



IZBOR MAZIVA ZA PODMAZIVANJE MEHANIČKIH PRENOSNIKA

Mr Slobodan STEFANOVIĆ, dipl. inž. maš.

*direktor fabrike mašinskih delova "FMD" i v. d. direktor fabrike "Alatnica", EI Holding
Korporacije, ul. Bulevar Svetog cara Konstantina, 80-86, 18000 Niš*

Mr Dragan NIKOLIĆ, dipl. inž. maš.

Predavač Više tehničko tehnološke škole, 17500 Vranje

Rezime:

U radu su prikazani onovni postupci i upustva sa tabelarnim prikazima, u tehnologiji podmazivanja mehaničkih prenosnika sa aspekta održavanja istih. Maziva koja se koriste u ovakvim postupcima su prikazana važećim standardima i to: JUS-om, ISO-om, AGMA I SAE gradacijom. Preporuke su obuhvatile podmazivanje standardnih prenosnika u koje spadaju: otvoreni zupčasti prenosnici i zatvoreni zupčasti prenosnici (prenosnici snage za motorna vozila, menjai i diferencijali i industrijski zupčasti prenosnici).

Ključne reči: *mazivo, viskoznost ulja, otvoreni zupčasti prenosnici, zatvoreni zupčasti prenosnici, diferencijali, menjai, pužni prenosnici.*

1. UVOD

Trenje koje se javlja na površinama zubaca zupčanika pri sprezanju odnosno pri kretanju zupčanika, može se znatno ublažiti podmazivanjem. Uloga maziva nije samo u ublažavanju dejstva trenja kao neželjene posledice već i u obezbeđivanju izpravnog hlađenja zupčanika. Hlađenje se izvodi obilnim dovođenjem maziva (najčešće ulja) u zoni podmazivanja (način podmazivanja okvašenih površina).

Podmazivanje zubaca zupčanika je složen proces i nije u potpunosti ostvarljiv. Razlozi leže u sledećim slučajevima koji se javljaju pri podmazivanju i to: pri malim brzinama zupčanika ne može se stvoriti potreban hidrodinamički pritisak u sloju maziva pa tada dolazi do nepotpunog podmazivanja, pri velikim brzinama zupčanika usled dejstva centrifugalne sile mazivo se teško zadržava na bokovima zubaca zupčanika pa se javlja pojava podmazivanja poluokvašenih površina

što je takođe neželjena pojava pri podmazivanju. Da bi se ove pojave ublažile tj. razlozi koji dovode do nepotpunog podmazivanja eliminisali vrši se ubrizgavanje maziva pod pritiskom u međuzublja zubaca zupčanika (naročito je ovaj postupak bitan kod podmazivanja zubaca zupčanika koji obrću velikim brojem obrtaja).

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE MAZIVA ZA PODMAZIVANJE ZUBACA ZUPČANIK

Za podmazivanje zubaca zupčanika primenjuju se sledeće vrste maziva i to:

1. čvrsta maziva kod zbac zupčanika koji se kreću brzinama do 3(m/s) (najčešće primenjeno mazivo je legirana mast sa aditivom molibdendisulfida),
2. tehničke masti (tečna maziva) kod zubaca zupčanika koji se kreću brzinama do 2,5 (m/s) i
3. ulja (mineralna i sintetička).

Da bi se izvršio pravilan izbor maziva za podmazivanje zubaca zupčanika, neophodno je klasifikovati karakteristike koje mazivo mora da poseduje kao bi process podmazivanja bio optimalan. Zadovoljenje ovih karakteristika maziva dovodi do pravilnog izbora maziva a time i do pravilnog podmazivanja. U ove karakteristike maziva spadaju:

- da bude stabilno u eksploataciji tj. da zadrži svoja hemijska i fizička svojstva pri promeni brzine strujanja, radne temperature i pritiska,
- da ima dobra maziva svojstva,
- da ima dobru toplotnu provodljivost,
- da ima malu promenu viskoznosti sa promenom temperature i pritiska u random opsegu,
- da je otporno na pojavu pene i stvaranja emulzije (mešanje sa vodom),
- da ima dobru otpornost prema starenju i oksidaciji,
- da je što manje aktivno prema gumi (gumenim zaptivkama), metalima, plastičnim masama, zaštitnim premazima i sl. i
- da ne sadrži čvrste primese.

