

ODRŽAVANJE SISTEMA ZA REZANJE ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

MAINTENANCE OF SYSTEM FOR ABRASIVE WATERJET CUTTING

Prof.dr. Safet Brdarević
Politehnički fakultet u Zenici
Univerzitet u Zenici

Dipl.proizvodni.ing. Ajdin Jeleč
Politehnički fakultet u Zenici
Univerzitet u Zenici

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.

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

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.

Key words: system for abrasive waterjet cutting, cutting components, maintenance of cutting components.

1. OSNOVE POSTUPKA REZANJA ABRAZIVNIM VODENIM MLAZOM

Postupka 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

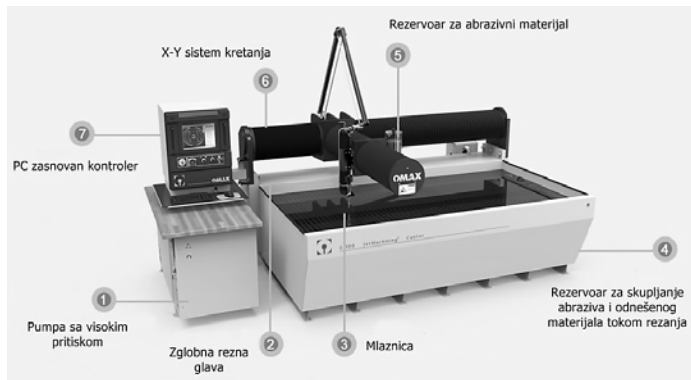
vodom koja prolazi kroz uski regulator. Kretanjem vodenog mlaza velikim brzinama uz oslobađanje velike količine kinetičke energije koja se pretvara u energiju pritiska i realizuje proces rezanja. Nastali pritisak na površini predmeta obrade proizvodi mikropukotine čiji se prečnik povećava udarnim djelovanjem abrazivnih zrna. CNC sistemom upravljanja kretanja se ostvaruje posmično kretanje abrazivnog vodenog mlaza uz erodiranje materijala predmeta obrade koji se nalazu unutar zone rezanja. 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 dovođenju tako pripremljene smjese u reznu 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



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

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

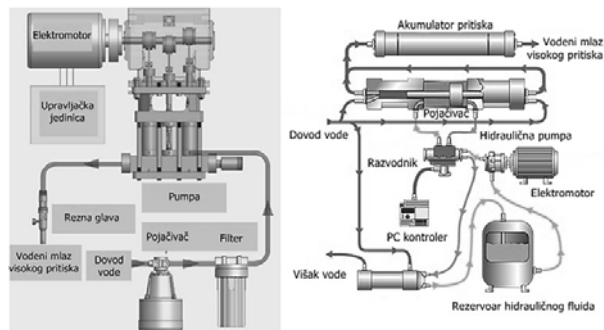
- pumpa visokog pritiska- omogućava nastanak vodenog mlaza veoma visokog pritiska,
- zglobna rezna glava- višeosnost rezne glave omogućava rezanje pod definisanim uglom i automatsko smanjenje konusa za ostvarenje preciznih vertikalnih rezova,
- mlaznica- omogućava povećanje pritiska abrazivnog vodenog 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.

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.

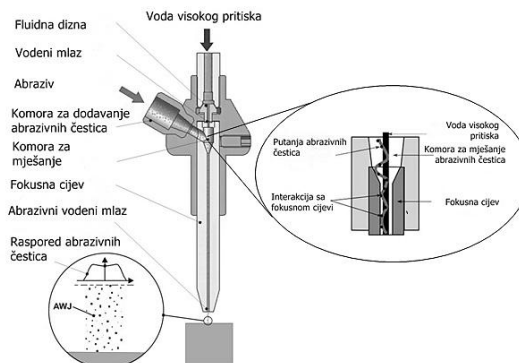
Radilica sa minimalno tri klipa povezana sa elektromotorom predstavlja osnovu hidraulične pumpe sa radilicom. Obrtnim kretanjem radilice nastalog radom električnog motora se omogućava naizmjenično kretanje klipova- višetaktni rad kojim se postiže pravovremeno usisavajne i potiskivanje vode kroz cilindre. 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.



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

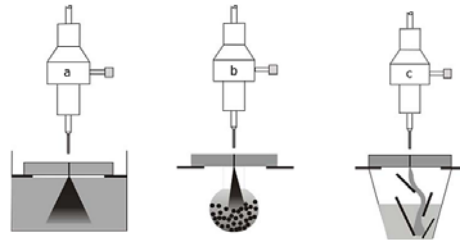


Slika 3. Shematski prikaz rezne glava i modela miješanja abrazivnih čestica i vodenog mlaza [1][3]

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 erozione 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:

- a) vodeni bazen,
- b) potopljene čelične kugle i
- c) TiB_2 ploče.



Slika 4. Shematski prikaz tri osnovna oblika rezervoara [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. 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 uputstvu proizvođača.



Slika 5. Osnovne komponente hidraulične pumpe sa radilicom [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.

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.

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 |



Slika 6. Ispoljene metalne poprečne letvice i sistem za prečišćavanje vode [5] [6] [7].

Održavanje ostalih komponenti obradnog sistema za rezanje abrazivnim vodenim mlazom je prikazano kroz aktivnosti procesa održavanja naznačenih u tabeli 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 dovođenje vodenog mlaza visokog pritiska | |
| | Demontaža mlaznice | U skladu sa potrebama za postizanjem visoke tačnosti obrade |

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:

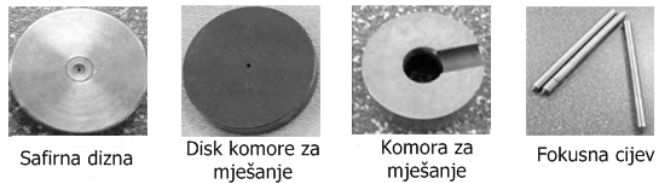
- zaustavljanje procesa rezanja i pripreme aktivnosti za skidanje mlaznice,
- skidanje mlaznice sa rezne glave,
- demontaža mlaznice,
- čišćenje i kontrola istrošenosti komponenti mlaznice,
- izmjena istrošenih dijelova i montaža mlaznice i
- testiranje izmijenjenih komponenti.

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 začepljenja 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.



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



Oštećenja nastala na safirnoj dizni, disku komore za mješane, komore za mješanje i fokusne cijevi [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.

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

- [1] <https://www.oxmax.com/learn/how-does-waterjet-work>,
- [2] H.Lojo ,Admir : „Obrada mlazom vode“,Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet Kragujevac.,
- [3] <http://www.oxmax.com/learn/how-does-waterjet-work>,
- [4] The OMAX JetMachining Center Operator's Guide, OMAX Corporation 21409 72nd AvenueSout Kent USA 98032,
- [5] http://www.waterjets.org/index.php?option=com_content&task=view&id=42&Itemid=33,
- [6] OMAX 2652 JetMachining Center- katalog,
- [7] Belić, Ilija (2010): „Nekonvencionalni postupci obrade- obrada usmjerenom energijom“, Beograd,
- [8] Dragoje, Milikić (2002)-Nekonvencionalni postupci obrade (priručnik za studije i praksu)- Novi sad,
- [9] Jeleč, Ajdin (2015): „Tehnologija obrade nekonvencionalnim postupcima obrade- Obrada abrazivnim vodenim mlazom“- Završni rad, Politehnički fakultet u Zenici, Univerzitet u Zenici.