

Robert Mandaković

ISSN 0350-350X

GOMABN 41, 3, 127-159

Pregledni rad/Review

UDK 621.833 : 621.892.094.001.6 (4) "2000"

GLAVNI POMACI U RAZVOJU SPECIFIKACIJA I ZAHTJEVA ZA KVALITETOM ZUPČANIČKIH ULJA ZA VOZILA U EUROPI

Sažetak

Kako europski proizvođači zupčaničkih prijenosnika i vozila proizvode savršenije konstrukcije, sve je očitiji njihov dominirajući utjecaj na razvoj najstrožih specifikacija zupčaničkih ulja za vozila. Ističu se sljedeći zahtjevi europskih proizvođača u odnosu na američke proizvođače:

- *Oštriji zahtjevi za pouzdanim radom sinkronizacije mjenjača.*
- *Statičko i dinamičko ispitivanje brtvila.*
- *Bolja zaštita od trošenja i čvrstoća mazivog sloja na modificali-ranom FZG testu.*
- *Pitting test, također na FZG uređaju.*
- *Smična stabilnost ulja na VW uređaju sa stožastim valjkastim ležajem.*
- *Ispitivanje otpornosti na oksidaciju i visokotemperaturnu koroziju (150°C).*
- *Produženi interval zamjene ulja.*

Najveći utjecaj na razvoj zupčaničkih ulja imaju tvrtke ZF, MAN, MB a poslije njih VW, VOLVO i SCANIA. U ovom radu dat je kratki pregled zahtjeva iz novih specifikacija navedenih tvrtki. Posebna pažnja data je trendovima u pogledu zahtjeva za produženjem intervala zamjene ulja.

Uvod

Zahtjevi za radnim svojstvima

Razinu kvalitete ulja za prijenosnike (mjenjače, diferencijale i kućišta ležaja zadnjih kotača) vozila definiraju konstruktori vozila i zupčaničkih prijenosnika. Osnovni zahtjevi proizvođača vozila i zupčaničkih prijenosnika glede ulja su sprječavanje trošenja materijala zupčanika, oštećenja zbog zamora materijala, brazdanja i eventualnog loma zuba zupčanika. Osim toga različiti dodatni zahtjevi ili uvjeti primjene zahtijevaju od zupčaničkog ulja:

- podnošenje teških i udarnih opterećenja,
- visoku termičko-oksidacijsku stabilnost,
- odlična reološka svojstva, tj. dobra viskozno-temperaturna i nisko-temperaturna svojstva,
- nisku sklonost pjenjenju,
- dobro odvođenje topline,
- kompatibilnost s komponentama sustava prijenosa,
- dobra svojstva zaštite od korozije.

Sve oštriji zahtjevi za zaštitom okoliša imali su također utjecaj na razvoj specifikacija prvenstveno kroz zahtjeve za smanjenjem sadržaja organski vezanog klora u aditivima za maziva i povećanjem vijeka trajanja ulja, tj. veće korištenje sintetičkih baznih ulja (PAO).

Vojne specifikacije SAD-a za zupčaničke prijenosnike motornih vozila

Vojska SAD-a već je davno iznijela svoju poznatu specifikaciju MIL-L-2105 koja opisuje radna svojstva ulja za zupčaničke prijenosnike motornih vozila. Osim fizikalno-kemijskih svojstava specifikacija uključuje i testove koji propisuju svojstva kompatibilnosti, zaštite od korozije, stabilnosti skladištenja i pojave pjenjenja. Mehanička ispitivanja obavljaju se testovima CRC L-37 i CRC L-42. Specifikacija MIL-L-2105 zamijenjena je kasnije strožim specifikacijama MIL-L-2105 B kao i MIL-L-2105 C.

Od 1987. godine ove specifikacije su zamijenjene MIL-L-2105 D specifikacijom. Početkom važenja MIL-L-2105 D specifikacije, koja definira zahtjeve za zupčanička ulja, uvode se još tri gradacije viskoznosti za višegradacijska zupčanička ulja. Nedavno je izdana nova i sad važeća specifikacija MIL-L-2105E koja kombinira zahtjeve dosadašnje MIL-L-2105 D I API MT-1 specifikacije i zahtijeva također praktična ispitivanja ulja u otežanim (heavy-duty) uvjetima.

API Klasifikacija ulja za zupčaničke prijenosnike motornih vozila

Specifikacija API, Američkog petrolejskog instituta, klasificira ova ulja prema njihovim radnim svojstvima. U publikaciji API br. 1560, od veljače 1976. godine, detaljno su opisane kategorije koje su sastavni dio ove specifikacije, prikazane u tablici 9.

Podobnost ulja za praktičnu primjenu testira se u automobilskim prijenosnicima i laboratorijskim uređajima pomoću metoda određenih od CRC-a (American Coordinating Research Council).

U tablici 1 prikazani su ključni zahtjevi i odgovarajući specifični testovi, dok je u tablici 2 prikazana poznata API klasifikacija za zupčanička ulja za motorna vozila.

Tablica 1: Ključni testovi i zahtjevi MIL-L-2105E specifikacije

CRC L-33	Test korozije ulja za zupčaničke u prisutnosti vlage
CRC L-37	Test velikog momenta vrtnje zupčaničkog ulja u uvjetima malih brzina i visokih opterećenja
CRC L-42	Test velike brzine. Ocjenjuju se svojstva zupčaničkog ulja protiv zaribavanja kod velikih brzina i udarnog opterećenja u hipoidnom prijenosniku.
CRC L-60-1	Test termičke i oksidacijske stabilnosti
ASTM D 892	Laboratorijski test sklonosti pjenjenja zupčaničkog ulja
ASTM D 130	Laboratorijski test korozije
ASTM D 5662	Laboratorijski test kompatibilnosti ulja s brtvilima
ASTM D 5182	Test trošenja pogonskih zupčanika
ASTM D 5579	Test trajnosti transmisije (test se provodi samo kod homologacije ispitnog maziva)

Nove API specifikacije

U SAD je 1996. usvojena nova specifikacija za ulja za zupčaničke mehaničkih mjenjača komercijalnih vozila bez sinkronizacije koja nosi oznaku API MT-1, poznata kao PG-1. Ova specifikacija predviđa bolju oksidacijsku i termičku stabilnost kao i čišće dijelove prijenosnika,

kompatibilnost s brtvilima te obojenim metalima, zaštitu od trošenja, ograničeno pjenjenje i ispitivanje na sinkronizaciju Mack cikličkim testom. Najviše se koristi u Sjevernoj Americi.

PG-2 specifikacija je zapravo bolja verzija API GL-5 i posebno je vezana za primjenu ulja u spiralnim konusnim zupčanicima, stražnjem pogonu i za hipoidne zupčanike. Uključuje pojačane zahtjeve u pogledu visokotempe-raturnih svojstava i kompatibilnosti na brtvila.

Nova SAE J 22360 specifikacija kvalitete za zupčanička ulja

Nova SAE J 22360 norma koja je u pripremi zamijenit će postojeću vojnu specifikaciju MIL-L-2105E s očitom težnjom američkih OEM da se više specificira i naglasi tvz. svjetska kvaliteta zupčaničkih ulja. U tu specifikaciju biti će uvršteni i novi zahtjevi klasifikacije viskoznosti iz SAE J 306 norme.

- Nova SAE J 22360 norma (u pripremi) zamijenit će MIL-L-2105E
- Namjera američkih OEM-a je uvođenje svjetske kvalitete zupčaničkih ulja.
- Dio specifikacije - novi zahtjevi klasifikacije viskoznosti iz SAE J 306 norme.