Pored nabrojanih osnovnih karakteristika koje mora da ispuni mazivo za pravilan njegov izbor u tehnologiji podmazivanja zubaca zupčanika, potrebno je obratiti pažnju i na dve osnovne karakteristike radne tečnosti u koje spadaju:

- brzina izdvajanja vazduha, koja pokazuje kojom će se brzinom vazdušni mehurići pojaviti na površinu tečnosti (ulja) za podmazivanje i
- svojstvo radne tečnosti da se penuša, tj. brzina razbijanja mehurića izdvojenih na površini tečnosti za podmazivanje (ulja) u obliku pene.

3. IZBOR MAZIVA ZA PODMAZIVANJE MEHANIČKIH PRENOSNIKA PREMA VAŽEĆIM STANDARDIMA

Za podmazivanje otvorenih prenosnika i jednim delom zatvorenih prenosnika sa malim brojem obrtaja, najčešće se koriste čvrsta maziva i tehničke masti, dok se za podmazivanje zatvorenih mehaničkih prenosnika isključivo koriste ulja. U pogonskoj praksi za podmazivanje mehaničkih prenosnika uglavnom se koriste dva sistema za podmazivanje zubaca zupčanika uljem i to: sistem potapanja zubaca zupčanika u uljno kupatilo i sistem ubrizgavanja tj. dovođenje ulja pod pritiskom pomoću mazalica (dizni) u međuzublje zupčanika neposredno pri njihovom sprezanju.

Kod podmazivanja potapanjem, zupčanik svojim donjim delom uranja u uljno kupatilo toliko, da dubina potapanja iznosi 1-5 modula zupčanika. Podmazivanje potapanjem se koristi za obimne brzine zupčanika do 15 (m/s).

Podmazivanje ubrizgavanjem ulja se koristi za veće brzine zupčanika i prednost ovakvog načina podmazivanja se ogleda u stalnoj cirkulaciji jednog te istog ulja u sistem za podmazivanje. Ovo je vrlo bitno sa aspekta potrošnje ulja jer smanjuje potrebu stalne zamene ulja. Da bi ovakav sistem za podmazivanje mogao da funkcioniše neophodno je da sadrži sledeće osnovne komponente: pogonski agregat za obezbeđenje stalne cirkulacije ulja (cirkulacionu pumpu), sistem za hlađenje cirkulacionog ulja (hladnjak), cevni sistem sa armaturom za protok cirkulacionog ulja (termometar i manometar). Za pravilno podmazivanje zubaca zupčanika ovim načinom, neophodno je obezbediti da radna temperatura ne prelazi vrednost 60-80 °C, jer pri većim temperaturama dolazi do brzog starenja ulja.

Treba reći, da za podmazivanje zatvorenih zupčastih prenosnika kod tehničkih sistema (mašina) sa malim projem obrtaja, koriste se za podmazivanje tečne mazive masti. Količina mazive masti (polutečne masti) je određena gabaritom samog prenosnika, dok se način podmazivanja izvodi kontinualno tj. po principu istom kao kod podmazivanja uljem.

Preporuke za izbor ulja za podmazivanje zubaca zupčanika se karakterišu viskoznošću ulja u zavisnosti od snage i brzine mehaničkog prenosnika. Prikaz ovih karakteristika je dat u tabeli 1.

Gornja napomena važi za podmazivanje svih vrsta zupčanika na tehničkim sistemima (mašinama) u opštem mašinstvu. Zamenu ulja treba vršiti svakih 1000-5000 časova rada u zavisnosti od vrste opterećenja prenosnika. U periodu uhodavanja sistema (u početnom periodu rada tj. razrađivanja sistema) zamenu ulja vršiti posle svakih 20-30 časova rada.

