Specifičnosti sastava i primjene motornih ulja za četveotaktne i dvotaktne motore s unutarnjim izgaranjem

Marijanović, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:217150

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Ivan Marijanović

Zagreb, 2015. godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Davor Ljubas

Student:

Ivan Marijanović

Zagreb, 2015. godina.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno, služeći se znanjem stečenim tijekom studiranja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu i navedenom literaturom.

Zahvaljujem se svojem mentoru, izv. prof. dr. sc. Davoru Ljubasu, na pruženoj stručnoj pomoći i praćenju napretka za vrijeme pisanja ovoga rada. Također se zahvaljujem svim svojim prijateljima i kolegama koji su mi pomogli tijekom ovih godina studiranja, a najviše svojoj obitelji na pružanju bezuvjetne potpore.

Ivan Marijanović

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
procesno-energetski, konstrukcijski, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **Ivan Marijanović** Mat. br.: 0035184609

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Specifičnosti sastava i primjene motornih ulja za četverotaktne i dvotaktne motore s unutarnjim izgaranjem**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Specifics of the composition and application of motor oils for four-stroke and two-stroke internal combustion engines**

Opis zadatka:

U današnje vrijeme na tržištu se nalazi velik broj proizvođača kao i vrsta mazivih ulja za podmazivanje motora s unutarnjim izgaranjem. Razvoj tehnike i tehnologije te primjena suvremenih motora postavljaju sve strože zahtjeve na mazivo, kao glavno tribološko sredstvo, koje mora rješavati sve veća mehanička, kemijska i termička opterećenja, i to tako da doprinosi smanjenju trošenja materijala, štednji energije, produženju intervala zamjene i sniženju troškova eksploatacije. Čest je slučaj da odabir optimalnog ulja za pojedini motor predstavlja problem u praksi, ponajprije zbog relativno slabog poznavanja sustava klasifikacije motornih ulja te utjecaja pojedinih aditiva na konačna svojstva ulja. Navedeni zahtjevi koje mazivo može i treba ispuniti prepoznaju se uvođenjem klasifikacije maziva i propisanih standarda razine njihove kvalitete, tj. specifikacija. Suvremene specifikacije postavljaju stroge zahtjeve u pogledu kvalitete i sastava maziva, a njihova primjena u praksi izrazito ovisi o dobroj suradnji konstruktora, tj. proizvođača motora, korisnika motora i proizvođača maziva. Kao primjer za složenost izbora različitih mazivih motornih ulja potrebno je u sklopu ovog zadatka uzeti u obzir opće karakteristike najmanje dvije različite skupine mazivih ulja za podmazivanje motora:

a) motorna maziva ulja za dvotaktne motore,
b) motorna maziva ulja za četverotaktne motore,

i navesti njihove osnovne karakteristike, osnovni sastav, uobičajene i specifične aditive i način primjene. Posebno obratiti pažnju na specifičnosti grupa ulja za Dieselove i Ottove motore kao i usporediti ulja vodeći računa i o ekološkim i ekonomskim faktorima.

U zaključnom dijelu rada posebnu pažnju potrebno je obratiti na mogućnosti pogrešne primjene navedenih vrsta ulja u drugim sustavima te navesti posljedice koje se mogu pojaviti uslijed takvih grešaka.

U radu navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:
25. studenog 2014.

Rok predaje rada:
1. rok: 26. veljače 2015.
2. rok: 17. rujna 2015.

Predviđeni datumi obrane:
1. rok: 2., 3., i 4. ožujka 2015.
2. rok: 21., 22., i 23. rujna 2015.

Zadatak zadao:
Izv. prof. dr. sc. Davor Ljubas

Predsjednik Povjerenstva:
Prof. dr. sc. Igor Balen

SAŽETAK

Zbog sve većeg razvitka motora sa unutrašnjim izgaranjem u pogledu ekonomičnosti, smanjivanja emisija i povećanju performansi, paralelno su se razvijale i formulacije maziva koje potpomažu istim tim ciljevima. Kako bi se odabralo optimalno ulje za neki motor potrebno je poznavati njegove karakteristike i uvjete rada. Da bi se odredilo koje uvjete mora zadovoljavati određeno mazivo uvedene su specifikacije koje propisuju dopuštene količine određenih tvari u sastavu maziva. Kako bi dobili tražena svojstva ulja u bazno ulje dodaju se razni aditivi za poboljšanje niza svojstava. U radu su navedene vrste aditiva, te su opisana njihova svojstva i razlog primjene. Objašnjeni su uvjeti eksploatacije,uloge i potrebna svojstva koja ulja za dvotaktne motore, četverotaktne motore motocikala, osobnih Otto i lakih dizelskih, te teško opterećenih dizelskih motora moraju zadovoljiti.