Tablica 2: API klasifikacija za zupčanička ulja za motorna vozila

Oznaka prema API	Primjena	Tip ulja ili specifikacija
GL-1	Za spiralno-konične i pužne zupčaničke prijenose, te neke ručno upravljane mjenjače koji rade u uvjetima naročito lakih opterećenja.	Mineralna ulja s aditivima protiv oksidacije i korozije mogu sadržavati depresante stiništa i aditive protiv pjenjenja
GL-2	Za pužne zupčaničke prijenose koji rade pod određenim uvjetima opterećenja, temperature i kliznih brzina gdje maziva za servis GL-1 ne zadovoljavaju.	Mineralna ulja koja sadrže aditive kao GL-1, plus polarne aditive
GL-3	Za spiralno-konične prijenose i ručne mjenjače koji rade pod srednjim uvjetima opterećenja i brzina.	Mineralna ulja koja sadrže aditive kao GL-2, plus aditive za umjereno poboljšanje čvrstoće mazivog sloja
GL-4	Za hipoidne ^{1/1} zupčaničke prijenosnike motornih vozila, koji rade pod uvjetima velike brzine i malog okretnog momenta.	Ekvivalentna britanskoj vojnoj specifikaciji CS 3000 A i zastarjeloj specifikaciji MIL-L-2105. Zadovoljava ili prelazi zahtjeve opisane u CRC GEAR OIL RGO-105. Razina kvalitete i metode ispitivanja navedeni su u ASTM STP-512A od ožujka 1987 ^{2/2} .
GL-5	Posebno za hipoidne zupčaničke prijenose motornih vozila koji rade pod uvjetima velikih brzina i udarnih opterećenja, zatim kod malih brzina i velikog okretnog momenta, te velikih brzina i malog okretnog momenta.	Ekvivalentna specifikaciji MIL-L-2105 D i britanskoj vojnoj specifikaciji CS 3000 B. Preporuča se primjena za većinu putničkih vozila i teretnih vozila širom svijeta. Zadovoljava ili prelazi zahtjeve opisane u CRC GEAR OIL RGO-110. Razina kvalitete i metode ispitivanja navedene su u ASTM STP-512A od ožujka 1987 ^{1/1} .
GL-6	Za hipoidne zupčaničke prijenose motornih vozila, naročito kod hipoidnih zupčanika s velikim razmakom osi kod putničkih i drugih vozila, koji rade pod uvjetima velikih brzina i naročito teških udarnih opterećenja.	Stavljeno izvan uporabe. Specifikacija GL-4, GL-5 i GL-6 nemaju nasljednika, jer je ustanovljeno da razvoj uređaja i njihovih zahtjeva za kvalitetom maziva idu u drugom smjeru, pa se danas osim API MT-1 razvijaju specifikacije API PG-2 i API PG-7.

^{1/1} Postoje posebni zahtjevi za maziva koja se primjenjuju u "Limited slip" diferencijalima, donekle su opisani u zadnjem izdanju ASTM & STP-512A publikaciji.

^{2/} Puni naslov publikacije je "Laboratory Performance Tests for Automotive Gear Lubricants intended for API-GI-5 Service".

Novi zahtjevi europskih konstruktora i proizvođača

U Europi je situacija drukčija, budući da razina kvalitete prema PG-1 ili MT-1 ne odgovara zahtjevima renomiranih i utjecajnih proizvođača vozila i opreme za vozila (zupčaničkih transmisija, npr.) MB, MAN i ZF. Zahtjevi za pouzdanim radom sinkronizacije mjenjača kod europskih mjenjača su znatno izraženiji a traži se i dinamičko ispitivanje brtvila, zaštita od trošenja i čvrstoća mazivog sloja na modificiranom FZG testu, piting test, također, na FZG uređaju, smična stabilnost ulja na VW uređaju sa stožastim valjkastim ležajem i ispitivanje oksidacijske i termičke stabilnosti L-60 pokusom.

Može se reći da je zadnjih nekoliko godina došlo do dramatičnog razvoja kvalitete kroz specifikacije europskih OEM i općenite situacije na tržištu pod utjecajem snažnog i dinamičnog razvoja konstrukcija vozila i transmisija. Taj trend se očituje u slijedećem:

- korištenje novih materijala za izradu sinkronizirajućih prstena u transmisijama
- zahtjev za produženom izmjenom ulja, tj. korištenje maziva za cijeli (procijenjeni) radni vijek vozila
- štednja goriva
- dramatičan porast troškova ispitivanja, homologacija i razvoja zupčaničkih ulja
- odnosi pojedinih predstavnika OEM-a su na kritičnoj granici
- sukob interesa OEM - proizvođač maziva - proizvođači aditiva - servisne organizacije. Neki proizvođači vozila (VW, OPEL, DB) žele sami distribuirati zupčanička ulja kroz ovlaštene servise (ali i ATF, masti, antifrizi, itd.),
- povećana uporaba/primjena novih konstrukcija retardera s uljem za cijeli sustav (hidrodinamičke kočnice).

Na slici 1 i 2 prikazan je utjecaj novih zahtjeva i smjernica kod razvoja konstrukcija zupčaničkih transmisija koje imaju direktan utjecaj na razvoj formulacija zupčaničkih ulja za komercijalna ili osobna vozila.

MAN specifikacije za zupčanička ulja

Trenutačno važe 3 specifikacije za primjenu u različitim sustavima vozila MAN. To su:

- specifikacija MAN 341 za primjenu ulja za sinkronizirane i nesinkronizirane mjenjače i intardere komercijalnih vozila uz visoka opterećenja,
- specifikacija MAN 342 za primjenu ulja u diferencijalima i kučistima ležaja zadnjih kotača komercijalnih vozila uz najviša opterećenja,
- specifikacija 3343 (Total Driveline) – definira jedno višenamjensko ulje za cijeli sustav podmazivanja zupčaničkih prijenosnika i sve ostale funkcije u komercijalnim vozilima. Teoretski znači da zadovoljava sve zahtjeve MAN 341 I MAN 342.

Zadnja revizija navedenih specifikacija izdana je 1997. i vrijedi od 1998. godine, a po njoj su uvedene nove klase ulja.

Tablica 3: Preporuke MAN za primjenu zupčaničkih ulja za različite zupčaničke sustave u vozilima MAN-a

Klasa ulja	SAE gradacije viskoznosti	Primjena	sustav	Zamjena ulja	Napomena
N	80W, 80W-90, 90, 85W-90	široka primjena	mjenjač, kućišta ležaja zadnjih kotača i diferencijala, Total Driveline	do 90.000 km ili 1 puta godišnje	dopuštena uporaba mineralnog baznog ulja, konvencionalne formulacije
ML	80W, 80W-90, 85W-90	vozila na duge relacije, (A+)	mjenjač, kućišta ležaja zadnjih kotača i diferencijala, Total Driveline	do 160 000 km ili 1 puta godišnje	dopuštena uporaba mineralnog baznog ulja uz novu posebno odabranu tehnologiju aditiva
TL		vozila na duge relacije, (A+)	mjenjač, kućišta ležaja zadnjih kotača i diferencijala, Total Driveline	do 320.000 km ili 1 puta godišnje	djelomično sintetično ulje
SL	75W-90	vozila na duge relacije, (A+)	mjenjač,	do 500.000 km (u ispitivanju)	
			diferencijal	do 320.000 km ili 1 puta godišnje	posebna formulacija potpuno sintetičkog ulja
			total Driveline	do 160,000 km ili 1 puta godiš.	

MAN uglavnom nabavlja mjenjače tvrtke ZF koji su već punjeni posebno predfiltriranim uljem na filtru tvrtke PALL, s veličinom pora ispod 30 µm.

Za ZF sinkronizirane mjenjače i ZF automatske mjenjače ASTRONIC dopuštaju se ulja prema MAN 341 i MAN 3343. Za ZF sinkronizirane mjenjače i ZF automatske mjenjače ASTRONIC sa ZF intarderom dopuštena je primjena samo ulja koje zadovoljava MAN 341 tip SL ili TL.

Za mjenjače tvrtke EATON još nisu usaglašeni svi zahtjevi, ali za EATON sinkronizirane mjenjače dopuštaju se ulja prema MAN 341 (osim tipa TL).

