



### TRIBOLOŠKI ASPEKTI IZBORA SREDSTVA ZA HLADJENJE KOD OPERACIJE GLODANJA

Dr Sci Radoslav RAKIĆ, NIS-Naftagas promet, 21000 Novi Sad, Narodnog fronta 12, SCG

#### **Rezime:**

Svako sredstvo za hlađenje u operaciji obrade metala mora da zadovolji sledeće osnovne zahteve: odvođenje toplote, podmazivanje i uklanjanje metalnih opiljaka. Preporuka kod izbora sredstva za hlađenje zavisi pre svega od vrste obrade. Za primenu, gde se od fluida zahtevaju bolja svojstva podmazivanja, preporučuju se čista, odnosno u vodi nerastvoriva ulja. U drugom slučaju, kada su u pitanju visoke brzine rezanja i gde se od fluida zahtevaju bolja rashladna svojstva, preporučuju se vodorastvorni fluidi.

Tribomehanički sistem kod operacije glodanja sastoji se od radnog komada, glodala i sredstva za hlađenje. Priroda triboloških procesa u procesu glodanja je veoma kompleksna usled visokih temperatura koje se javljaju kod kontaktnih površina. Za vreme procesa glodanja, sredstvo za hlađenje je izloženo promenama usled hemijske reakcije između glodala i radnog komada, usled prisustva metalnih opiljaka i visokih temperatura na kontaktnim površinama.

U radu su preporučena vodorastvorna sredstva za hlađenje oznake M, klasifikovana po Internacionalnom Standardu ISO 6743/7. Kod izbora sredstva za hlađenje bitan je i uticaj samog sistema za hlađenje kod mašina alatki. Uglavnom, postoje individualni sistemi za hlađenje i centralni (delimični i potpuni) sistemi za hlađenje.

Eksperimentalno istraživanje uticaja tribološkog aspekta izbora sredstva za hlađenje kod operacije glodanja izvršeno je u radioničkim uslovima. Posmatran je ceo sistem za hlađenje sa odgovarajućim sredstvom za hlađenje kod operacije glodanja. Osnovni simptomi zastoja sistema za hlađenje bili su: kontaminacija metalnim opiljcima, pojava korozije, povećanje temperature, smanjenje tačnosti rada glodanja i drugi simptomi (poremećena propisana koncentracija, degradacija fluida, poremećeni protok, itd).

Dobijeni rezultati potvrdili su da bi se maksimalna pouzdanost mašina alatki mogla dobiti pravilnim izborom sredstva za hlađenje, monitoringom i održavanjem sistema za hlađenje.

**Ključne reči:** tribološki aspect, sredstvo za hlađenje, glodanje

#### **1. UVODNE NAPOMENE**

Proizvodne operacije koje se izvode obradom metala rezanjem razlikuju se međusobno po primenjenoj vrsti obrade (struganje, glodanje, bušenje, provlačenje, itd), po vrsti i mehaničkim osobinama materijala predmeta obrade, po vrsti i geometriji alata i po uslovima pod kojim se rezanje izvodi [ 1 ].

Proces rezanja se izvodi uvek prodiranjem reznog klina alata u materijal predmeta obrade. Od uslova pod kojim se ovaj proces odvija zavise pri-

tisci i temperature na kontaktnim površinama. Uloga sredstva za hlađenje i podmazivanje je da uspori razvoj triboloških procesa na kontaktnim površinama, putem odvođenja toplote iz zone rezanja i preko smanjenja trenja na kontaktnim površinama. Uloga sredstva za hlađenje je da odvede metalne opiljke sa mesta obrade u postojeći sistem za hlađenje mašine alatke. Kako se količina razvijene toplote, veličina kontaktnih površina i pritisci na kontaktnim površinama razlikuju u proizvodnim operacijama, to je prouzrokovalo razvoj više vrsta sredstava za hlađenje i podma-

zivanje. Efektivnost pojedinih sredstava za hlađenje može se videti u navedenoj literaturi [2 - 6].