1.UVOD 11
1.1. PODJELA ULJA 11
1.1.1. MINERALNO ULJE (BAZNO ULJE+ADITIVI) 11
1.1.2. SINTETIČKA MAZIVA 11
1.1.3. PODJELA BAZNIH ULJA 12
1.2. ULOGA ULJA U MOTORU 12
1.3. TALOZI U MOTORU 14
1.3.1. HLADNI MULJ 15
1.3.2. VRUĆI MULJ 15
1.3.3. LAK 15
1.3.4. ONEČIŠĆENJA BOGATA UGLJIKOM 16
1.4. IZMJENA ULJA 16
2. ADITIVI ZA MAZIVA 18
2.1. INHIBITORI OKSIDACIJE (ANTIOKSIDANSI) 18
2.1.1 PARAMETRI KOJI UTJEČU NA OKSIDACIJU 19
2.2. ADITIVI ZA POBOLJŠANJE INDEKSA VISKOZNOSTI 19
2.3. ADITIVI ZA SNIŽENJE TOČKE TEČENJA 20
2.4. ADITIVI ZA POBOLJŠANJE OTPORNOSTI NA OPTEREĆENJE 20
2.4.1. POLARNI ADITIVI 21
2.4.2. ADITIVI ZA ZAŠTITU OD TROŠENJA 21
2.4.3. ADITIVI ZA EKSTREMNO VISOKE PRITISKE (EP) 22
2.5. ADITIVI DETERGENTI 22
2.5.1. KEMIJSKI SASTAV DETERGENATA 22
2.5.2. MEHANIZAM DJELOVANJA DETERGENATA 23
2.6. ADITIVI DISPERZANTI 23
2.6.1. KEMIJSKI SASTAV DISPERZANATA 24
2.6.2. MEHANIZAM DJELOVANJA DISPERZANATA 24
2.7. ADITIVI PROTIV KOROZIJE I HRĐE 24
2.7.1. KEMIJSKI SASTAV ADITIVA PROTIV HRĐE I KOROZIJE 25
2.7.2. MEHANIZAM DJELOVANJA ADITIVA PROTIV KOROZIJE I HRĐE 25
2.8. ADITIVI EMULGATORI 26
2.9. ADITIVI PROTIV PJENJENJA 26
2.10. OSTALI ADITIVI 27

3. KLASIFIKACIJA MOTORNIH ULJA 28
3.1. KLASIFIKACIJA PREMA VISKOZNOSTI- SAE KLASIFIKACIJA 28
3.1.1. ZIMSKA ULJA 28
3.1.2. LJETNA ULJA 28
3.1.3. MULTIGRADNA ULJA 29
3.2. KLASIFIKACIJA PREMA RADNIM KARAKTERISTIKAMA-API 31
3.3. ACEA KLASIFIKACIJA 34
4. ULJA ZA DVOTAKTNE MOTORE 37
4.1. SPECIFIKACIJE DVOTAKTNIH MAZIVA 37
4.1.1. SASTAV MAZIVA 38
4.2. EMISIJE I BUDUĆNOST 39
5. ULJA ZA ČETVEROTAKTNE MOTORE 40
5.1. ULJA ZA ČETVEROTAKTNE MOTOCIKLE 40
5.1.1. KARAKTERISTIKE ČETVEROTAKTNIH MOTORNIH ULJA ZA MOTOCIKLE 40
5.1.2. SASTAV MAZIVA I NJEGOV UTJECAJ NA RAD SPOJKE 42
5.1.3. EMISIJE I BUDUĆNOST 43
5.2. SASTAV I ULOGE MOTORNIH ULJA OSOBNIH AUTOMOBILA 43
5.2.1. FORMULACIJA MAZIVA 43
5.2.1.1. RAZLIKE IZMEĐU FULL,MID I LOW SAPS ULJA 45
5.2.2. PRIMJERI RAZLIČITIH SPECIFIKACIJA ULJA OSOBNIH AUTOMOBILA 46
5.2.2.1. ACEA A1/B1-10 46
5.2.2.2. ACEA A3/B4-10 47
5.2.2..3. ACEA A3/B3-10 47
5.2.2..4. ACEA A5/B5-10 48
5.2.2.5. ACEA C1-10 48
5.2.2.6. ACEA C2-10 48
5.2.2.7. ACEA C3-10 49
5.2.2.8. ACEA C4-10 49
5.3. ULJA ZA TEŠKO OPTEREĆENE (HEAVY-DUTY) DIZELSKE MOTORE 50
5.3.1. USPOREDBA RAZLIČITIH SPECIFIKACIJA ULJA ZA TEŠKO OPTEREĆENE DIZELSKE MOTORE 51
5.3.1.1. ACEA E4-12 51
5.3.1.2. ACEA E6-12 51

5.3.1.3. ACEA E7-12 51
5.3.1.4. ACEA E9-12 52
6. ZAKLJUČAK 53
8. LITERATURA 54

Popis slika:

Slika 1. Dijagram kvalitativnih promjena ulja.....11

Slika 2. Dinamička viskoznost kao funkcija temperature za monogradna motorna ulja.....23

Slika 3. Dinamička viskoznost kao funkcija temperature za multigradna motorna ulja.....24

Popis tablica:

Tablica 1. Klasifikacija motornih ulja prema viskoznosti SAE J300 (1999. god.)..... 31
Tablica 2. Klasifikacija ulja za četverotaktne Ottove motore prema API – u..... 32
Tablica 3. Klasifikacija ulja za dvotaktne i četverotaktne Dieselove motore.....33
Tablica 4. Klasifikacija ulja za dvotaktne Ottove motore prema API – u..... 33
Tablica 5. Motorna ulja za Otto motore..... 34
Tablica 6. Motorna ulja za lako opterećene dizelske motore.....35
Tablica 7. Motorna ulja za teško opterećene dizelske motore.....36
Tablica 8. Klasifikacija ulja prema JASO standardu.....37
Tablica 9. Sastav ulja za dvotaktne motore..... 38
Tablica 10. Uobičajeni sastav i relativni odnosi konstituenata ulja za dvotaktne motore..... 38
Tablica 11. Maseni udio pepela u ulju ovisno o namjeni..... 38
Tablica 12. JASO T903 Specifikacija trenja spojke..... 41
Tablica 13. Utjecaj konstituenata maziva na trenje spojke.....42
Tablica 14. Sastav SAPS ulja dvaju proizvođača..... 44
Tablica 15. Vrste aditiva u uobičajenim uljima (ne »SAPS« ulja), njihove funkcije i maseni udjeli.....44
Tablica 16. Koncentracije pepela, sumpora i fosfora u »SAPS« uljima.....45
Tablica 17. Vrste aditiva u SAPS uljima, proizvedenim od strane Europskih proizvođača, za Ottove i dizelske motore, njihove funkcije i maseni udjeli..... 46
Tablica 18. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A1/B1-10..... 47
Tablica 19. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A3/B4-10..... 47
Tablica 20. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A3/B3-10..... 47
Tablica 21. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A5/B5-10..... 48
Tablica 22. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C1-10..... 48
Tablica 23. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C2-10..... 48
Tablica 24. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C3-10..... 49
Tablica 25. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C4-10..... 49
Tablica 26. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E4-12..... 51
Tablica 27. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E6-12.....51
Tablica 28. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E7-12.....52
Tablica 29. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E9-12.....52

POPIS OZNAKA:

Oznaka	Jedinica	Opis
T	°C	Temperatura
ppm	-	Koncentracija u relativnim proporcijama
η	kg/m sec, Pas	Dinamička viskoznost
μ	S, m^2/s	Kinematička viskoznost
V	m^3	Volumen
TBN	mgKOH/g	Ukupni bazni broj

1.UVOD

1.1. PODJELA ULJA

1.1.1. MINERALNO ULJE (BAZNO ULJE+ADITIVI)

Najveći dio (približno 95%, prema [1]) mazivih ulja i masti proizvodi se na osnovi baznih mineralnih ulja dobivenih preradom nafte. Razlozi ovako dominantne zastupljenosti maziva na osnovi mineralnih ulja jesu njihova raspoloživost, razvoj rafinacijskih tehnika njihovog dobivanja, dobra svojstva i povoljna cijena proizvodnje. Bazna se ulja dobivaju selektivnom rafinacijom teških derivata nafte. Smjesa su viših ugljikovodika. Na temelju podataka iz elementne analize velikog broja uzoraka sirove nafte različitog podrijetla, dobiveni su slijedeći prosječni maseni udjeli pojedninih elemenata: 83-87 %C, 11-14 %H i do 5 %(O+N+S), prema [1]. No na temelju tih podataka ne može se zaključiti o prirodi zastupljenih ugljikovodika u sirovoj nafti. Prema dominirajućoj zastupljenosti pojedninih ugljikovodika u nafti, one se mogu podijeliti na parafinske, naftenske i mješovite. U parafinskim naftama prevladavaju parafinski ugljikovodici, naftenski ugljikovodici u naftenskim, a u mješovitim naftama se uz obično veće količine parafinskih ugljikovodika sadržane i znatne količine naftena i aromata. Molekulska struktura ugljikovodika prisutnih u nafti određuje važna kemijska i fizikalna svojstva mineralnih baznih ulja kao što su,prema [1]:

- viskoznost i viskozno temperaturna svojstva
- agregatno stanje i područje tečenja
- oksidacijska i termička stabilnost

Poželjno je da bazna mineralna ulja imaju takav sastav kojim se mogu postići zadovoljavajuća ciljana svojstva, odnosno da ne sadrže veći udio aromatskih ugljikovodika (niska vrijendost indeksa viskoznosti-IV), a ni linearne (nerazgranate) parafinske ugljikovodike koji lako kristaliziraju i tako povisuju vrijednosti stiništa ulja. Prema tome, izoparafini su poželjni sastojci baznih ulja (visoke vrijednosti IV, dobra niskotemperaturna svojstva, dobra oksidacijska stabilnost).

1.1.2. SINTETIČKA MAZIVA

Sintetska su maziva umjetno proizvedene tvari kojima se svojstva potrebna za podmazivanje mogu unaprijed odrediti sastavom sirovina i uvjetima sinteze (najčešće polazna sirovina je etilen (eten) C_2H_4). Ona obuhvaćaju nekoliko važnih skupina: ugljikovodična, esterska sintetska (sintetska neopolinočna i fosfatna esterska maziva), poliglikolna i silikonska maziva.

Za postizanje zahtijevanih svojstava mnogih sintetskih ulja potrebno je razvijati posebne vrste aditiva. Razlog za to je različita osjetljivost pojedinih vrsta sintetičkih osnova na istu vrstu aditiva. Sintetska maziva također ne predstavljaju idealna maziva jer, kako ih karakterizira niz prednosti, tako pokazuju i određene nedostatke.

Osnovne prednosti su im, prema [1]:

- visoka oksidacijska i termička stabilnost
- malo stvaranje koksnog ostatka, niska isparljivost
- dobra viskozno-temperaturna svojstva
- slaba zapaljivost

Glavni nedostatci sintetskih maziva su, prema [1]:

- loše otapanje aditiva
- loše ponašanje u dodiru sa brtvilima
- visoka cijena

Glavne se količine sintetskih maziva troše za podmazivanje kad su radne temperature tolike da se ne mogu upotrijebiti mineralna maziva. Da bi se i za te temperature dobila jeftinija maziva, sve se više proizvode smjese sintetskih i mineralnih maziva (tzv. polusintetska maziva). Ona su osobito važna kad su potrebna maziva niske isparljivosti i visoke postojanosti prema oksidaciji i djelovanju topline.