Stručnjaci MAN smatraju da je uvijek bolje koristiti odgovarajuće ulje posebno za zadnji most i diferencijal zbog optimalnog zadovoljavanja specifičnih i različitih uvjeta rada.

MB specifikacije za zupčanička ulja

Nova tvrtka DAIMLER CHRYSLER i dalje navodi kod definiranja kvalitete zupčaničkih ulja za vozila MERCEDES BENZ postojeću specifikaciju BLAT 235 koja sadrži desetak specifikacija prema definiranim mjestima primjene.

Tablica 4: Specifikacije MB koje definiraju kvalitetu zupčaničkih ulja za hipoidne zupčanike

MB specifikacija	Gradacija viskoznosti prema SAE	Primjena	Zamjena ulja	Napomena
235.0	90, 85W-90	hipoidni prijenosnici osobnih i teretnih vozila Planetarni prijenosnici, nesinkronizirani MB razdjelnici i djelomično mehanički upravljači	nakon 90.000 km ili 1 godišnje. Ukoliko se koristi <i>Fleksibilni sustav korištenja</i> i do 250.000 km	dopuštena uporaba mineralnih ulja
235.6	90, 80W-90, 85W-90	hipoidni i planetarni prijenosnici teretnih vozila i nesinkronizirani MB razdjelnici		dopuštena uporaba mineralnih ulja
235.8		ulje za hipoidne zupčaničke u teretnim vozilima		potpuno sintetičko ulje
235.7	85W-90	univerzalno ulje za hipoidne zupčaničke osobnih vozila	najviše 90.000 km ili 1 puta godišnje	dopuštena uporaba mineralnih ulja
235.9	75W-90	ulje za hipoidne zupčaničke prijenosnike AG 4, dozvoljeno za VW automatski prijenosnik AG-4		potpuno sintetičko ulje

Ipak, u zadnje vrijeme su predstavili 2 nove specifikacije MB 235.5 za mjenjač i 235.6 za diferencijal. Preporuke se temelje na zahtjevima i praktičnim testovima na vozilu ACTROS. Novi razvoj usmjeren je na povećanje vijeka izmjene ulja - poboljšana svojstva protiv pitinga, Dopuštena je uporaba mineralnih ulja temeljem zahtjeva gradacija viskoznosti prema SAE 80W, 85W-90 i 90 uz smanjeni sadržaj organski vezanog klora u paketu aditiva koji se koristi kod formuliranja ulja.

Tablica 5: Specifikacije MB(Daimler Chrysler) za zupčanička ulja za mjenjače

MB specifikacija	Gradacija viskoznost i prema SAE	Primjena	Zamjena ulja	Napomena
235.1	80, 80W, 80W-85, 85W-90, 90	mjenjači sa sinkronizacijom čelik/Mo i u MB i ZF razdjelnicima	najviše 90.000 km ili 1 puta godišnje	dopuštena uporaba mineralnih ulja
235.4	75W-90*	za UNIMOG mjenjače UG 3/40 I UG 3/65. Ulje odgovara specifikaciji ZF TE-ML 02 i staroj 01. Prema tome, to je alternativa za Blatt 235.1 u svim ZF sinkroniziranim mjenjačima sa i bez intardera koji su ugrađeni u MB vozila	do 500.000 km uz <i>Fleksibilni sustav korištenja</i>	potpuno sintetično ulje*
235.5	80W, 80W-85	ulje za MB i ZF mjenjače sa čelik/Mo sinkronizacijom i za MB i ZF razdjelnike	najviše 90.000 km ili 1 puta godišnje, a uz <i>Fleksibilni sustav korištenja</i> i do	dopuštena uporaba mineralnih ulja ali uz posebnu aditivaciju radi

			350.000 km	korekcije koeficijenta trenja
235.10	75W-80	za mjenjače tipa G 16/G 28 teretnih vozila, za mjenjače SG 150/180 (A-klasa) osobnih vozila kao i za sve mjenjače tipa 717.4 od broja 7340 241	produženi interval zamjene	djelomično sintetičko ulje
235.11	75W-90*	za sve MB mjenjače sa čelik/Mo sinkronizacijom sa i bez uljnog hladnjaka, za MB razdjelnike sa i bez uljnog hladnjaka kao i za ZF mjenjače sa čelik/Mo sinkronizacijom	do najviše 350.000 km, a uz <i>Fleksibilni sustav korištenja</i> i do 420.000 km	potpuno sintetično ulje*

* *Konstrukcije mjenjača koje nemaju hladnjak moraju koristiti samo sintetička zupčanička ulja.*

MB uvodi novi sofisticirani sustav servisa vozila koji se dijelom veže i za praćenje ponašanja uljnog punjenja s ciljem produženja vremena do potrebne izmjene ulja i smanjenja troškova održavanja. Taj strogo definirani sustav je naveden kao fleksibilni sustav korištenja.

Osim toga, temeljem sugestija servisnih službi MB-a razvija se specifikacija i testira Total Driveline Oil za primjenu u zadnjem mostu i diferencijalu. Za sada zbog tehničkih različitosti ovo ulje nije optimalno za mjenjače MB-a zbog prevelikog bučkanja.

Za podmazivanje svih novoprodučenih osobnih vozila MB koristi zupčaničko ulje za cijeli radni vijek tipa Fill for life. Zbog toga su vozila skuplja za cca 200 DEM, ali je kasnije jeftiniji servis ulja. Sve sintetičke formulacije zupčaničkih ulja vlasništvo su MB-a.

VOLVO zahtjevi

Trenutačno važe dvije nove specifikacije renomiranog proizvođača komercijalnih vozila. To su VOLVO 1273.07 koja definira primjenu i kvalitetu zupčaničkih ulja za mjenjače, te VOLVO 1273.12 specifikacija koja definira primjenu i kvalitetu zupčaničkih ulja za diferencijale. Uvode se zahtjevi za djelomično sintetička i potpuno sintetička ulja, i gradacije viskoznosti prema SAE 75W-90. Novi razvoj usmjeren je na povećanje vijeka izmjene ulja do 400.000 prijedehnih km ili jednom godišnje.

VOLVO mjenjač ima sinkronizirajuće prstene od mjedi te se zbog toga potiče razvoj i primjena tehnologije aditiva na osnovi ZnDDP-a ili paketa aditiva kao za ATF ulja.

Od standardnih specifikacija postoji VOLVO 973051 specifikacija koja definira uporabu konvencionalnih mineralnih zupčaničkih ulja gradacije viskoznosti SAE 80W-90 za mjenjače i VOLVO 97310 specifikacija koja definira uporabu konvencionalnih mineralnih zupčaničkih ulja gradacije viskoznosti SAE 85W-140 za diferencijale i kućišta ležaja zadnjih kotača.

Specifikacije ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN za zupčanička ulja

ZF specifikacije za zupčanička ulja

Najpoznatiji proizvođač različitih konstrukcija zupčaničkih transmisija za vozila u Europi ali i u svijetu, tvrtka ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN je tijekom 1999. godine izdala nove revidirane specifikacije ZF TE-ML za sva ulja pa i zupčanička ulja temeljem različitih mjesta

primjene u ZF transmisijama. Općenito se uvode nove klase ulja za svaku postojeću specifikaciju dok se neke specifikacije kao što je ZF TE-ML 01 gase.

Revidirana specifikacija ZF TE-ML 02 / ožujak 1999.

Najveće su promjene kod specifikacije ZF TE-ML 02 koja definira ulja za ZF mjenjače i automatske transmisije za teretna vozila i autobuse gdje se uvodi 5. klasa ulja. 6. klasa pod oznakom E, još nije stupila na snagu, ali bit će homologirano samo jedno ulje, a ostali proizvođači maziva moći će dobiti Rebrand Approval.