## 2. IZBOR SREDSTAVA ZA HLAĐENJE

Da bi se izvršio pravilan izbor sredstava za hlađenje i podmazivanja za neku proizvodnu operaciju neophodno je poznavati sve karakteristike procesa rezanja, kako materijala predmeta obrade tako i samog alata i osnovne karakteristike sredstava za hlađenje i podmazivanje.

Prema Internacionalnom Standardu ISO 6743 / 7, sredstva za hlađenje kod obrade metala oznake M dele se u dve grupe:

- *vodorastvorni fluidi, oznake MAx i*
- *nerastvorni u vodi fluidi, oznake MHx.*

Vodorastvorni fluidi, koriste se po pravilu, u proizvodnim operacijama kod kojih su brzine rezanja velike, a pritisci na kontaktnim površinama relativno mali.

Znači, ova sredstva se preporučuju u onim proizvodnim operacijama u kojima se razvija velika količina toplote, pa je neophodno primeniti sredstvo sa odličnim rashladnim svojstvima.

U proizvodnim operacijama u kojima se javljaju visoki pritisci na kontaktnim površinama, između alata i materijala predmeta obrade, u uslovima u kojima se razvija manja količina toplote, koriste se čista, odnosno nerastvorna u vodi ulja.

U proizvodnim operacijama u kojima se vrši obrada metala glodanjem, koriste se alati od brzoreznog čelika uz obaveznu primenu sredstva za hlađenje i podmazivanje. Alati su višesečni rezni elementi. U toku procesa rezanja ulaze i izlaze iz materijala, tako da su i toplotno i mehanički izloženi opterećenjima. Geometrija obrade može biti takva da je prilaz sredstva za hlađenje i podmazivanje zoni rezanja veoma otežan. Ovo su sve razlozi zbog kojih u ovim proizvodnim operacijama treba primeniti sredstvo za hlađenje i podmazivanje sa dobrim tribološkim karakteristikama.

U konkretnom slučaju eksperimentalnog istraživanja, u procesu glodanja, korišćeni su vodorastvorni fluidi, koji su po Internacionalnom Standardu ISO 6743 / 7 podeljeni u devet vrsta, oznake MAx [ 7 ].

U Tabeli 1, data je klasifikacija vodorastvornih fluida za obradu metala, gde su: **A** - slovnna oznaka, **B** - posebna primena, **C** - specifična primena, **D** - tip proizvoda i zahtevi korišćenja, **E** - simbol ISO-L.

U praksi postoje dva tipa sistema za hlađenje kod mašina alatki: individualni i centralni sistemi, koji mogu biti parcijalni i potpuni. Individualni sistemi su rezervoari sa pripadajućom opremom, koji predstavljaju deo mašine alatke. U toku eksploatacije rezervoari se pune metalnim opiljcima, uljima za podmazivanje mašina i drugim kontaminatima. Tokom rada na sredstvima za hlađenje dolazi do promena usled povećanih temperatura, kontaminata, poremećene koncentracije i protoka. Ovo dalje sve izaziva kvarenje sredstva za hlađenje, pojavu korozije na radnim predmetima i uopšte pad triboloških svojstava sredstva. Usled svega nabrojanog, veoma je važna povećana briga održavanja i monitoringa sistema za hlađenje mašina alatki.

Ovo se dosta uspešno može postići uvođenjem centralnog sistema za hlađenje grupa mašina alatki.

U konkretnom slučaju eksperimentalnog istraživanja uveden je sistem centralnog pripremanja sredstva za hlađenje i iz kojeg se vršilo snabdevanje svih glodalica potrebnim količinama. Osim navedenog načina pripremanja uvedeno je dodatno prečišćavanje sredstva za hlađenje putem finijih filtera, monitoringom sa praćenjem temperature fluida, pravilne koncentracije i protoka fluida.