1.1.3. PODJELA BAZNIH ULJA

Prema API-u bazna ulja se dijele na pet grupa, prema [2]:

1. Grupa I- bazna ulja najniže kvalitete, slaba otpornost na oksidaciju, svojstva ovise o izvoru sirove nafte
2. Grupa II- bazna ulja sa boljim svojstvima od Grupe I, bolja otpornost na oksidaciju i manja ovisnost svojstava o izvoru nafte
3. Grupa III
4. Grupa IV- sintetička bazna ulja sa odličnom temperturnom stabilnošću i svojstvima pri niskim temperaturama
5. Grupa V- najkvalitetnija bazna ulja, također sintetička kao i Grupa IV, imaju najbolja svojstva ali su zato i najskuplja.

1.2. ULOGA ULJA U MOTORU

Ulje u motoru ima ulogu maziva, sredstva za hlađenje i sredstva za odvođenje nečistoća. Mora podnijeti visoke temperature bez raspadanja i imati dugačak vijek trajanja. Trend u razvoju motora teži višim radnim temperaturama, većim brzinama, manjim tolerancijama i manjim spremnicima ulja. Sve to iziskuje poboljšana ulja u odnosu na ona korištena unazad par godina.

Raniji motori i druge mehaničke naprave često su bile konstruirane da troše ulje tokom rada što je zahtijevalo stalan unos svježeg ulja. Iskorišteno ulje izgorilo bi u cilindru ili kroz ispuh izašlo van. Unazad par desetljeća tolerancija između klipa i stjenke cilindra je bila takva da su motori sagorijevali malu količinu ulja koja bi prošla pored cilindra iz kućišta

koljenastog vratila. To je nametalo stalnu potrebu za dodavanjem ulja ali i čestu izmjenu ulja zbog zagađenja nastalog prilikom propuhivanja (blowby efekt).

Moderni motori rade na višim temperaturama i imaju bliže tolerancije što smanjuje potrošnju ulja te imaju manje spremnike ulja. Manji motori generiraju više snage, rade na višim brzinama i većim kompresijskim omjerima. To znači de se javljaju veće sile i veća potreba za dobrim podmazivanjem. Ulja mora imati dulji vijek trajanja i podnijeti gore uvjete eksploatacije. Ulja u modernim motorima moraju imati radno područje u velikom rasponu temperatura. Moraju adekvatno podmazivati motor od startne temperature hladnog motora do ekstremno visokih temperatura koje premašuju normalne radne temperature u cilindru. Ne smiju oksidirati na stjenkama cilindra niti na drugim vrućim mjestima kao što je sredina glave klipa ili na rubovima karika. Mora prianjati na površinu kako bi podmazivalo i stvaralo zaštitni sloj protiv korozije. Mora imati veliku čvrstoću uljnog filma kako ne bi došlo do kontakta metal na metal čak i u uvjetima visokih opterećenja. Ne smije biti toksično niti eksplozivno.

Mazivo ulje ima slijedeće uloge, prema [3]:

- Podmazivanje - mora smanjiti trenje i trošenje unutar motora. Poboljšava učinkovitost motor smanjivanjem sila trenja između dijelova u relativnom gibanju.
- Hlađenje - pored posebnog sustava za hlađenje motora, jednim dijelom u odvođenju topline sudjeluje i motorno ulje. Iako svi motori sa unutrašnjim izgaranjem imaju posebne sustave za hlađenje gdje se kao rashladni medij koristi tekućina ili zrak, motorno ulje ima značajno mjesto u odvođenju topline budući da je ono za razliku od rasladnog sredstva u rashladnom sustavu u izravnom dodiru sa površinama u motoru koje se najviše zagrijavaju. Zbog ovog dodira ulje je izloženo visokim temperaturama koje izazivaju degradaciju kvalitete ulja. Viskoznost ulja je i ovdje osnovna karakteristika o kojoj ovisi efikasnost odvođenja topline. Manje viskozna ulja bolje odvode toplinu.
- Brtvljenje - da bi se ekspanzijska snaga plinova koji nastaju izgaranjem goriva u fino raspršenom stanju i potrebnog zraka što više iskoristila u vidu korisnog mehaničkog rada, treba im onemogućiti slobodan prolaz između pokretnog klipa i stacionarnog cilindra i to iz prostora iznad klipa u prostor ispod klipa tj. u karter motora. Propusnost između klipa i cilindra u najvećoj mjeri rješavaju kompresijski prsteni na klipu a u manjoj ali značajnoj mjeri i motorno ulje koje stvorenim uljnim slojem na površini cilindra ispunjava prostore između klipa i cilindra. Zbog elastičnosti klipnih prstenova i postojanja uljnog sloja prolaz plinova iz prostora iznad klipa u prostor ispod njega i obrnuto, svodi se na najmanju moguću mjeru. Ovom funkcijom ulja osigurava se dobra kompresija u motoru i njegova snaga, planirana potrošnja goriva i ulja, te minimalno degradiranje ulja u karteru kao i neznatno zagađenje okoline.
- Ispiranje - to je svojstvo kvalitetnim motornih ulja koje se postiže dodavanjem detergentno disperzantnih aditiva u ulje. Djelovanje se očituje u tome, što takva ulja čiste, ispiru i drže u dispergiranom stanju taloge, garež i onečišćenja koja bi se inače nakupljala u osjetljivim dijelovima motora. Na čistoću motora značajan utjecaj ima i bazno motorno ulje preko svojih termičko-oksidacijskih i otapajućih svojstava.