Tablica 6: Specifikacija ZF TE-ML 02

Klasa ulja	Sastav i tip ulja	SAE gradacije viskoznosti	Razina kvalitete/ Poseban zahtjev	Napomena
A	mineralno zupčaničko ulje uz konvencionalnu tehnologiju aditiva	80W, 80W-85, 80W-90	nadilazi zahtjeve API GL-4, MIL-L-2105	produženi interval zamjene ulja
B	mineralno ili sintetičko zupčaničko ulje s novom tehnologijom aditiva	80W, 80W-85, 80W-90, 75W-80, 75W-85, 75W-90	nadilazi zahtjeve API GL-5, mora zadovoljiti ZFN 13019	produženi interval zamjene ulja
C	jednogradacijsko motorno ulje mineralne osnove	30, 40	mora zadovoljiti ZFN 13020	široka primjena posebno za Transmatic mjenjače
D	djelomično sintetičko i sintetičko zupčaničko ulje	75W-80, 75W-85, 75W-90	mora zadovoljiti ZFN 13010	prednost kod primjene u u transmisijama sa ZF intarderom
F	ATF ulje		DEXRON II ili III mora zadovoljiti ZFN 13015 i još 3 posebna zahtjeva ^{1,2,3}	posebne formulacije, prolazi za sada samo jedan tip aditiva

¹ kinematička viskoznost nakon testa smične stabilnosti mora biti najmanje 5,3 kod 40 °C

² prolazi 11 stupanj štetnog opterećenja na FZG testu

³ prolazi zahtjeve VW Tapered roller bearing CEC-testa

Ključni zahtjevi u ovoj specifikaciji odnose se na slijedeće:

- vrlo dobra smična stabilnost
- strogi zahtjevi u pogledu otpornosti na visokotemperaturnu koroziju i oksidaciju,
- statička i dinamička radna svojstva brtvenih materijala,
- oštri EP zahtjevi (FZG),
- dobra radna svojstva otpornosti na pojavu pitinga (zamora materijala),
- kompatibilnost ulja sa sinkronizirajućim materijalima (molidben i keramika-HS 45), trošenje, koeficijent trenja,
- produženi vijek trajanja.

Cilj nove specifikacije je uspostaviti ravnotežu između zahtjeva za EP svojstvima, štednje goriva, otpornosti na pojavu pitinga i radnih svojstava sinkrona HS 45. Osim toga uključeni su u

specifikaciju zahtjevi za produženi interval zamjene ulja za ZF **Ecolite** mjenjače koji će koristiti sinkronizirajući sustav HS 45 od bronce. Najveći interval zamjene ulja produžen je na 500000 prijeđenih km.

Uvodi se u zahtjeve postojećih specifikacija detaljna specifikacija ZFN 13010 koja definira zahtjeve za ulja za mjenjače koji koriste ZF-intarder s produženim vijekom izmjene nakon 360000 prijeđenih km.

Tablica 7: ZF preporuke za primjenu zupčaničkih ulja prema specifikaciji ZF TE-ML 02

Klasa ulja		A	B	C	D	F
Tip vozila	Tip mjenjača	Interval zamjene ulja				
necestov.	Ecolite bez ZF-intardera	60000 km ili 1 puta godišnje	120000 km ili 1 puta godišnje	120000 km ili 1 puta godišnje	240000 km ili 1 puta u 2 godine	120000 km ili 1puta godišnje
gradski prijevoz	Ecomid/Ecosplit / Transmatic/AST RONIC bez ZF-intardera	60000 km ili 1 puta godišnje	90000 km ili 1 puta godišnje	90000 km ili 1 puta godišnje	200000 km ili jednom u 2 godine	-
	sa ZF-intarderom	-	-			
kamioni i autobusi na duge relacije	Ecolite/Ecomid/Ecosplit/ASTRONIC bez ZF-intardera	90000 km ili 1 puta godišnje	160000 km ili 1 puta godišnje	160000 km ili 1puta godišnje	300000 km ili jednom u 2 godine	-
	sa ZF-intarderom	-	-			

Trenutačno se u ZF mjenjačima upotrebljavaju uglavnom materijali od molibdena za sinkronizirajuće prstene, ali se ponegdje koriste materijali od bronce.

Kod specifikacija koje definiraju ulje za ZF diferencijale i kućišta ležaja zadnjih kotača vozila uvodi se nova podjela prema primjeni na cestovna vozila, necestovna (uključujući i poljoprivrednu, građevinsku mehanizaciju), a kod cestovnih uvodi se podjela na gradski prijevoz i duge relacije.

Konačna preporuka ulja prema zahtjevu ZF TE-ML 02 za pojedine sustave s definiranim rokom zamjene ulja navedena je u tablici 7.

Revidirana specifikacija ZF TE-ML 05. ožujak 1999.

Specifikacija ZF TE-ML 05 definira zupčanička ulja za podmazivanje zadnjeg mosta i diferencijala građevinskih, poljoprivrednih, necestovnih vozila, ali se zahtijeva da sve klase ulja zadovolje zahtjeve prema detaljnoj specifikaciji. ZF N 13011. Uvode se 4 klase ulja.

Tablica 8: Pregled zahtjeva specifikacije ZF TL-ML 05

Klasa ulja	A	B	C	D
------------	---	---	---	---

tip ulja	mineralno ili polusintetičko zupčaničko ulje	sintetičko zupčaničko ulje	mineralno zupčaničko ulje s limited-slip aditivima	Sintetičko zupčaničko ulje ulje s limited-slip aditivima
SAE gradacija viskoznosti	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-140, 90	75W-90, 75W-140	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-90, 85W-140, 90	75W-90, 75W-140
vijek izmjene ulja necestovni i gradski prijevoz na duge relacije	do 60 000 km		ili 1 puta godišnje	
	do 90 000 km		ili 1 puta godišnje	
specifična primjena- napomena			zupčanički prijenosnici s mokrim disk kočnicama i limited slip-diferencijalima	

Napomena: Neka maziva koja su do ove revizije bila homologirana prema ovoj specifikaciji sad su dobila Approval prema ZF TE-ML 02

Revidirana specifikacija ZF TE-ML 07 / ožujak 1999.

Uvedene su 4 klase ulja A, B, C, D od kojih klasa A definira zahtjeve za kvalitetom mineralnih zupčaničkih ulja prema grupnoj normi ZFN 13016 i gradacije viskoznosti prema SAE 80W-85, 80W-140, 85W-90, 85W-140 i 90. Kvaliteta ulja donekle odgovara zahtjevima API GL-5 i MIL-L-2105D ili MIL-L-2105E. Ulje se uglavnom preporuča za primjenu u nekim ZF hidrodinamičkim i mehaničkim pogonima.

Specifikacija ZF TE-ML 08 A

Do sada nije revidirana, iako je dobila dodatnu oznaku A što znači da se ipak u budućnosti očekuje razvoj, tj. podjela specifikacije prema tipu primjene. Definira kvalitetu zupčaničkih ulja za posebne ZF konstrukcije sustava upravljanja. Kvaliteta ulja odgovara zahtjevima API GL-5 i MIL-L-2105D ili MIL-L-2105E, a definirane su i dopuštene SAE gradacije viskoznosti 75W-80, 75W-85, 75W-90, 80W, 80W-85 i 80W-90.

Nova grupna detaljna specifikacija. ZF N 13016 / svibanj 1999.

Definira zahtjeve za kvalitetom zupčaničkih ulja za ZF diferencijale i kućišta ležaja zadnjih kotača cestovnih vozila. Dopuštene su SAE gradacije viskoznosti: 75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-90, 85W-140, 90

U odnosu na tipične zahtjeve koji se navode uglavnom u specifikacijama američkih OEM-a u novoj ključnoj specifikaciji ZF N 1301 ističu se posebni zahtjevi u pogledu:

- zaštite od visokotemperaturne korozije i oksidacije (kod 150 °C),
- statičkog i dinamičkog testa kompatibilnosti s brtvjenim materijalima,
- EP zahtjeva (FZG test),
- produženog vijeka trajanja uljnog punjenja.

Revidirana specifikacija ZF TE-ML 12 / ožujak 1999.

