

## Određivanje koncentracije metala u korišćenom ulju menjača automobila

---

*Porast snage motora postavlja sve veće i veće zahteve za menjače sa aspekta funkcionalnosti, pouzdanosti i bezbednosti. Da bi se smanjilo trenje, habanje i oštećenje delova menjača potrebno je izabrati adekvatno sredstvo – ulje za podmazivanje. U ovom radu predstavljeni su rezultati ispitivanja koncentracija metala – produkata habanja u zavisnosti od ulja koja su korišćena pri laboratorijskim ispitivanjima sinhrono grupe menjača Zastavinih vozila.*

---

### Uvod

Pri ispitivanju uzroka kvara menjača u najvećem broju slučajeva pronađeno je da su kvarovi posledica neodgovarajućih karakteristika ulja za podmazivanje. Zbog toga se analizi ulja za menjače mora posvetiti posebna pažnja.

Identifikacija metala kao produkata habanja u ulju omogućava da se na vreme utvrdi koje komponente menjača se habaju i kojim intenzitetom. Na taj način mogu se značajno smanjiti troškovi i vreme potrebno za ispitivanje habanja menjača.

Cilj rada je da se utvrdi uticaj vrste menjačkih ulja na intenzitet habanja čeličnih delova. Pri ovim ispitivanjima je analizirana i mogućnost primene motornih ulja kao zamena menjačnim uljima.

### Materijal i metode

U ispitivanim uljima određivana je koncentracija Fe, Ni, Mn i Cu. Ulja su prethodno tretirana na simulatoru menjača i uzorkovana nakon određenog broja ciklusa (na simulatoru jedan ciklus predstavlja promenu iz treće u četvrtu brzinu, ili obrnuto; 100 000 ciklusa u realnim uslovima predstavlja oko 150 000 pređenih kilometara). Delovi menjača izrađeni su od čelika Č7422 (zupčanici, kućište i vratila) i specijalnog sinterovanog materijala M8Fe45 (sinhroni prstenovi). Čelik Č7422 sadrži primese:

---

*Anka Nedić (1983),  
Kragujevac, Braće  
Hadžića 55/8,  
učenica 3. razreda  
Prve kragujevačke  
gimnazije*

0.46% Ni, 0.43% Cr, 0.80% Mn i 0.20% Mo. Sastav legure M8Fe45: 3-6% Ni, 0.5-2% Cu, 0.2-0.5% Mo i 89-93% Fe.

Uzorci ulja nabavljeni su u Institutu za automobile Zastava u Kragujevcu. Ispitivane su 3 vrste ulja: menjačno ulje GL3, motorno ulje SAE 30 i menjačno ulje GL4. Menjačna ulja GL3 i GL4 su ulja u razvoju u Rafineriji nafte Beograd, dok je ulje SAE 30 motorno ulje čije se karakteristike ispituju pri radu menjača. Za svaku vrstu su analizirani uzorci:

- novo ulje
- ulje posle 25 000 ciklusa
- ulje posle 50 000 ciklusa
- ulje posle 75 000 ciklusa
- ulje posle 100 000 ciklusa (sem za GL4).

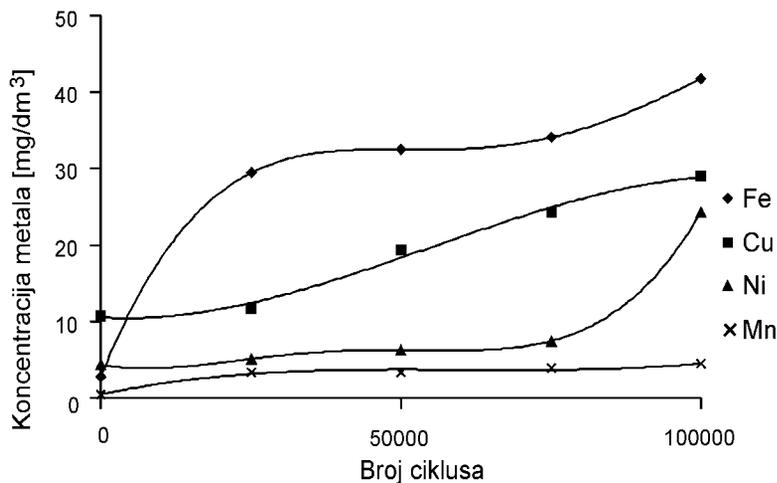
Uzorci ulja ( $2 \text{ cm}^3$ ) tretirani su koncentrovanom sumpornom kiselinom ( $2 \text{ cm}^3$ ) i upareni do suva. Tako osušeni uzorci spaljivani su na plamenu (70-80 min), a zatim žareni na  $550^\circ\text{C}$ . Ohlađeni uzorci tretirani su koncentrovanom HCl ( $6 \text{ cm}^3$ ), a zatim filtrirani. Filtrat je razblažen destilovanom vodom do  $25 \text{ cm}^3$  u normalnom sudu i iz njega su određivani Fe, Cu, Ni i Mn atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom.