## 3. EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE

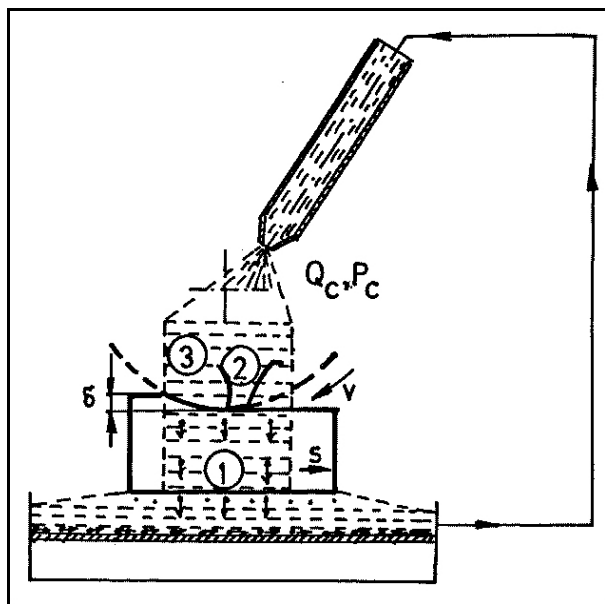
Eksperimentalno istraživanje uticaja sredstva za hlađenje na tribološke procese kod operacije glodanja izvršeno je u radioničkim uslovima rada. Istraživanje je izvršeno na glodalicama sa dve vrste sredstava za hlađenje i dva tipa održavanja sredstava za hlađenje. Kao prvo sredstvo za hlađenje je korišćeno tzv. mikro-emulzija oznake ISO-L-MAE, a drugo, tzv. sintetski koncentrat oznake ISO-L-MAG. U prvom i trećem periodu ispitivanja korišćen je tzv. individualni sistem za hlađenje, čije se održavanje sastoji od grubog filtriranja i sedimentacije opiljaka. U drugom i četvrtom periodu ispitivanja korišćeno je tzv. parcijalno centralno održavanje sistema koje se sastoji od finog filtriranja, monitoringa sa praćenjem temperature, koncentracije i protoka fluida. Na slici 1 prikazan je tribomehanički sistem kod operacije glodanja, koji se sastoji od radnog komada (element 1), glodala (element 2) i sredstva za hlađenje (element 3).

Uslovi operacije glodanja dati su u Tabeli 2.

**Tabela 1:** Klasifikacija vodorastvornih fluida (familija M)

A	B	C	D	E
M	Obrada metala skidanjem strugotine i obrada metala deformacijom	Operacije gde se Primarno zahteva hlađenje	Sredstva, kao mlečne emulzije sa anti-korozivnim svojstvima	MAA
			Sredstva MAA sa anti-frikcionim svojstvima	MAB
			Sredstva MAA sa EP svojstvima	MAC
			Sredstva MAB sa EP svojstvima	MAD
			Sredstva, kao mikro emulzije, sa anti-korozivnim svojstvima	MAE
			Sredstva MAE sa anti-frikcionim i / ili EP svojstvima	MAF
			Sredstva kao transparentni rastvori, sa anti-korozivnim svojstvima	MAG
			Sredstva MAG sa anti-frikcionim i / ili sa EP svojstvima	MAH
			Masti i paste mešane sa vodom	MAI

Tipične karakteristike navedenih vodorastvornih sredstava za hlađenje dati su u Tabeli 3.



Slika 1.: Tribomehanički sistem kod operacije glodanja

**Tabela 2:** Uslovi operacije glodanja

Vrsta glodala	Valjkasto glodalo
Uslovi rezanja:	
Brzina, $v$	28 – 50 m / min
Posmak, $s$	0,13 – 0,40 mm / zubu
Debljina, $\delta$	1 – 3 mm
Materijal radnog komada	Č 1530
Sredstvo za hlađenje	Mikro-emulzija (ISO-L-MAE) (period I i II) Sintetski koncentrat (ISO-L-MAG) (period III i IV)
Koncentracija	5%
Protok	10-20 l / min