Specifikacija ZF TE-ML 12 pokriva primjenu uglavnom u kod zadnjih mostova gradskih autobusa ali vrijedi i za ostala komercijalna cestovna vozila sa ZF opremom. Od zupčaničkog ulja se zahtijeva da zadovolji zahtjeve prema grupnoj specifikaciji. ZF N 13016.

Tablica 9: Pregled zahtjeva specifikacije ZF TL-ML 12

Klasa ulja	A	B	C	D	E
Tip ulja	Mineralno ili polusintetičko zupčaničko ulje	Sintetičko zupčaničko ulje	Mineralno zupčaničko ulje s Limited-slip aditivima	Sintetičko zupčaničko ulje s Limited-slip aditivima	Mineralno ili polusintetičko
SAE gradacija viskoznosti	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-140, 85W-90, 85W-140, 90	75W-90, 75W-140	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-90, 85W-140, 90	75W-90, 75W-140	Naglasak na 80W-90
Napomena	Nova tehnologija aditiva	Samo posebna dopuštenja	Samo za autobuse, uskoro će se ugasi	Vrlo ograničena primjena	Posebna kvaliteta, nova tehnologija aditiva

Traži se od ulja da osigura produženi interval zamjene uz korištenje mineralnog ulja i nove tehnologije aditiva i do 120000 prijeđenih km ili zamjena jednom u 2 godine, a sa sintetičkim uljem i do 500000 prijeđenih km. Uvedene su 4 klase ulja A, B, C i D.

Radi usporedbe i ocjene utjecaja novih trendova koji ovise prvenstveno o stanju voznog parka, dat je prikaz potrošnje zupčaničkih ulja za diferencijale i zadnje mostove u nekoliko zadnjih godina u Hrvatskoj.

Tablica 10: Procjena potrošnje zupčaničkih ulja (za diferencijal i zadnji most) u Hrvatskoj po razinama kvalitete za razdoblje 1998.-2000. %

Klasa	Tipična razina kvalitete	1998.	1999.	2000.
I vrhunska ulja sintetika, polusintetika SAE 75W	MB 235.8 i 235.9 MAN 342 Type TL i SL ZF TE-ML 05 A i B, 12 A i B (produženi interval zamjene)	0	0	<1
II visoka kvaliteta produženi interval zamjene SAE 80W, 90, 80W-90, 85W-140	MB 235.0 MAN 342 Type N ZF TE-ML 05A, 07A, 12A nadilazi API GL-5	do 5	5-10	15-20
III fighting grade SAE 80W, 90, 80W-90, 85W-140	API GL-5	95	90-95	80- 85 -85

Zaključci

- U zadnjih desetak godina došlo je do dramatičnih promjena kvalitete zupčaničkih ulja za vozila kroz specifikacije europskih konstruktora i proizvođača vozila i opreme.
- Razlog tome je prvenstveno u razvoju novih konstrukcija i uvođenju novih materijala npr. za sinkrone.
- I dalje je prisutan trend zahtjeva za produženom izmjenom ulja i formuliranjem maziva za cijeli procijenjeni radni vijek vozila.
- Sve se više zahtijeva korištenje nekonvencionalnih baznih ulja, prvenstveno PAO kao i veće korištenje novih tehnologija aditiva.
- Većina konstruktora zupčaničkih prijenosnika i/ili vozila izričito zabranjuje korištenje hidrokreiranih ili esterskih baznih ulja u modernim formulacijama zupčaničkih ulja
- Sve nove specifikacije maziva za vozila pa i specifikacije za zupčanička ulja usmjerene su, između ostalog, i na štednju goriva.
- Evidentan je dramatičan porast troškova ispitivanje i homologacija zupčaničkih ulja. Neki proizvođači vozila razvijaju ili posjeduju vlastite formulacije zupčaničkih maziva (VW).
- Zbog različitih zahtjeva za kvalitetom, različitih smjerova razvoja konstrukcija, konkurencije na tržištu i sve izraženijih sukoba interesa, odnosi pojedinih konstruktora su na kritičnoj granici.
- Sukob interesa je također prisutan i na relaciji OEM - proizvođači maziva - proizvođači aditiva - servisne organizacije. Ove potonje posebno nisu zadovoljne razvojem situacije (produženi interval zamjene, stvaranje monopola, itd.) te sve više prigovaraju nekontroliranom i skupom razvoju vrlo skupih, elitnih, monopoliziranih, "for-life" ulja.
- Vozni park u Hrvatskoj će tek kroz 5 godina (?) donekle dostići sadašnju situaciju u razvijenim zemljama Europe.
- Zupčanička ulja na mineralnoj osnovi će barem još deset godina dominirati u svim zemljama u regiji. U praksi to znači da će kroz desetak godina potrošnja zupčaničkih ulja na mineralnoj osnovi biti barem 80-90% od ukupne potrošnje.
- Potrošnja sintetičkih ili polusintetičkih ulja u regiji kroz pet godina neće prijeći više od 5% udjela na tržištu.

A MAJOR SHIFT IN AUTOMOTIVE GEAR OIL SPECIFICATION AND REQUIREMENTS IN EUROPE

Abstract

As European OEM's, Original Gear Manufacturers and Vehicle Producers, produce more complex and sophisticated transmissions, own influence predominance on development of European and world gear strongest gear oil specifications is more and more obvious. It emphasizes the following European OEM's requirements regarding American OEM's requirements:

- *Reliable operating of synchroniser unit demands*
- *Static & Dynamic seal performance*
- *Better wear protection and EP Performance (FZG test)*
- *Pitting and Micropitting Test (FZG test)*
- *VW tapered roller bearing Shear Stability Test*
- *High Temperature Corrosion & Oxidation Performance (150°C)*
- *Extended Drain interval*

The most significant impact on automotive gear oil development have ZF, MB and MAN, and after that VW, VOLVO and SCANIA. The paper describes short overview of the OEM's newest requirements and specification mentioned. The special emphasis is on trends and demands for increased oil change intervals.

Introduction

Performance Requirements

The quality level for vehicle transmission devices (gear-boxes, differentials, and rear axle bearing casings) are defined by vehicle designers and gear manufacturers. The basic requirements of vehicle designers and gear manufacturers when it comes to oil are the prevention of gear material wear, damage due to material fatigue, scoring, and possible gear tooth breaking. Apart from that, various additional requirements or application conditions require the following from a gear oil:

- Tolerance of high and shock loads
- High thermal/oxidation stability
- Excellent rheological properties i.e. good viscosity/temperature and low-temperature properties
- Low foaming tendency
- Good heat conductance
- Compatibility with transmission system components,
- Good corrosion protection properties

Increasingly stringent environmental protection requirements have also had an impact on the development of specifications, primarily through requirements for reducing organically bonded chlorine in lubricant additives and increased oil service life i.e. increased use of synthetic base oils (PAO).

Military USA Specifications for Motor Vehicle Gears

USA Army has long ago issued its well-known specification MIL-L-2105, describing the performances of motor vehicles' gear oils. Apart from the physico-chemical properties, the specification also includes tests setting compatibility, corrosion protection, storage stability, and foaming appearance properties. Mechanical examinations are performed in tests CRC L-37 i CRC L-42. The MIL-L-2105 specification was later replaced by more stringent specifications MIL-L-2105 B, as well as MIL-L-2105 C. As of 1987, these specifications have been replaced by the MIL-L-2105 D specification. When the MIL-L-2105 D specification, setting gear oil requirements, became valid, three more viscosity grades were introduced for multigrade gear oils.

A new, now valid specification MIL-L-2105E was issued recently, combining the requirements of the so far MIL-L-2105 D and API MT-1 specifications, while at the same time requiring field tests under heavy-duty conditions.

Table 1 shows the key requirements and their corresponding specific tests, while Table 2 shows the well-known API classification for automotive gear oils.

