and precision level of machining process. Procedures and maintenance requirements of important machining system components will be presented in following text.

#### 3.1. Maintenance of system for high pressure production- hydraulic pumps

Maintenance process of hydraulic pumps with crankshafts is basically connected with proper lubrication of hydraulic pump moving components such as crankshafts, bearings and moving pistons. Proper lubrication prevents heating of mentioned components and wasting of bearings, which would occur by direct contact between metal balls and ball bearing housing.

Održavanje hidrauličnih pumpi sa radilicom je zasnovano na izmjeni ulja za podmazivanje unutar tačno definisanog vremenskog perioda koji se određuje u skladu sa intenzitetom rada hidraulične pumpe, a prema upustu proizvođača.

Maintenance of hydraulic pumps with crankshafts is based on lubrication oil replacement in exactly defined period of time in accordance with hydraulic pump working intensity, and manufacturers instruction.



*Slika 5. Osnovne komponente hidraulične pumpe sa radilicom [5]*



*Figure 5. Basic components of hydraulic pump with crankshaft [5]*

Proces izmjene ulja počinje odvajanjem hidraulične pumpe od električnog motora i postavljanjem posude za sakupljanje ulja ispod cijevi za dovod ulja. Sljedeći postupak jeste odvajanje cijevi za dovod od zaptivača. Prilikom ovog postupka dolazi do isticanja ulja u prethodno postavljenu posudu ispod cijevi za dovod. Poslije isticanja ulja u posudu slijedi njeno odstranjivanje i postupak skidanja kartera skupa sa cijevi sa filterom i cijevi za dovod ulja. Kako bi se u potpunosti hidraulična pumpa očistila od korištenog ulja u praksi se primjenjuje komprimirani zrak koji se upušta u cijev sa filterom na kojoj se još uvijek nalazi čep. Nakon čišćenja se karter ponovo vraća na svoje mjesto uz vraćanje ostalih komponenti na mjesto i zamjenu zaptivača na kraju cijevi za dovod ulja. Novo ulje za podmazivanje se sipa kroz otvor cijevi sa filterom nakon čega je potrebno zamijeniti čep na navedenoj cijevi kao dokaz da je izvršena zamjena ulja.

Process of lubrication oil replacement starts with discharging of hydraulic pump from electric motor and placing drain pan under oil supply pipe. Next step is to disconnect oil supply pipe from the gasket. During this process lubrication oil flows below supply pipe into previously set drain pan. After oil flows into collecting jug, the collecting jug is removed and process of pump crankcase together with filter pipe and oil supply pipe. To completely clean the hydraulic pump from old used oil in practice compressed air is used, which is released into the filter pipe with the cap still on it. After cleaning, crankcase is reattached on its place together with returnment of other components and replacement of the oil supply cap. New lubrication oil is filled through opening of filter pipe, after that it is necessary to replace cap of this pipe as proof of lubrication oil replacement.

### 3.2. Održavanje rezervoara za sakupljanje abraziva i odnešenog materijala tokom procesa rezanja

Pošto je proces rezanja abrazivnim vodenim mlazom zasnovan na primjeni abrazivnih čestica i odnošenju materijala predmeta obrade koji se talože na dnu rezervoara u praksi se javlja neophodnost za održavanjem rezervoara koje ima za cilj postizanje visokog stepena efikasnosti i pouzdanosti procesa rezanja. Primarni cilj održavanja rezervoara jeste sprječavanje nagomilavanja nus produkata procesa rezanja koji mogu prouzrokovati pojavu korozije na dnu rezervoara.

Nastala korozija na dnu rezervoara prouzrokuje trošenje istog što u konačnici može narušiti nepropusnost rezervoara. Kako bi se spriječila navedena pojava, proces održavanja rezervoara je zasnovan na nekoliko aktivnosti koje su navedene u tabeli 1.

### 3.2. Maintenance of catcher tank

Because the abrasive waterjet cutting process is based on application of abrasive particles and workpiece material removal which is collected on tank bottom, in practice necessity for catcher tank maintenance occurs for high efficiency and reliability of machining process achievement. Primary target of catcher tank maintenance is to prevent cumulation of cutting process nus products that can produce corrosion on tank bottom.