## Rezultati i diskusija

Koncentracije određivanih metala u ispitivanim uzorcima ulja prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Koncentracije Fe, Cu, Ni i Mn u ispitivanim uzorcima

Vrsta ulja	Broj ciklusa	Koncentracija metala [ $\text{mg}/\text{dm}^3$ ]			
		Fe	Cu	Ni	Mn
GL3	0	2.7	10.7	4.3	0.4
GL3	25000	29.4	11.7	5.1	3.3
GL3	50000	32.5	19.4	6.3	3.4
GL3	75000	34.1	24.2	7.4	3.8
GL3	100000	41.7	29.0	24.3	4.4
SAE 30	0	9.2	1.9	6.6	0.6
SAE 30	25000	28.1	8.3	8.2	3.2
SAE 30	50000	28.8	4.9	8.2	3.3
SAE 30	75000	38.7	6.1	8.4	3.3
SAE 30	100000	45.0	6.2	8.7	3.4
GL4	0	15.5	6.4	18.0	0.6
GL4	25000	33.4	6.8	16.3	2.1
GL4	50000	42.2	6.9	18.4	2.2
GL4	75000	45.0	6.9	20.3	2.3



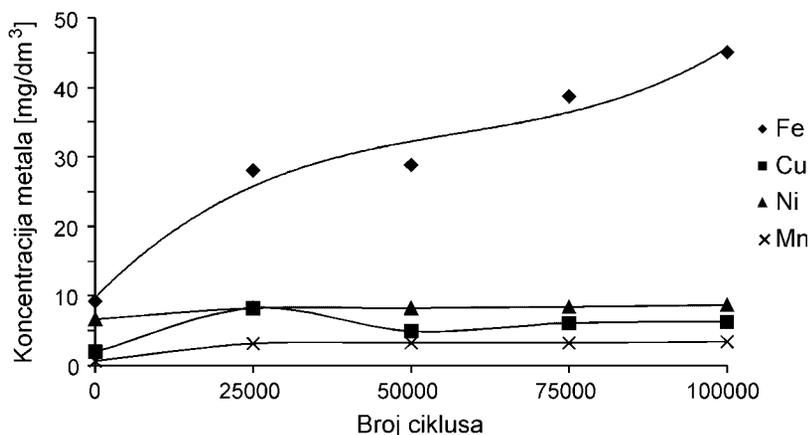
Slika 1.  
Promena koncentracije ispitivanih metala u ulju GL3 u zavisnosti od broja ciklusa

Figure 1.  
Change of metal concentration in the GL3 oil as a function of total number of cycles

Zavisnost koncentracije metala u ulju GL3 od broja ciklusa prikazana je na slici 1. Iz grafika se može zaključiti da koncentracija metala u ovom ulju raste sa povećanjem broja ciklusa. Od određivanih metala u ulju najveća je koncentracija gvožđa. Ipak, na osnovu procentnog sastava legure M8Fe45 očekivana je znatno veća koncentracija gvožđa.

Koncentracija nikla naglo raste sa promenom broja ciklusa od 75 000 do 100 000. Neočekivano je velika koncentracija bakra u novom ulju. Pošto su dobijene vrednosti koncentracija rezultat samo jednog merenja, moguća je greška. U intervalu od 0–25 000 ciklusa naglo rastu koncentracije Mn i Fe, što ukazuje na pojačano habanje čeličnih delova. Ovaj rast se kasnije usporava i to pokazuje da je u kasnijim fazama upotrebe ulja habanje ovih delova zanemarljivo. Veliki porast koncentracija bakra i nikla je verovatno posledica oštećenja molibdenske prevlake sinhronih prstenova.

Zavisnost koncentracije metala u ulju SAE 30 od broja ciklusa prikazana je na slici 2.