Table 1: Key tests and requirements of the MIL-L-2105E specification

CRC L-33	Gear oil corrosion test in the presence of humidity.
CRC L-37	The test of great gear oil torque under low speed and heavy load conditions.
CRC L-42	High speed test. Evaluates gear oil properties against scuffing at high speed and peak load in hypoid gears.
CRC L-60-1	Thermal and oxidation stability test.
ASTM D 892	Laboratory test of gear oil foaming tendency.
ASTM D 130	Laboratory corrosion test.
ASTM D 5662	Laboratory test of the oil's seal compatibility.
ASTM D 5182	Drive gears wear test.
ASTM D 5579	Transmission duration test (performed only for test lubricant homologation).

Table 2: API classification for automotive gear oils

API label	Application	Oil type or specification
GL-1	For spiral-bevel and worm gears, and some manual transmissions operating under extremely light-duty conditions.	Mineral oils with additives against oxidation and corrosion may contain pour point depressants and antifoaming additives
GL-2	For worm gears operating under certain conditions of load, temperature and sliding speeds, where lubricants for servicing GL-1 do not prove satisfactory.	Mineral oils containing additives such as GL-1, plus polar additives
GL-3	For spiral-bevel and manual transmission operating under medium load and speed conditions.	Mineral oils containing additives such as GL-2, plus additives for a moderate oil film load carrying capacity.
GL-4	For automotive hypoid ^{1/7} gears operating under high speed/low torque conditions.	Equivalent to the British military specification CS 3000 A and the outdated specification MIL-L-2105. Matches or even exceeds requirements described in CRC GEAR OIL RGO-105. Quality level and test

		methods are listed in ASTM STP-512A of March, 1987 ^{2/} .
GL-5	Especially for automotive hypoid gears operating under high speed/ shock load conditions; low speed/high torque, and high speed/low torque conditions.	Equivalent to the MIL-L-2105 D specification and the British military specification CS 3000 B. Recommended use for most passenger and commercial vehicles around the world. Matches or even exceeds requirements described in CRC GEAR OIL RGO-110. Quality level and test methods are listed in ASTM STP-512A of March, 1987 ^{1/} .
GL-6	For automotive hypoid gears, especially the hypoid gears with large offset in passenger and other vehicles operating under conditions of high speed and extremely heavy shock loads.	Obsolete. Specifications GL-4, GL-5 i GL-6 do not have a successor, because it has been established that the development of equipment and their requirements for lubricant quality move in another direction, which is why today, apart from API MT-1, the specifications API PG-2 i API PG-7 are also being developed.

^{1/} There are special requirements for lubricants applied in "Limited slip" differentials, described to a certain extent in the latest issue of ASTM & STP-512A publication..

^{2/} The full title of the publication is "Laboratory Performance Tests for Automotive Gear Lubricants intended for API-GI-5 Service".

The API Oil Classification for Automotive Gear Transmission

The API Specification of the American Petroleum Institute classifies these oils according to their performances. In the API's publication no. 1560 of February, 1976, there is a detailed description of the categories making part of the said Specification, shown in Table 9. The suitability of oil for practical application is tested in automotive transmission and laboratory devices using methods defined by the CRC (American Coordinating Research Council).

The New API Specifications

In the USA a new specification for commercial vehicles' mechanical transmission without synchronization has been adopted in 1996, carrying the label API MT-1, known earlier as PG-1. This specification envisages improved oxidation and thermal stability, as well as cleaner transmission parts, compatibility with seals and non-ferrous metals, wear protection, limited foaming and synchronization test using the Mack cyclical test. Its use is most spread in Northern America.

The PG-2 specification is really an improved version of API GL-5, especially associated with oil application in spiral-bevel gears, rear axle drive, and hypoid gears. It includes more stringent requirements when it comes to high temperature properties and seal compatibility.

The New SAE J 22360 Quality Specification for Gear Oils

The new SAE J 22360 standard currently in application shall replace the existing military specification MIL-L-2105E with the obvious intention of the American OEMs for an more severe specification and stress of the so called global gear oil quality. This specification shall also include the new viscosity classification requirements from the SAE J 306 standard.

- The new SAE J 22360 standard (under preparation) shall replace MIL-L-2105E
- It is the intention of American OEMs to introduce global gear oil quality.
- A part of the specification are also viscosity classification requirements from the SAE J 306 standard.

New Requirements of European Original Equipment Manufacturers - OEMs

The situation in Europe is different since quality level according to PG-1 or MT-1 does not match the requirements of renowned and influential manufacturers of vehicles and vehicle equipment (gears, for instance) MB, MAN i ZF. Requirements for a reliable transmission synchronization are much more pronounced in European transmissions, while also required are dynamic seal tests, wear protection, and lubricant film load carrying capacity on the modified FZG test, Pitting test also on FZG rig, oil shear stability on VW device with tapered roller bearing and oxidation and thermal stability L-60 test.

We could say that in the past few years there has been a dramatic quality development through specifications of European OEMs and the overall situation on the market influenced by a strong and dynamic development of vehicle and gear design. The said trend is manifested in the following:

- Use of new materials for making synchronizing transmission rings
- Extended oil change interval requirements i.e. lubricant use for the entire (estimated) vehicle service life
- Fuel saving
- Dramatic increase of the gear oils testing, homologation, and development costs
- The relations among some OEM representatives have approached critical limit
- Conflict of interests among OEM – lubricant manufacturers - additive manufacturers, and servicing organizations. Some vehicle manufacturers (VW, OPEL, DB) wish to distribute gear oils as well as other oils, ATF, grease, antifreeze etc. on their own through authorized services
- Increased use/application of new retarder designs with oil for the entire system (hydrodynamic brakes)

Figures 1 i 2 show the influence of new requirements and guidelines on gear design development, directly impacting the development of gear oils for commercial or passenger vehicles.

MAN Gear Oil Specifications

Currently valid are 3 specifications for application in various systems of MAN vehicles. They are:

- Specification MAN 341 for application of oils for synchronized and nonsynchronized high-load commercial vehicle transmissions and intarders,
- Specification MAN 342 for application of oils in highly loaded commercial vehicles differentials and final drives,

- Specification 3343 (Total Driveline) – defining a single multipurpose oil for the entire gear lubrication system and all other functions in commercial vehicles. Theoretical indications point that it matches all MAN 341 and MAN 342 requirements.

The last review of the said specifications was issued in 1997, has been valid since 1998, and has resulted in the introduction of new oil classes.

Table 3: MAN recommendations for gear oil application in various MAN vehicles transmission systems

Oil class	SAE viscosity grades	Application	System	Oil fill	Note
N	80W, 80W-90, 90, 85W-90	wide application	transmission, rear axle, and Total Driveline	up to 90,000 km or once a year	permitted use of mineral base oil, of conventional formulation
ML	80W, 80W-90, 85W-90	long distance vehicles, (A+)	transmission, rear axle, and Total Driveline	up to 160,000 km or once a year	permitted use of mineral base oil, with a new, specially chosen additive technology
TL		long distance vehicles, (A+)	transmission, rear axle, and Total Driveline	up to 320,000 km or once a year	partially synthetic oil
SL	75W-90	long distance vehicles, (A+)	transmission	up to 500,000 km (currently being tested)	
			rear axle	up to 320,000 km or once a year	special formulation of fully synthetic oil
			total Driveline	up to 160,000 km or once a year	

MAN mostly uses transmissions manufactured by ZF, already filled with a specially pre-filtered oil by the filter manufactured by PALL, pore size being below 30 µm.

For ZF synchronized transmissions and ZF automatic transmissions ASTRONIC, permitted are oils matching MAN 341 i MAN 3343. For ZF synchronized transmissions and ZF automatic transmissions ASTRONIC with ZF intarder, permitted is only the application of oil meeting MAN 341 type SL or TL.

For transmissions manufactured by EATON, all the requirements have not been co-ordinated yet, but, as regards EATON synchronized transmission, permitted are oils matching MAN 341 (except type TL).

MAN's experts feel that it is always better to use proper oil, especially for the final drive and differential, due to optimal meeting of both specific and various operating conditions.