- Sprječavanje korozije - dobro motorno ulje mora imati svojstvo da zaštiti dijelove motora od korozije kako u stanju kretanja tako i mirovanja. Do pojave korozije na motornim dijelovima dolazi zbog nekoliko razloga, najvažniji su: konstruktivne karakteristike samog motora, vrsta, broj i kvaliteta materijala pojedinih motornih dijelova, uvjeti rada, kvaliteta upotrebljenog goriva i maziva kao i redovitost održavanja motora.

1.3. TALOZI U MOTORU

Mehanizam nastajanja taloga vezan je uz rad motora. Za vrijeme korištenja u motoru se pojavljuju talozi i naslage od nečistoća koje dolaze izvana, te od stvorenih produkata oksidacije ulja, smola, lakova i ostalog u čemu sudjeluju goriva i maziva kao osnovne tvari koje se koriste u motoru za njegov pogon i podmazivanje

Posebnim praćenjem višestrukih laboratorijskih i eksploatacijskih ispitivanja, dokazano je da se sastav taloga na pojedinim dijelovima motora međusobno razlikuje. Talozi u obliku čađe u prostoru za izgaranje goriva pretežno su uvjetovani neispravnim izgaranjem i kvalitetom goriva.

Pojava taloga i lakova na plaštu klipa i u zoni kompresijskih prstenova pretežno je uvjetovana oksidacijom i termičkom razgradnjom ulja za podmazivanje. Što je istrošenost motora veća, preciznost određenih sistema regulacije slabija i uvjeti eksploatacije nenormalniji, to je teže utvrditi da li na intenzitet stvaranja taloga na pojedinim dijelovima ima veći utjecaj gorivo ili mazivo.

S obzirom na izvor, tok stvaranja taloga u motorima s unutarnjim izgaranjem ide ovim redom, prema [3]:

- Gorivo: izgaranje, produkti izgaranja, produkti bogati ugljikom, talozi od goriva
- Mazivo: oksidacija i termička razgradnja, produkti oksidacije, lakovi i naslage, talozi od maziva

Vrste taloga i njihova količina koji se pojavljuju u motorima ovisne su o intenzitetu navedenih pojava, gdje njihovim uzajamnim djelovanjem u prikladnim i često puta vrlo povoljnim uvjetima nastaju različiti tipovi taloga.

Osnovni medij i nosilac taloga koji i sam djeluje u njihovu stvaranju, je motorno ulje. Talozi u uljima, njihovo vremensko i prostorno zadržavanje u motoru i njegovim dijelovima i sustavima, izazivaju različite pojave, oštećenja, naslage, promjene uvjeta rada itd.

Onečišćenja koja se nalaze u motornom ulju, a nastaju iz navedenih razloga, nazivaju se prema engleskoj terminologiji ″Sludge″ što u prijevodu znači mulj.

Primarni izvor zagađivanja motornog ulja je plinovita smjesa produkata izgaranja sagorive smjese goriva i zraka, koja uslijed propusnosti klipnih prstenova (naročito ako su istrošeni) prolazi iz prostora iznad u prostor ispod klipa. Tu se smjesa miješa s uljem i kvari njegova

svojstva. Sastojci smjese, osobito kiseli produkti izgaranja, promotori su polimerizacije i kondenzacije molekula ugljikovodika ulja koje tako postaju jezgre tvorbe taloga.

Mulj je u prvoj fazi svog stvaranja mekane konzistencije, a kad se istaloži na površinama dijelova motora lako se skida i obriše krpom. Prema svom sastavu s obzirom na uvjete rada motora i uvjeta eksploatacije, mulj se može javiti u dva oblika, kao hladni i vrući mulj.

1.3.1. HLADNI MULJ

Hladni mulj je tamno siva do crna supstanca koja se stvara u ulju kod tzv. pothlađenih motora tj, u motorima kod kojih se iz bilo kojih razloga (niske temperature okoline, niske temperature rashladnog sredstva, nedovoljnog opterećenja itd.) ne postižu optimalne radne temperature. One kod rashladnog sredsva u sustavu za hlađenje motora moraju biti približno 90 °C, prema [3]. Kod pothlađenih motora u zimskim uvjetima rada i relativno kratkih gradskih vožnji, temperature ulja u karteru i medija u rashladnom sustavu ne dostižu ni 50°C, a razrijeđenja ulja s gorivom kod Otto motora mogu dostići vrijednosti od 10 do 15%, prema [3]. U takvim okolnostima dolazi do najvećeg prodora plinova u karter motora, čime se stvaraju povoljni uvjeti za nastajanje mulja.

Stvoreni talog tj. hladni mulj sadrži u sebi kondenziranu vodu iz usisanog zraka, kondenziranu vodu stvorenu izgaranjem goriva, neizgoreno gorivo, produkte nepotpunog izgaranja, razne krute ugljikom bogate čestice, organske i anorganske kiseline, oksidirane organske komponente i čestice silicija od uprljanja prašinom.