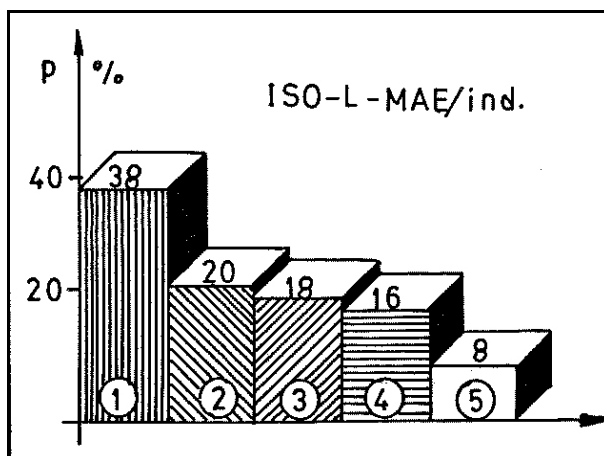
#### 4. REZULTATI I DISKUSIJA EKSPERIMENTALNOG ISTRAŽIVANJA

Vreme trajanja sredstva za hlađenje u sistemu za hlađenje predmetnih glodalica u praksi je pokazivalo veliko rasipanje rezultata. Pomoću verovatnoće i statističkih metoda bilo je moguće da se odrede uticaji sredstava za hlađenje na rad sistema za hlađenje ispitivanih glodalica. Tako se, statističkim praćenjem, došlo do glavnih simp-

toma zastoja sistema za hlađenje, kako je prikazano na slici 2., gde su: 1- kontaminacija metalnim opilj-cima, 2- pojava korozije, 3- povećanje temperature fluida, 4- smanjenje tačnosti obrade i 5- drugi simptomi (poremećena koncentracija, degradacija fluida, poremećen protok, i dr.), p- procenat zastoja.

**Tabela 3:** Tipične karakteristike sredstva za hlađenje

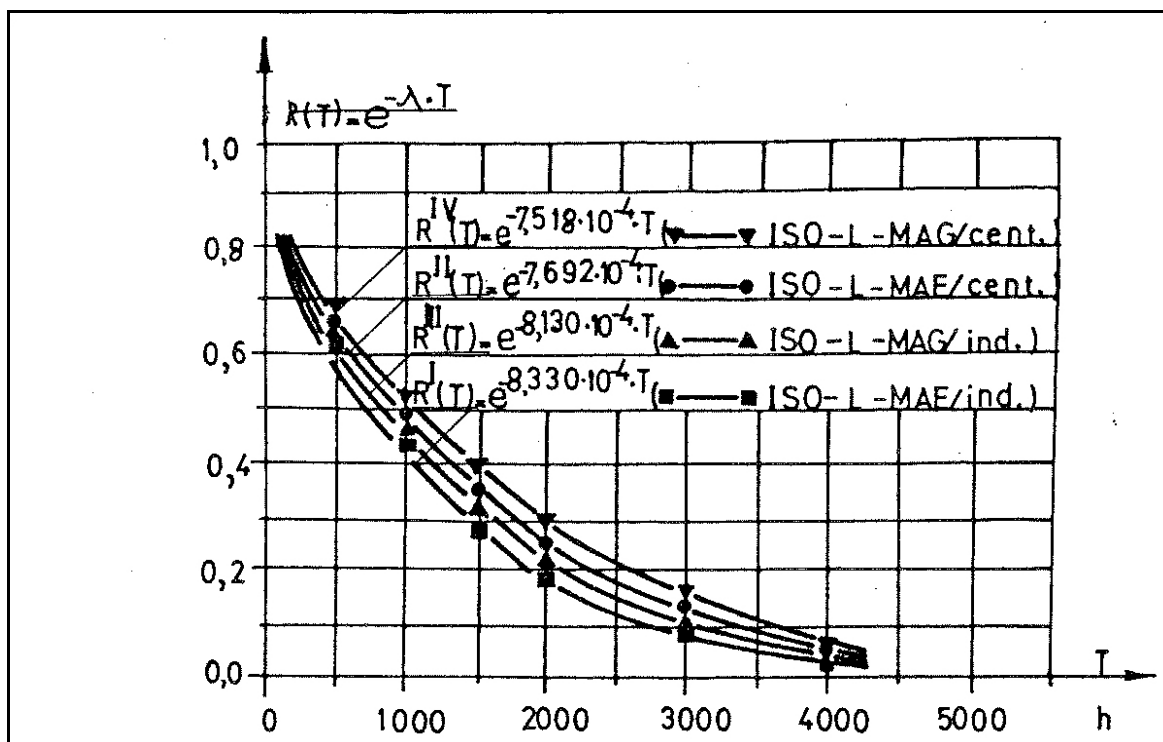
Tipične karakteristike	Mikro-emulzija	Sintetski koncentrat
Stabilnost i izgled koncentrata	Bistar i stabilan	Bistar i stabilan
Ostatak nakon isparavanja	uljast	uljast
Stabilnost i izgled 5% rastvora	Stabilna opalescentna	Stabilna transparentna
PH –vrednost 5% rastvora	8,8 – 9,2	8,5 – 9,0
Korozija 5% rastvora	negativna	2%negativna