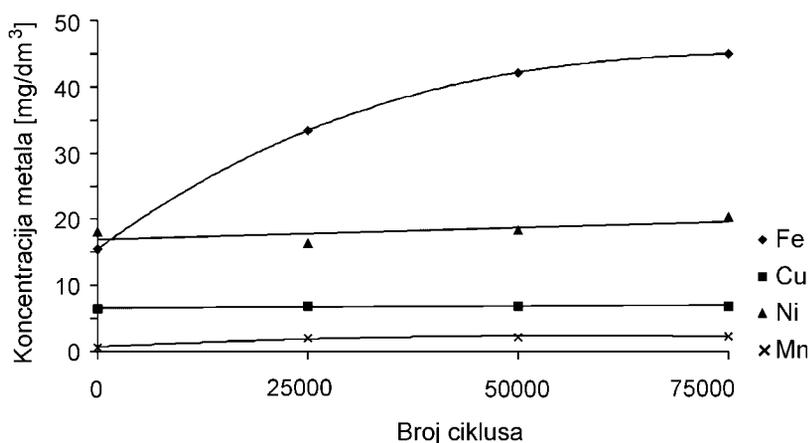
Slika 2.  
Promena koncentracije metala u motornom ulju SAE 30 u zavisnosti od broja ciklusa

Change of metal concentration in the SAE 30 oil as a function of total number of cycles

Dobijeni rezultat za koncentraciju bakra najverovatnije je posledica greške, pošto kriva raste do 25 000 ciklusa a potom opada.

Primećuje se naglo povećanje koncentracija Mn i Fe tokom prvih 25 000 ciklusa što ukazuje na pojačano habanje čeličnih delova. To povećanje se kasnije smanjuje, habanje postaje manje intenzivno. Koncentracije Cu i Ni ne povećavaju se tako izraženo kao kod ulja GL3 na osnovu čega se može zaključiti da je, protivno očekivanjima, motorno ulje SAE 30 sa aspekta habanja sinhronih prstenova bolje od menjačnog ulja GL3.

Zavisnost koncentracije metala u ulju GL4 od broja ciklusa prikazana je na slici 3.



Slika 3.  
Promena koncentracije metala u ulju GL4 u zavisnosti od broja ciklusa

Figure 3.  
Change of metal concentration in the GL4 oil as a function of total number of cycles

Iz grafika se može zaključiti da je neočekivano velika koncentracija nikla u novom ulju. I u slučaju ovog ulja na osnovu povećanja koncentracija Fe i Mn tokom prvih 25 000 ciklusa može se zaključiti da se čelični delovi najintenzivnije habaju u tom periodu, a habanje se potom polako usporava. Povećanje koncentracija Cu i Ni nije jako izraženo i može se zaključiti da upotreba ovog ulja ne izaziva jako oštećenje sinhrona.

## Zaključak

Iz priloženih rezultata može se zaključiti da je motorno ulje (SAE30) sa aspekta habanja menjača skoro istog kvaliteta kao i menjačna ulja i da se sme koristiti kao njihova zamena.

Na osnovu naglog porasta koncentracija gvožđa i mangana u prvih 25000 ciklusa može se zaključiti da se zupčanci, vratila i kućište intenzivno habaju samo u početnom periodu korišćenja svih ispitivanih ulja. Habanje kasnije postaje sve sporije (povećanje koncentracija Fe i Mn se usporava). Uzevši u obzir veliku površinu čeličnih delova, može se smatrati da je uticaj ove vrste habanja na njihovu trajnost zanemarljiv.

Situacija je drugačija kod sinhronih prstenova. Iz relativno velikog porasta koncentracije bakra (naročito u slučaju ulja GL3) može se zaključiti da je došlo do razaranja molibdenske prevlake sinhronih prstenova, pošto bakar ulazi jedino u sastav elemenata koji su prekriveni molibdenskom prevlakom. Time se značajno smanjuju otpornost i vek trajanja sinhrona. Da bi se to sprečilo preporučuje se povećanje debljine molibdenske prevlake sinhrona.

---

## Literatura

McKenzie T. *et al.* 1981. *Atomic Absorption Spectrophotometry for the Analysis of Wear Metals in Oil Samples*, Mulgrave: Varian Instruments at Work

Nedić B., Pešić Z. 1995. *Razvoj modela za identifikaciju promena triboloških karakteristika ulja za podmazivanje menjača vozila*, Kragujevac: Yumo 95

Pešić Z. 1998. Identifikacija triboloških procesa u menjaču vozila sa aspekta optimalnog održavanja. Doktorska disertacija. Mašinski fakultet u Kragujevcu

Stigter J.B. 2000. *Determination of Cadmium, Zinc, Copper, Chromium, and Arsenic in Crude Oil Cargoes*. London: Elsevier Science

Veinović S., Pešić R., Petković S. 2000. *Pogonski materijali motornih vozila*. Banja Luka: Mašinski Fakultet

---

Anka Nedić

## Determination of Wear Metals in Used Power Transmitter Oils

The tendency of engine power increase sets more and more increasing demands for the power transmitter, from the aspects of functionality, reliability and safety. To decrease friction, wear and damage of the power transmitter elements, it is necessary to select an adequate lubricant.

This paper shows the results of wear-metals concentration determination in oils that were used in laboratory tests of the synchronization system of the gear box in Zastava vehicles.