Created corrosion on tank bottom causes its wear that can infringe its permeability. To prevent this mentioned phenomenon maintenance process is based on several activities specified in table 1.

**Tabela 1.** Aktivnosti održavanja rezervoara za sakupljanje abraziva i odnešenog materijala tokom rezanja [5].

| Aktivnosti održavanja   | Vremenski interval realizacije aktivnosti   |
|---|---|
| Sapiranje akumuliranih abrazivnih čestica sa rezne glave i radne površine                 | Na dnevnom nivou i u skladu sa potrebama za čistim radnim okruženjem                          |
| Očistiti nataloženi abrazivni materijal i nus proizvode procesa rezanja sa dna rezervoara | Kada se abrazivne čestice u kratkom vremenskom intervalu natalože na površini predmeta obrade |
| Kontrola unutrašnjih površina rezervoara i utvrđivanje potencijalnih oštećenja            | Mjesečna kontrola i u slučaju kada su na metalnim letvicama vidljiva oštećenja                |
| Čišćenje filtera za vodu  | Mjesečna kontrola   |
| Pokretanje sistema za čišćenje vode nakon što se očišćeni rezervoar ispuni čistom vodom   | Samo ukoliko sistem za rezanje abrazivnim vodenim mlazom koristi sistem za prečišćavanje vode |
| Dodavanje tvari za sprječavanje razvoja i širenja bakterija                               | Mjesečna kontrola i u slučaju da su pojava i razvoj bakterija vidljivi golim okom             |

**Table 1.** Catcher tank maintenance activities [5].

| Maintenance activities   | Time interval for activities realisation  |
|--|---|
| Cleaning of accumulated abrasive particles of cutting head and working surface               | Daily in accordance with need for clean working surface                         |
| Cleaning of accumulated abrasive particles and cutting process nus products from tank bottom | When abrasive particles accumulate on workpiece surface in short period of time |
| Control of tanks internal surfaces and determination of potential defects                    | Monthly control and when defects on metal slats are visible                     |
| Water filter cleaning  | Monthly   |
| Running of system for water cleaning after the tank is filled with clean water               | Only if abrasive waterjet system uses system for water treatment                |
| Addition of substances for prevention of corrosion   | Monthly control in case when creation of bacteria is visible to eye.            |



*Slika 6. Istrošene metalne poprečne letvice i sistem za prečišćavanje vode [5] [6] [7]  
Figure 6. Worn metal slats and system for water cleaning [5] [6] [7].*

Održavanje ostalih komponenti obradnog sistema za rezanje abrazivnim vodenim mlazom je prikazano kroz aktivnosti procesa održavanja naznačenih u tabeli 2.

Maintenance of other abrasive waterjet system components are specified in table 2.

*Tabela 2. Održavanje radnih komponenti obradnog sistema*

| Aktivnosti održavanja        |   | Vremenski interval realizacije aktivnosti                   |
|------------------------------|---|---|
| Održavanje radnih komponenti | Podmazivanje nosećih komponenti                                       | Godišnje  |
|                              | Podmazivanje komponenti koje omogućavaju kretanje po X i Y osi        |   |
|                              | Podmazivanje dijelova motora koji omogućava kretanje po Z osi         |   |
|                              | Kontrola ventila i cijevi za dovodenje vodenog mlaza visokog pritiska |   |
|                              | <b>Demontaža mlaznice</b>   | U skladu sa potrebama za postizanjem visoke tačnosti obrade |

*Table 2. Maintenance of machining system working components*

| Maintenance activities |  | Time interval for activities realisation                             |
|------------------------|--|--|
| Maintenance of working | Lubrication of supporting components         | Annual   |
|                        | Lubrication of X nad Y movement motors       |  |
|                        | Lubrication of Z movement motor              |  |
|                        | Valve and pipe for waterjet guidance control |  |
|                        | <b>Nozzle removal</b>                        | In accordance with needs for achievement of high machining precision |