Pored osnovne navedene tabele o izboru ulja za zupčaste prenosnike daje se i preporuka izbora maziva za otvorene zupčaste prenosnike prema standardu JUS B. H3. 270-274 (tabela 2).

Preporuke izbora načina podmazivanja i vrste maziva zupčastih prenosnika na tehničkim sistemima biće prikazane u tabeli 3. prema standardu ISO.

Za podmazivanje elemenata mehaničkih prenosnika snage kod motornih vozila, rudarsko-gradevinskih mašina, poljoprivrednih mašina koriste se opšte preporuke za izbor maziva koje su tabelarno prikazane u tabeli 4.

U tabeli 5. su prikazane orjentacione vrednosti gradacije motornih ulja i ulja za menjače i diferencijale prema SAE gradaciji.

Tabela 1. Podaci o viskoznosti ulja η (Pa·s / 50 °C) za podmazivanje zubaca zupčanika

Obimna brzina zupčanika (m/s)	Ft / (b·mn)		
	Ft - obimna sila na zupčaniku, mn - modul zupčanika		
	12,5	12,5-30	30
0,5	0,135	0,274	0,410
0,5-2	0,720	0,135	0,274
2-6	0,049	0,720	0,135
6-12	0,036	0,049	0,720

Napomena: Ulja za podmazivanje zupčanika su legirana (ulja sa dodatkom EP aditiva) i to za jaka opterećenja i hipoidna ulja veće nosivosti.

Tabela 2.

Vrsta maziva	Metoda podmazivanja
Maziva na bazi bitumena	Ručno podmazivanje, četkom
Maziva sa rastvaračima koji ostavljaju čvrst film nakon isparavanja	Ručno ili automatsko, naprskavanjem
Ulje visoke viskoznosti sa EP aditivima	Kapanjem, naprskavanjem, kontinualno ili povremeno

Tabela 3. Preporuke

Oznaka maziva (ulja)	Viskoznost na $t = 40\text{ °C}$	Indeks viskoznosti	Tačka paljenja °C	Tačka stinjanja °C
ISO L-CKC 68	68	95	220	- 25
ISO L-CKC 100	100	95	220	- 20
ISO L-CKC 150	150	95	220	- 18
ISO L-CKC 220	220	95	230	-15
ISO L-CKC 320	320	95	235	-12
SAE gradacija				
80 W	11	90	165	-27
80-90 W	14	95	180	-27
85-90 W	17	95	180	-19
85-140 W	26	90	200	-12
90 W	18	90	180	-19
140 W	31	80	210	-12

Napomena: Ovo je grupa visokokvalitetnih ulja sa EP svojstvima za industrijske zupčaste prenosnike koji rade u oblasti temperatura od 15-120 °C. Koriste se za podmazivanje visoko opterećenih prenosnika svih vrsta ozubljenja i opterećenja.

Tabela 4.

Vozila	Mehanički menjački-prenosnici	Automatski menjački prenosnici	Diferencijalni (hipoidni) prenosnici	Diferencijalni prenosnik (konični sa lučnim zupcima, pužni)
Potnička vozila	SAE 80 (EP)* SAE 90 (EP) ili multigradno	Fluidi za automatske prenosnike, ATF	SAE 90 (EP) ili multigradno	-
Teretna vozila	SAE 80 (EP)* SAE 90 (EP) ili multigradno	SAE 80 (EP) za poluautomatske menjače, ATF fluid za automatske menjače	-	SAE 140 ili multigradno

Napomena: Pri izboru ulja sa EP aditivima mora se voditi računa o kompatibilnosti sa materijalima od kojih su izrađeni elementi menjača.

Tabela 5.

<i>SAE gradacija (SAE broj)</i>	<i>Stepen Englera °E</i>	<i>Naziv viskozitetne gradacije</i>
Kod motornih ulja SAE		
10 W (zimski uslovi)	2,5-3,35 / 50°C	Vrlo lako, zimsko
20 W (zimski uslovi)	3,35-6,75	Lako, zimsko
30 W (zimski uslovi)	3,34-6,62	Lako
40 W (zimski uslovi)	6,62-9,84	Srednje
50 W (zimski uslovi)	9,84-14,20	Teško
	14,20-21,80	Vrlo teško
Kod ulja za menjače i diferencijale SAE		
75 W	3,0-4,0 / 50°C	Vrlo lako
80 W	7,0-10,0	Lako
90 W	12,0-25,0	Srednje
140 W	3,4-5,6 / 100°C	Teško
250 W	iznad 5,6	Vrlo teško

Napomena: SAE se određuje, za zimske uslove na 0 °F (Faranhajda) , a na 210 °F kod ostalih ulja.