Slika 2.: Analiza simptoma zastoja rada sistema za hlađenje glodalica

Na osnovu ovih rezultata, koji su tipični za prvi i treći period ispitivanja, u praksi se dokazalo, u drugom i četvrtom periodu ispitivanja, da se rezultati mogu poboljšati kvalitetnim monitoringom i kontrolom uticajnih parametara na pouzdanost rada sistema za hlađenje glodalica.

Krive pouzdanosti rada sistema za hlađenje predmetnih glodalica u vremenu, kao funkcija triboloških svojstava sredstva za hlađenje i načina održavanja istih, date su na slici 3.



Slika 3.: Krive pouzdanosti, R(T) – pouzdanost rada, T – vreme (h)

Na osnovu rezultata ispitivanja, sa slike 3, može se zaključiti:

- najveća pouzdanost rada iskazana je krivom  $R_{iv}(T)$ , (ima najmanji pad u vremenu), gde je ostvareno srednje vreme bez zastoja sistema od 1330 h, kao i pouzdanost rada iskazana krivom  $R_{ii}(T)$ , gde je ostvareno srednje vreme bez zastoja sistema 1300 h.
- slabija pouzdanost iskazana je krivom

$R_{iii}(T)$ , gde je ostvareno srednje vreme, bez zastoja sistema od 1230 h, a najslabija pouzdanost rada iskazana je krivom

$R_i(T)$ , gde je ostvareno srednje vreme bez zastoja sistema svega 1200 h.

## 5. ZAKLJUČCI

Na osnovu prethodno prezentiranih rezultata mogu se izvući sledeći zaključci:

- zastoji tribomehaničkih sistema posmatranih glodalica bili su pod uticajem i sistema za hlađenje i sredstva za hlađenje.
- sredstva za hlađenje oznake ISO –L-MAG je dalo bolju pouzdanost u radu, u odnosu na sredstvo za hlađenje ISO-L-MAE.
- tzv. parcijalno centralno održavanje sistema za hlađenje dalo je bolju pouzdanost u radu, u odnosu na jednostavan individualni sistem kod posmatranih glodalica.

Dobijeni rezultati su potvrdili da bi se maksimalna pouzdanost rada glodalica mogla dobiti pravilnim izborom sredstava za hlađenje,

pojačanim monitoringom ključnih funkcionalnih elemenata i održavanjem sistema za hlađenje.

## LITERATURA

- [1] B. Ivković, Tribologija rezanja, sredstva za hlađenje i podmazivanje, Građevinska knjiga, Beograd, 1979.
- [2] R. Rakić, Pouzdanost sistema za hlađenje kod obrade metala, Zbornik V Internacionalne konferencije o fleksibilnim tehnologijama, MMA 94, Novi Sad, 1994, 559 – 564.
- [3] R. Rakić, Efekti održavanja sredstava za hlađenje za obradu metala na tribološke procese, Zbornik Simpozijuma YUNG 4P 95, Vrnjačka Banja, 1995, Deo P4, 157 – 162.
- [4] R. Rakić, The influence of coolants for metalworking on machine tool failures, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Conference on Tribology, Balkantrib 96, Thessaloniki, Greece, 1996, 827 – 833.
- [5] R. Rakić, Z. Rakić, The effect of the selection of metalworking fluids on tribological processes, Proceedings of the 1<sup>th</sup> International Colloquium, Ostfildern, FR Germany, 1998, 57 – 62
- [6] R. Rakić, Z. Rakić, Tribological aspects of the choice of metalworking fluid in cutting processes, Journal of Materials Processing Technology 124, 2002, 25 – 31.
- [7] \*\*\* Classification of lubricants, industrial oils and related products ( class L), Part 7, Family M, (metalworking), ISO 6743, 1986.