### 3.3. Održavanje mlaznice i kontrola istrošenosti njenih komponenti

Mlaznica predstavlja komponentu obradnog sistema koja ima direktan uticaj na preciznost procesa rezanja. Zbog visokih zahtjeva za preciznošću procesa rezanja i zahtjeva za postizanjem kompleksne geometrije rezova u praksi se javlja potreba za kontrolom istrošenosti komponenti mlaznice. Proces održavanja mlaznice je zasnovan na sljedećim aktivnostima:

- zaustavljanje procesa rezanja i pripremne aktivnosti za skidanje mlaznice,
- skidanje mlaznice sa rezne glave,

### 3.3. Nozzle maintenance and control of component wear

Nozzle presents a component of machining system which has a direct impact on precision of cutting process. Due to high demands for cutting precision and demands for achievement of high complexity cuts geometry in practice demand for control of nozzle components wear occurs. Nozzle maintenance proces is based on following activities:

- stopping of cutting process and preparation activities for nozzle removal,
- nozzle removal from cutting head,



- demontaža mlaznice,
- čišćenje i kontrola istrošenosti komponenti mlaznice,
- izmjena istrošenih dijelova i montaža mlaznice i
- testiranje izmijenjenih komponenti.

Pošto proces demontaže i kontrole zahtijeva zaustavljanje cjelokupnog obradnog sistema i znatni utrošak vremena u praksi se definisanje potrebe za demontažom mlaznice vrši u skladu sa sljedećim pojavama:

- isticanje vodenog mlaza iz komponenti mlaznice,
- nepravilno formiran vodeni mlaz,
- umanjena preciznost i kvalitet rezanja,
- pojava grešaka prilikom rezanja otvora ili predmeta složene geometrije,
- prekidnost reza,
- usporen ili zaustavljen tok abrazivnih čestica i
- izlazak vode i abrazivnih čestica kroz komoru za dodavanje abrazivnih čestica kao rezultat začepjenja mlaznice.

Komponente mlaznice koje se tokom procesa obrade troše i koje je potrebno kontrolisati kako bi se održala željena preciznost i kvalitet procesa rezanja su:

- safirna mlaznica,
- disk komore za mješanje,
- komora za mješanje i
- fokusna cijev.

- nozzle removal
- cleaning and control of wear nozzle components
- change of worn components and nozzle installation and
- testing of changed components.

Because process of changing nozzle components demands to stop the whole machining system which spends some time, in practice demand for nozzle components change is defined in accordance with following appearances:

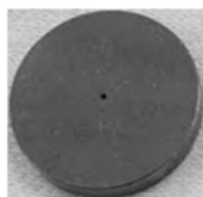
- water leaks in nozzle components,
- incorrect forming of waterjet,
- reduced precision and cut quality,
- occurrence of defects while cutting openings or objects with complex geometry,
- not achieved cut continuity,
- slowed or stopped abrasive particles flow,
- water and abrasive particles leaks trough chamber for adding abrasive particles as result of nozzle clogging.

Nozzle components which wear off during machining process and which need to be controlled in order to obtain desired precision and cut quality are:

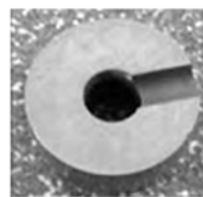
- jewel orifice,
- mixing chamber discs,
- mixing chamber and
- focusing tube.