1.3.2. VRUĆI MULJ

Vrući mulj je talog koji nastaje u dobro zagrijanom motoru zagrijavanjem hladnog mulja. Osim toga ulje je svojom velikom dodirnom površinom (jer je raspršeno) u dodiru sa zrakom, te uslijed prisutnosti raznih čestica metala kao katalizatora i prvenstveno visokih temperatura, u vrlo povoljnim uvjetima brze i intenzivne oksidacije i polimerizacije. Tako stvoren talog sadrži najveći postotak smola koje nastaju oksidacijom ulja. U usporedbi sa sastavom hladnog mulja, u ovome nema vode, goriva (samo ako se radi o Otto motoru) niti neizgorjelog ugljika.

1.3.3. LAK

Opisani talozi mogu djelomično uslijed trajnih, ekstremno visokih temperatura na površinama dijelova motora uzrokovati nastajanje takvih vrsta tankih naslaga koje su vrlo tvrde konzistencije i netopive u ulju, a nazivaju se lakovi. Ovi lakovi nastaju na vrlo zagrijanim površinama dijelova motora kao što su košuljice cilindara, plaštevi klipova, utori klipnih prstenova i drugim površinama koje dolaze u dodir sa vrućim uljem u kome su procesi oksidacije i razgradnje u toku. Stvoreni lakovi u vidu tankog sloja kemijski su vezani s metalnim površinama s kojih se ne mogu skinuti ni brisanjem, ni pranjem.

1.3.4. ONEČIŠĆENJA BOGATA UGLJIKOM

Kao onečišćenje među produktima izgaranja goriva najzastupljeniji su oblici ugljikom bogatih tvari koje u stvaranju taloga imaju zančajan utjecaj, a stvaraju i crnu boju. Prema dosadašnjim saznanjima, u motorima s unutarnjim izgaranjem, ugljik i njime bogate tvari pojavljuju se u tri oblika i to kao čađa, tvrdi koks i kristalični ugljik.

Čađa je praškasti talog koji nastaje izgaranjem prebogate smjese goriva i zraka tj. pri osjetnom nedostatku kisika. Lako se skida s površina na kojima se istaložila. U povoljnim okolnostima stvaranja u motoru se najviše taloži na kruni klipa, stjenkama komora za izgaranje, ventilima i utorima za prstenove na klipu.

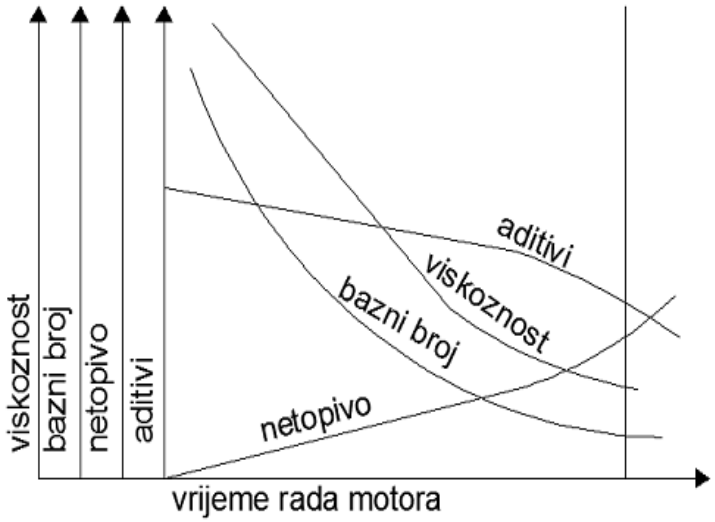
Tvrdi koks staklastog je izgleda, a stvara se procesom termičkog cijepanja pri izgaranju goriva u zoni vrlo visokih temperatura gdje na tu pojavu ima određeni utjecaj sastav goriva. Tako stvoreni koks vrlo je tvrd i kada se nađe među gibajućim površinama u obliku sitnih čestica, uzrokuje odnošenje materijala s njih tj. uzrokuje abrazivna istrošenja.

Kristalični ugljik nastaje kristalizacijom ugljikovih atoma u za to povoljnim okolnostima. Količina i veličina tako zastupljenog ugljika ovisi ovrsti ugljikovodika od kojih je sastavljeno gorivo (parafini,nafteni), kao i o količini supora, vanadija i asfaltena u gorivu.

1.4. IZMJENA ULJA

Na vijek trajanja ulja u motoru utječe niz faktora od kojih veći i značajniji utjecaj ima količina ulja koja stane u karter. Što je veća količina ulja u motoru, to je i vrijeme njegove upotrebljivosti veće jer je broj opticaja ulja u jedinici vremena manji za vrijeme rada motora i cirkulacije ulja u njemu. Na taj način je i vrijeme izloženosti ulja štetnim utjecajima manje. Kvalitativne promjene u smjeru pogoršanja kod ulja a ovisno o tim štetnim utjecajima odražavaju se na pojavi onečišćenja ulja prašinom, metalnim strugotinama, gorivom, vodom i ugljikovim spojevima.

Gledano s analitičke strane te promjene očtuju se u promjenama viskoznosti , indeksa viskoznosti, točke paljenja, ukupnog baznog broja i broja kiselosti. Zatim u količinama mehaničkih onečišćenja i vode, metala, razrjeđenja gorivom itd. Ako se sve ove promjene preko analiza uzoraka ulja u toku eksploatacije prate na zajedničkom dijagramu, tada se dobije najbolji uvid u pravo stanje kvalitete ulja u datom trenutku i njegova upotrebljivost.