MB's Gear Oil Specifications

The new company DAIMLER CHRYSLER still, when it comes to setting gear oil quality for MERCEDES BENZ vehicles, lists the existing specification BLAT 235, which also includes around a dozen specifications according to individual application spots. Still, lately they have presented 2 new specifications MB 235.5 for transmission and 235.6 for final drive. Recommendations are based on requirements and tests made on the vehicle ACTROS.

Table 4: MB specifications defining the quality of hypoid gear oils

MB specif.	Viscosity grade according to SAE	Application	Oil fill	Note
235.0	90, 85W-90	hypoid transmission of passenger and commercial vehicles Planetary transmission, unsynchronized MB separators and partially mechanical transmission	after 90,000 km or once a year. If a <i>Flexible service system</i> is applied, even up to 250,000 km	permitted use of mineral oils
235.6	90, 80W-90, 85W-90	hypoid and planetary gears of commercial vehicles and unsynchronized MB separators		permitted use of mineral oils
235.8		hypoid gear oil in commercial vehicles		fully synthetic oil
235.7	85W-90	universal oil for passenger vehicles hypoid gears	up to 90,000 km or once a year.	permitted use of mineral oils
235.9	75W-90	hypoid gear oil AG 4, permitted for VW automatic transmission AG-4		fully synthetic oil

The new development is directed towards extending the oil change interval, and improved properties against pitting. Permitted is the use of mineral oil based on viscosity grade requirements according to SAE 80W, 85W-90 i 90, with reduced content of organically-bonded chlorine in the additive package used in oil formulation.

Table 5: MB (Daimler Chrysler) gear oil specifications

MB specific.	SAE viscosity grade	Application	Oil fill	Note
235.1	80, 80W, 80W-85, 85W-90, 90,	synchronized steel/Mo transmission and in MB and ZF gear drives	90000 km at the most or once a year	permitted use of mineral oils
235.4	75W-90*	for UNIMOG transmission UG 3/40 and UG 3/65. The oil matches the ZF TE-ML 02 and the old 01 specifications. Therefore, it is an alternative for Blatt 235.1 in all ZF synchromesh transmissions with and without intertarders built into MB vehicles	up to 500000 km with the Flexible service system.	fully synthetic oil*
235.5	80W, 80W-85	synchromesh steel/Mo transmission and for MB and ZF gear drives	up to 90000 km or once a year, and, with the Flexible service system, up to 350000 km	permitted use of mineral oils, but with specific additives, for friction coefficient correction
235.10	75W-80	for transmission type G 16/G 28 of commercial vehicles, for transmission SG 150/180 (A-class) of passenger vehicles, as well as for all transmissions type 717.4, starting from number 7340 241	extended fill interval	partially synthetic oil
235.11	75W-90*	for all MB transmissions with steel/Mo synchronizers with and without oil cooler, for MB separators with and without oil cooler, as well as for ZF transmissions with steel/Mo synchronizers	up to 350000 km at the most, and, with the Flexible service system, up to 420000 km	fully synthetic oil*

* Transmission designs that have no oilcooler must only use synthetic gear oils

MB introduces the new sophisticated vehicle servicing system partially associated with monitoring oil fill behaviour for the purposes of extending oil change intervals and reducing maintenance costs. This strictly set system has been listed as the *Flexible service system*.

Apart from that, based on suggestions provided by MB's servicing personnel, Total Driveline Oil specification is being developed and tested for application in rear axle and differential. For the time being, due to technical differences, the said oil is not optimal for MB's transmission due to too much splashing.

For the lubrication of all newly produced passenger vehicles, MB is using gear oil of the Fill-for-life type. That makes the vehicles ca. DM 200 costlier, but the oil servicing is later cheaper owing to that. All the synthetic formulations of gear oils are owned by MB.

VOLVO Requirements

Currently valid are two new specifications of this renowned commercial vehicles manufacturer. They are VOLVO 1273.07, defining gear oil application and quality, and VOLVO 1273.12 specifications, defining differential gear oil application and quality. Introduced are requirements for partially synthetic and fully synthetic oils, and viscosity grades according to SAE 75W-90. The new development is directed towards increasing the oil change interval up to 400,000 km covered or once a year.

VOLVO transmissions have brass synchronizer rings which is why the development and application of additive technology based on ZnDDP or additive packages as for ATF oils is being encouraged.

As regards standard specifications, there is the VOLVO 973051 specification defining the use of conventional mineral gear oils of viscosity grade SAE 80W-90 for transmissions and the VOLVO 97310 specification defining the use of conventional mineral gear oils of viscosity grade SAE 85W-140 for differentials and final drives.

The ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN Gear Oil Specifications

ZF Gear Oil Specifications

The best known European, but also global manufacturer of various automotive transmissions, the ZAHNRADFABRIK FRIEDRICHSHAFEN company, has in the course of 1999 issued new revised ZF TE-ML specifications for all oils, including gear oils, on the basis of various application spots in ZF transmissions. Generally speaking, new oil classes are being introduced for each existing specification, while some specifications – such as ZF TE-ML 01 – are no longer valid.

The Revised ZF TE-ML 02 Specification, March 1999

The greatest changes have occurred with the ZF TE-ML 02 specifications, defining oils for ZF transmission and automatic transmission for commercial vehicles and busses, where 5 new oil classes are being introduced.

Table 6: The ZF TE-ML 02 specification

Oil class	Oil composition and type	SAE viscosity grades	Quality level/ Special requirement	Note
A	mineral gear oil with conventional additive technology	80W, 80W-85, 80W-90	exceeds the requirements of API GL-4, MIL-L-2105	extended oil change interval
B	mineral or synthetic gear oil with new additive technology	80W, 80W-85, 80W-90, 75W-80, 75W-85, 75W-90	exceeds the requirements of API GL-5, must meet ZFN 13019	extended oil change interval
C	single-grade mineral-based motor oil	30, 40	must meet ZFN 13020	wide use, especially for Transmatic transmission
D	partially synthetic and synthetic gear oil	75W-80, 75W-85, 75W-90	must meet ZFN 13010	beneficial application in transmissions with ZF intarder
F	ATF oil		DEXRON II or III Must	special

			meet ZFN 13015 and another 3 special requirements ^{1,2,3}	formulations, only one additive type acceptable for the time being
--	--	--	--	--

¹ kinematic viscosity after shear stability test must be 5.3 at 40 °C at least

² passes the 11th grade of harmful load on FZG test

³ meets the requirements of the VW Tapered roller bearing CEC-test

The 6th class, marked E, has not become valid yet, but only one oil shall be approved, while other lubricant manufacturers will be able to obtain Rebrand Approval. Key requirements in this specification regard the following:

- Very good shear stability
- Stringent requirements when it comes to resistance to high temperature corrosion and oxidation
- Static and dynamic seal performances
- Stringent EP requirements (FZG)
- Good pitting (material fatigue) resistance performances
- Oil compatibility with synchronizing materials (molybdenum and ceramics-HS 45), wear, friction coefficient
- Extended service life

The purpose of the new specification is to create a balance between requirements for EP properties, fuel saving, pitting resistance, and synchronizing unit HS 45. Apart from that, the specification also includes requirements for extended oil fill interval for ZF **Ecolite** transmission which shall be using the HS 45 synchronizing system made of bronze. The longest oil change interval has been extended to 500,000 km covered.

Introduced into requirements of the existing specifications is a detailed ZFN 13010 specification, defining oil requirements for transmissions using ZF-intarder with extended oil change interval of 360,000 km covered.

For the time being, when it comes to ZF transmission, mostly molybdenum materials are used for synchronizing rings, while bronze is also occasionally used.