Safirna dizna



Disk komore za mješanje



Komora za mješanje

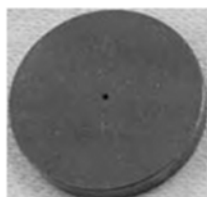


Fokusna cijev

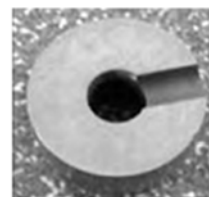
*Slika 7. Osnovne komponente mlaznice koje je potrebno kontrolisati prilikom procesa održavanja [5]*



Jewel orifice



Mixing chamber disc



Mixing chamber

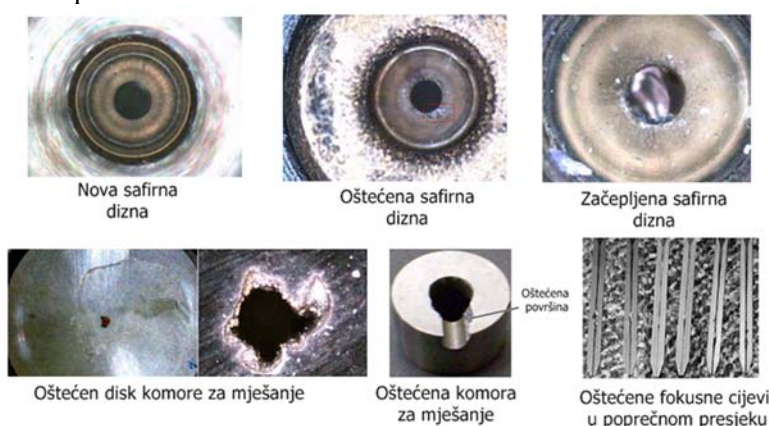


Focusing tube

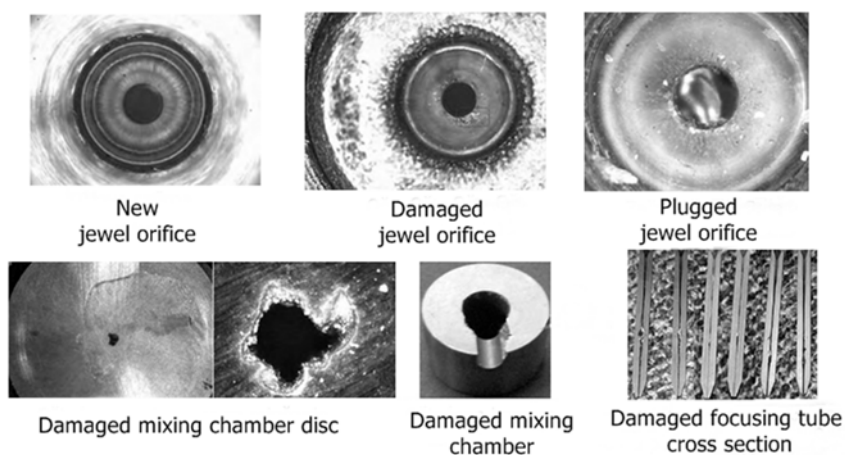
*Figure 7. Basic components of nozzle that need to be controlled during maintenance process [5].*

Nakon procesa demontaže mlaznice njene komponente je potrebno očistiti kako bi se moguća oštećenja učinila vidljivim. Poslije intenzivnog čišćenja na komponentama navedenih na slici 7. je potrebno izvršiti kontrolu. Kretanjem abrazivnih čestica dolazi do trošenja unutrašnjih površina safirne dizne, komore za mješanje i povećanja prečnika otvora diska komore za mješanje i fokusne cijevi. Povećanjem prečnika otvora se smanjuje kinetička energija abrazivnih čestica i vodenog mlaza što kao rezultat ima nepravilno formiran abrazivni vodeni mlaz. Na slici 8. su prikazana oštećenja na komponentama mlaznice nastala usljed neposrednog kontakta između abrazivnih zrna i unutrašnjih površina komponenti mlaznice.

After nozzle removal its components need to be cleaned in order make potential defects visible. After intense cleaning of components shown on figure 7. it is necessary to control them. Movement of abrasive particles leads to wear of inner surfaces of jewel orifice, mixing chamber and increase of mixing chamber discs and focusing tube opening diameter. With increase of opening diameter kinetic energy of abrasive particles and waterjet is reduced, which results with incorrect forming of abrasive waterjet. Defects of nozzle components formed due to direct contact between abrasive particles and inner surfaces of nozzle components are presented in figure 8.