Slika 1. Dijagram kvalitativnih promjena ulja, prema [3]

U dijagramu su na apscisi unijeti pređeni kilometri ili sati rada motora, a na ordinati vrijednosti svih analiziranih podataka. Područje na dijagramu u kojem se primjećuju naglije promjene analiziranih veličina je signal kada treba mijenjati ulje u motoru. Ove nagle promjene ne nastaju istovremeno tj. kod istog broja prijeđenih kilometara ili potrošene količine goriva kod svih tipova motora. Ove promjene ovise, kao što je već rečeno, o konstrukcijskim karakteristikama motora, o mehaničkom stanju, uvjetima rada motora, te o vrsti i kvaliteti upotrjebljenog goriva i ulja, kao i o količini ulja u motoru.

Prema tome za neku određenu kvalitetu motornog ulja ne može se dati opća i jednaka preporuka s istim periodom zamjene za sve vrste i tipove motora u kojima se dotično ulje upotrebljava. Kod ovih razmatranja treba upozoriti na to da ako za vrijeme upotrebe nekog motornog ulja dođe do nagle promjene makar samo jedne od ovih veličina npr. velike promjene viskoznosti uslijed razrjeđenja gorivom ili prodora vode u ulje, tada ulje treba obavezno promijeniti bez obzira što su druga svojstva tog ulja još dobra.

Preko analiza može se utvrditi stanje i daljnja upotrebljivost ulja ali i stanje motora i njegovih dijelova u vezi s ispravnom funkcionalnosti i istrošenosti. Dozvoljene granice do kojih se smije držati ulje u motoru ovise o kvalitetnoj razini upotrjebljenog ulja, konstrukciji motora te uvjetima rada i eksploatacije. Iz tog razloga ni kriterij pojedinih proizvođača motora i motornih ulja nisu jednaki. Najčešće korišten kriterij za zamjenu ulja više kvalitetne razine je slijedeći, prema [3]:

- viskoznost kod 100°C ne smije pasti ispod 25% niti se povećati više od 30%
- ukupni bazni broj ne smije pasti ispod 1
- točka paljenja ne smije se sniziti više od 25%
- količina netopivog u pentanu ne više od 5 do 8%
- količina vode ne smije biti iznad 0,2%
- razrjeđenje gorivom može biti 5 do 6 %

Dozvoljene količine metala preko kojih se kontrolira iskorištenost motornih dijelova, prema [3]:

- željezo ne preko 500 ppm. Normalno je 150 ppm.
- aluminij ne iznad 60ppm. Normalno je ispod 25 ppm
- bakar ne iznad 75 ppm. normalno je 30 ppm.
- silicij ne iznad 25 ppm

2. ADITIVI ZA MAZIVA

Aditivi za maziva mogu se definirati kao sredstva koja unose nova pozitivna svojstva ili poboljšavaju već postojeće karakteristike maziva. Prirodni ugljikovodici od kojih se sastoje mineralna ulja ne mogu na duže vrijeme zadovoljiti sve veće zahtjeve, koji se postavljaju na moderna maziva,zbog čega im se dodaju sintetske supstance, koje se zajedničkim nazivom nazivaju aditivi. Neki aditivi utječu na fizikalna svojstva baznih ulja dok drugi imaju kemijski utjecaj. Osim toga aditivi se dijele na one koji poboljšavaju svojstva baznih ulja kao: nisko-temperaturna svojstva,visoko-temperaturne karakteristike i na one koji doprinose nekim karakteristikama koje ulja nisu posjedovala, kao sklonost nastajanju emulzije, antikorozivna svojstva, poboljšana svojstva otpornosti na opterećenje itd.

Baznom mineralnom ulju dodaju se slijedeći aditivi, prema [3]:

- Dodatci protiv pjenjenja- smanjuju pjenjenje koje bi nastalo visokim brzinama vrtnje koljenastog vratila i drugih rotirajućih komponenti u spremniku ulja
- Inhibitori oksidacije-prilikom pjenjenja kisik se zarobi u ulju i to može dovesti do oksidacije komponenata motora.
- Inhibitori hrđanja
- Detergenti-zadržavaju nečistoće i sprječavaju reakcije koje stvaraju slojeve nečistoće na površinama. Neutraliziraju nastalu kiselinu koja se javlja zbog sumpora u gorivu.
- Dodatci protiv trošenja
- Umanjivači trenja
- Poboljšivači indeksa viskoznosti

2.1. INHIBITORI OKSIDACIJE (ANTIOKSIDANSI)

Oksidacija ugljikovodika mineralnog ulja rezultat je različitih pojava, koje zajedno ili neovisno jedne od drugih, degradiraju njegovu kvalitetu. Ove pojave su uglavnom povezane s primjenom mineralnih ulja kao maziva, a pospješuju ih određeni parametri, između kojih su najvažniji, prema[3]:

- prisutnost kisika i vode
- povišena temperatura
- katalitička aktivnost nekih metala i dr.

Ako dva antioksidansa imaju različite mehanizme djelovanja, njihovo zajedničko djelovanje može dati veći efekat od zbroja njihovog pojedinačnog djelovanja. ta pojava se naziva sinergija.

2.1.1 PARAMETRI KOJI UTJEČU NA OKSIDACIJU

Temperatura je najpoznatiji akcelerator procesa oksidacije, pa se njezin utjecaj može kvantitativno izraziti, tako da brzina oksidacije postaje približno dvostruka, ako se temperatura poveća za 10°C. Drugi parametar koji utječe na oksidaciju je prisustvo kisika koji može djelovati ili na površinu maziva ili kao plin biti otopljen u ulju. Treći važan faktor je prisustvo vode. Voda može, naročito gdje je temperatura dovoljno visoka, uzrokovati otapanje ili izdvajanje nekih aditiva iz mase mineralnog ulja.