Tabela 6.

<i>AGMA broj</i>	<i>ISO viskozna grupa</i>	<i>AGMA broj</i>	<i>ISO viskozna grupa</i>
1	46	6, 6EP	320
2, 2EP	68	7 comp, 7 EP	460
3, 3EP	100	8 comp, 8 EP	680
4, 4EP	150	8A comp	1000
5, 5EP	220		

Napomena: Sva ulja sadrže additive protiv korozije i oksidacije. Grupe 7 comp, 8 comp i 8A comp sadrže od 3 do 10% masnih ulja.

Tabela 7. AGMA preporuke za izbor maziva za zatvorene pužne prenosnike

<i>Osno rastojanje (mm)</i>	<i>Vrsta pužnog prenosnika</i>	<i>Broj obrtaja puža (o/min)</i>	<i>AGMA broj</i>		<i>Broj obrtaja puža preko (o/min)</i>	<i>AGMA broj</i>	
			<i>Temperatura okoline °C</i>			<i>Temperatura okoline °C</i>	
			<i>-10 do 15</i>	<i>10 do 15</i>		<i>-10 do 15</i>	<i>10 do 15</i>
Do 150	Cilindrični globoidni	700	7 comp	8 comp	700	7 comp	7 comp
		700	8 comp	8A comp		8 comp	8 comp
Od 150 do 300	Cilindrični globoidni	450	7 comp	8 comp	450	7 comp	7 comp
		450	8 comp	8A comp		8 comp	8 comp
Od 300 do 450	Cilindrični globoidni	300	7 comp	8 comp	300	7 comp	7 comp
		300	8 comp	8A comp		8 comp	8 comp
Od 450 do 600	Cilindrični globoidni	250	7 comp	8 comp	250	7 comp	7 comp
		250	8 comp	8A comp		8 comp	8 comp
Iznad 600	Cilindrični globoidni	200	7 comp	8 comp	200	7 comp	7 comp
		200	8 comp	8A comp		8 comp	8 comp

AGMA (American Gear Manufactures Association), za industrijske zupčaste prenosnike propisuje 9 grupa ulja za podmazivanje industrijskih zupčanika koje po veličini viskoznosti

odgovaraju ISO grupama od 46 do 1000. U tabelama 6. i 7. izvršena je AGMA podela ulja za zatvorene zupčaste prenosnike.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu je učinjen pokušaj da se na jednom mestu obuhvate osnovne karakteristike maziva za podmazivanje mehaničkih prenosnika u opštem mašinstvu. Tabelarni prikazi su selektovani prema karakteristikama prenosnika, i u njima se jasno pokazuju osnovne karakteristike maziva, kao bi poslužili svim održavaocima tehničkih sistema koji u svojoj pogonskoj praksi susreću tehnologiju podmazivanja za lakši rad. Ovakav jedan pregled se nadamo da će poslužiti lakšem pristupu preventivnog održavanja prenosnika na tehničkim sistemima u našoj industriji.

LITERATURA

1. Ž. Adamović, S. Stefanović, Lj. Josimović, O. Momčilović, N. Jevtić, G. Jovanov, Podmazivanje maćina, OMO, Beograd, 2003.
2. Ž. Adamović, D. Cvetković, D. Vujić, S. Stefanović, Preventivno održavanje tekstilnih mašina, TEHDIS, Smederevo, 2001.
3. A. Vulić, Predavanja iz predmeta Mehaničkih prenosnika, Mašinski fakultet, Niš, 1990.
4. A. Vulić, Prenosnici snage, Skripta, Mašinski fakultet, Niš, 1992.