*Slika 8. Oštećenja nastala na safirnoj dizni, disku komore za mješane, komore za mješanje i fokusne cijevi [5].*



*Figure 8. Defects created on jewel orifice, mixing chamber disc, mixing chamber and focusing tube [5].*

Oštećenja nastala na komponentama mlaznice predstavljaju indikatore za donošenje odluke o izmjeni navedenih komponenti ili o realizaciji procesa obrade bez izmjene istih. Ukoliko je konačna odluka nastavak procesa rezanja sa istim komponentama mlaznice tada je na osnovu intenziteta oštećenja potrebno odrediti rok aktivnosti održavanja u narednom periodu.

These created defects on nozzle components present indicators for decision making about change for mentioned components or machining process realisation without change of components. If the final decision is to continuation the cutting process with the same nozzle components, deadline of maintenance activities in the coming period should be set based on the intensity of damages.

#### 4. ZAKLJUČAK

Proces obrade abrazivnim vodenim mlazom predstavlja proces obrade čija efikasnost i preciznost zavise od stanja i kvaliteta unutrašnjih površina reznih komponenti prvenstveno mlaznice. Oštećenja navedenih komponenti rezultiraju neželjenim tokom abrazivnih čestica i vodenog mlaza koji u konačnici kao rezultat ima smanjen stepen efikasnosti procesa rezanja. U cilju smanjenja uticaja stanja reznih komponenti na efikasnost potrebno je pravovremeno održavati navedene komponente. Proces održavanja sistema za rezanje abrazivnim vodenim mlazom je složen proces kojeg čini više različitih aktivnosti. Karakteristike aktivnosti održavanja i vremenski interval njihovog realizovanja se definiše na osnovu karakteristika reznih komponenti i intenziteta korištenja istih. Pravovremenim održavanjem se omogućava postizanje visokog stepena efikasnosti, preciznosti i pouzdanosti navedenog sistema rezanja.

#### 5. LITERATURA - REFERENCES

- [1] <https://www.omax.com/learn/how-does-waterjet-work>,
- [2] H.Lojo, Admir: „Obrada mlazom vode“, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet Kragujevac.,
- [3] <http://www.omax.com/learn/how-does-waterjet-work>,
- [4] The OMAX JetMachining Center Operator's Guide, OMAX Corporation 21409 72nd Avenue Sout Kent USA 98032,
- [5] [http://www.waterjets.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=42&Itemid=33](http://www.waterjets.org/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=33),
- [6] OMAX 2652 JetMachining Center-katalog,

\*Rad je objavljen na IV Konferenciji „ODRŽAVANJE 2016, Zenica 02-04 juni 2016, pp. 27-34

#### 4. CONCLUSION

Abrasive machining process presents a machining process which efficiency and precision depend on state and quality of inner surfaces of cutting components primarily nozzle. Defects of mentioned components result in undesired flow of abrasive particles and water jet that in the end results with low cutting process efficiency. In order to reduce the impact of component state on efficiency it is necessary to timely maintain these components. Maintenance process of abrasive waterjet system is a very complex system which consists of many different activities. Characteristics of these activities and time interval for their realisation is defined in accordance with their characteristics and intensity of use. Prompt maintenance allows achievement of high efficiency, precision and reliability of mentioned cutting process.

- [7] Belić, Ilija: „Nekonvencionalni postupci obrade- obrada usmjerenom energijom“, Beograd, 2010
- [8] Dragoje, Milikić: *Nekonvencionalni postupci obrade (priručnik za studije i praksu)* - Novi Sad, 2002.
- [9] Jeleč, Ajdin: „Tehnologija obrade nekonvencionalnim postupcima obrade- Obrada abrazivnim vodenim mlazom“- Završni rad, Politehnički fakultet u Zenici, Univerzitet u Zenici, 2015

**Corresponding author:**

**Ajdin Jeleč**

**ZEDA- Zenica Development Agency**

**Email: a.jelec@hotmail.com**

**cell. : +387 62 148 019**

\* The paper was published in the IV Conference "MAINTENANCE 2016, Zenica 02-04 June 2016, pp. 27-34