Table 7: ZF recommendations for gear oils application according to the ZF TE-ML 02 specification

Oil class		A	B	C	D	F
Vehicle type	Transmission type	Oil fill interval				
offroad	Ecolite without ZF-intarder	60000 km or once a year	120000 km or once a year	120000 km or once a year	240000 km or once every 2 years	120000 km or once a year
urban	Ecomid/Ecosplit/Transmatic/ASTR ONIC without ZF-intarder	60000 km or once a year	90000 km or once a year	90000 km or once a year	200000 km or once in 2 years	-
	with ZF-intarder	-	-			
long-	Ecolite/ Ecomid/	90000 km or	16 000 km			

distance trucks and busses	Ecosplit/ ASTRONIC without ZF-intarder	once a year	or once a year	160000 km or once a year	30 000 km or once in 2 years	-
	with ZF-intarder	-	-			

As regards specifications setting requirements for automotive ZF differentials and final drives, a new classification is being introduced according to road and offroad vehicles (including agricultural and construction machinery in the latter), while, when it comes to road vehicles, the distinction between urban traffic and long distances is being introduced.

The final oil recommendation according to the ZF TE-ML 02 requirement for individual systems with set oil change interval is listed in Table 7.

The Revised ZF TE-ML 05 Specification, March 1999

The ZF TE-ML 05 specification defines gear oils for lubricating the final drive and differential of construction and agricultural offroad vehicles, but all oil classes must also meet the requirements of the detailed ZF N 13011 specification. Four oil classes are being introduced.

Table 8: A review of the ZF TL-ML 05 specification requirements

Oil class	A	B	C	D
Oil type	Mineral or semi-synthetic gear oil	Synthetic gear oil	Mineral gear oil with Limited-slip additives	Synthetic gear oil with Limited-slip additives
SAE viscosity grade	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-140,90	75W-90, 75W-140	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-90, 85W-140,90	75W-90, 75W-140
Oil fill interval	Up to 60 000 km or once a year			
offroad and urban transportation Long-distance	Up to 90 000 km or once a year			
specific application/note			gear transmission with wet disk brakes and limited slip-differentials	

Note: Some lubricants that up until this revision have been homologated according to this specification have now won the Approval according to ZF TE-ML 02.

The Revised ZF TE-ML 07 Specification, March 1999

Four oil classes: A, B, C, D have been introduced, class A setting the quality requirements of mineral gear oils according to the group standard ZFN 13016 and viscosity grades according to SAE 80W-85, 80W-140, 85W-90, 85W-140 i 90. The oil quality more or less matches the requirements of API GL-5 and MIL-L-2105D or MIL-L-2105E. The oil is mostly recommended for use in some ZF hydrodynamic and mechanical drives.

The ZF TE-ML 08 A Specification

Has not been revised so far, although it has been given the additional label A, which means that in the future we may expect its development i.e. classification according to the application type. It sets the quality of gear oils for special ZF steering system designs. The oil quality matches the

requirements of API GL-5 and MIL-L-2105D or MIL-L-2105E, while also set are the permitted SAE viscosity grades 75W-80, 75W-85, 75W-90, 80W, 80W-85 i 80W-90.

The New Detailed ZF N 13016 Group Specification, May 1999 in 2 years

Sets the quality requirements of gear oils for ZF differentials and rear axles of road vehicles. Permitted are the following SAE viscosity grades: 75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-90, 85W-140, 90.

With regard to typical requirements listed mostly in the specifications of American OEMs, the new key ZF N 1301 specification stresses special requirements as to:

- Protection against high temperature corrosion and oxidation (at 150°C)
- Static and dynamic seal compatibility test
- EP requirements (FZG test)
- Extended oil fill service life

The Revised ZF TE-ML 12 Specification, March 1999

The ZF TE-ML 12 specification covers the use mostly in the final drive of urban busses, but is valid also for other commercial road vehicles with ZF equipment.

Table 9: Review of requirements of the ZF TL-ML 12 specification

Oil class	A	B	C	D	E
Oil type	Mineral or semi-synthetic gear oil	Synthetic gear oil	Mineral gear oil with Limited-slip additives	Synthetic gear oil with Limited-slip additives	Mineral or semi-synthetic
SAE viscosity grade	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-140, 85W-90, 85W-140, 90	75W-90, 75W-140	75W-90, 75W-140, 80W-90, 80W-140, 85W-90, 85W-140, 90	75W-90, 75W-140	Stress on 80W-90
Note	New additive technology	Only special permissions	Only for busses, soon to become invalid	Very limited application	Special quality, new additive technology

The gear oil is required to meet the requirements of the ZF N 13016 group specification. The oil is required to ensure extended oil change interval using mineral oil and new additive technology up to 120000 km covered or change once in 2 years, and, with synthetic oil, up to 500,000 km covered. 4 oil classes have been introduced: A, B, C and D.

In order to compare and evaluate the impact of new trends depending primarily on vehicle pool condition, we are providing a review of the gear oil consumption for differentials and final drive in Croatia over the past few years.

Table 10: Estimated gear oil consumption (for differential and final drive) in Croatia per quality levels for the 1998-2000 period, %

Class	Typical quality level	1998	1999	2000
I top oils synthetic, semi-synthetic	MB 235.8 and 235.9 MAN 342 Type TL and SL ZF TE-ML 05 A and B, 12 A and	0	0	<1

SAE 75W	B (extended oil fill interval)			
II high quality extended oil fill interval SAE 80W, 90, 80W-90, 85W-140	MB 235.0 MAN 342 Type N ZF TE-ML 05A, 07A, 12A Exceeds API GL-5	do 5	5-10	15-20
III fighting grade SAE 80W, 90, 80W-90, 85W-140	API GL-5	95	90-95	80-85

Conclusions

- Over the past about a dozen years, there have been dramatic changes in the quality of automotive gear oils through the specifications of European original vehicle and equipment designers and manufacturers.
- The reason for this lies primarily in new designs and introduction of new materials, for instance, for synchronizing units.
- There is still the requirement for extended oil change interval and formulation of lubricants for the vehicle's entire estimated service life.
- There are increasing requirements for the use of unconventional base oils, primarily PAO, as well as increased use of new additive technologies.
- Most transmission and/or vehicle manufacturers strictly forbid the use of hydrocracked or ester base oils in modern gear oil formulations.
- All the new automotive lubricant specifications, and also gear oil specifications, are directed – among other things – towards fuel economy.
- We may also observe a dramatic increase of the gear oil testing and approval costs. Some vehicle manufacturers are developing or already have their own gear oil formulations (VW).
- Because of different quality requirements, different design orientations, market competition, and increasingly pronounced conflicts of interests, the relations among some designers have reached critical level.
- The conflict of interests is also present among OEMs – lubricant manufacturers - additive manufacturers - servicing organizations. The latter are especially dissatisfied with the situation development (extended oil fill interval, creation of monopolies, etc.). They have more and more objections against the uncontrolled and costly development of extremely expensive, elite, monopolized, “fill-for-life“ oils.
- The vehicle pool in Croatia shall approximately reach the present level of developed European countries only in 5 years.
- Mineral-based gear oils shall be dominating in all countries of the region for at least 10 years more. In practice, this means that in around 10 years the consumption of mineral-based gear oils shall account for at least 80-90% of total consumption.
- The consumption of synthetic or semi-synthetic oils in the region within the next 5 years shall not exceed a 5% share on the market.

Literatura / References:

1. Tehnička dokumentacija Ethyl Corp.
2. Tehnička dokumentacija Lubrizol Corp.
3. Tehnička dokumentacija ZF-a
4. Tehnička dokumentacija MAN
5. Tehnička dokumentacija DAIMLER-CHRYSLER
6. Tehnička dokumentacija VOITH
7. Tehnička dokumentacija INA d.d. Zagreb
8. Tehnička dokumentacija Maziva Zagreb

9. Utjecaj europskih zahtjeva za kvalitetom maziva i smjernice razvoja djelatnosti maziva u Hrvatskoj, Robert Mandaković, Goriva i maziva br. 5, 2001 (281-320)

ključne riječi:

621.833 zupčanički prijenosnic

621.892.097.2.094 ulje za automobilske zupčaničke prijenosnike

.001.6 gledište razvoja

(4) Europa

"2000" 2000 god."

key words.

gear transmissions

automotive gear oil

development standpoint

Europe

"2000 year"

Autor / Author:

Robert Mandaković

INA-industrija nafte d.d. Zagreb

Primljeno / Received:

04.4.2002.