Vrste antioksidansa, prema[5]:

- Antioksidansi fenolnog tipa- Upotrebljavaju se kao antioksidansi za turbinska, transformatorska i hidraulička ulja, gdje su relativno niske temperature, budući da je lako isparljiv na temperaturi iznad 100°C.
- Antioksidansi spojevi dušika- Upotrebljavaju se prvenstveno na temperaturama iznad 120°C a ponekad i do 150 °C.
- Sumporni spojevi kao antioksidansi- Oni su najstariji antioksidansi mineralnih ulja, ali zbog svoje jake korozivnosti više se ne upotrebljava. Bazno ulje sadrži do 1,5% mase sumpora nakon proizvodnje, što ima veliki učinak na antioksidacijsko ponašanje i na otpornost na opterećenje.
- Antioksidanski na bazi fosfora
  Antioksidansi na bazi sumpora i fosfora- Najznačajniji aditiv na bazi sumpora i fosfora je ZnDDP (Cinkdialkilditiofosfat). To je višefunkcionalni aditiv koji pokazuje tri važna djelovanja, kao antioksidans, aditiv protiv trošenja i protiv korozije.

2.2. ADITIVI ZA POBOLJŠANJE INDEKSA VISKOZNOSTI

Ovi aditivi su nosioci važnih viskometrijskih karakteristika višegradnih motornih ulja, a to su, prema[5]:

- na niskim temperaturama potrebno je tekuće ulje, tako da se prilikom starta motora s malim unutarnjim trenjem troši minimalna snaga motora
- na visokim temperaturama potrebno je ulje određene viskoznosti, koje osigurava dovoljnu debljinu uljnog filma i malu potrošnju ulja
- kod visokih tlakova potrebno je ulje koje osigurava određenu debljinu uljnog sloja, pored toga što današnja motorna ulja sadrže aditiv protiv trošenja

Dodatak poboljšivača indeksa viskoznosti tipa polimera utječe na ponašanje ulja u pogledu karakteristika tečenja. Ulja koja sadrže ove aditive ne ponašaju se u skladu s newtonovskim zakonima o protjecanju tekućina, pa se npr. dinamička viskoznost mijenja pod utjecajem veličine smičnog naprezanja. Smična naprezanja koja se javljaju između klipa i

stjenki cilindra u motoru uzrokuju ireverzibilnu razgradnju molekula polimera na manje dijelove. Kod ulja koja sadrže aditive za poboljšanje indeksa viskoznosti, mogu se zapaziti dvije vrste pada viskoznosti i to: privremeni, koji nastaje uslijed nenewtonovskih ponašanja protoka i stalni pad viskoznosti, koji nastaje uslijed smične degradacije molekula polimera.

2.3. ADITIVI ZA SNIŽENJE TOČKE TEČENJA

To su aditivi koji snižavaju najmanju temperaturu na kojoj ulje pokazuje svojstvo tečenja. Tehnološki postupak za dobivanje baznih mineralnih ulja uključuje i proces deparafinacije, kojim se poboljšavaju svojstva tečenja ulja na niskim temperaturama. Procesom deparafinacije nemoguće je ukloniti sav parafin iz baznih ulja. Normalni parafini koji su važni za dobre viskozno-temperaturne karakteristike, predstavljaju i limitirajući faktor tečenja mineralnih ulja. Neka specijalna ulja zahtijevaju naročito nisku točku tečenja, koja se postiže dubokom parafinacijom.

Deparafinacija je skupi proces koji zahtjeva velike troškove energije, tako da se provodi samo djelomično do određene točke tečenja, obično između -8 do -18°C, prema [3], ovisno o viskoznosti baznih ulja.

Daljnje snižavanje točke tečenja postiže se dodatkom aditiva za sniženje točke tečenja, koji su djelotvorni u koncentracijama izeđu 0,005 i 1% mase, prema [3]. Aditivi za sniženje točke tečenja nemaju utjecaja na temperaturu izlučivanja parafina, ali modificiraju vanjski oblik i veličinu kristala.

Razlika između točke tečenja i zamućenja viša od 10°C ukazuje da ulje sadrži aditive za sniženje točke tečenja, prema [3]. Da bi njihova djelotvornost ostala ne promijenjena kroz dugi period u ulju, moraju posjedovati dobru termičku i oksidacijsku stabilnost, kao i dobru otpornost na smicanje.

Danas se za ove svrhe upotrebaljavaju produkti polimerizacije i kondenzacije od kojih neki djeluju isto kao poboljšivači indeksa viskoznosti. Dugolančani alkilfenoli i dialkilesteri ftalne kiseline se upotrebljavaju kao aditivi za sniženje točke tečenja. Djelotvornost zavisi naročito o strukturi i topivosti u ugljikovodicima mineralnih ulja.

2.4. ADITIVI ZA POBOLJŠANJE OTPORNOSTI NA OPTEREĆENJE

Kada se povećava opterećenje između dvije klizne plohe odijeljene uljem, smanjuje se brzina i viskoznost, postepeno se smanjuje i debljina uljnog sloja do kritične granice, gdje prestaje vrijediti zakon hidrodinamičkog podmazivanja. To postepeno dovodi do kidanja uljnog sloja i do kontakta na vrhovima površinskih neravnina, a posljedica toga je pojava suhog trenja. Prema tome, u neprekidnom slijedu između hidrodinamičkog podmazivanja i suhog trenja nalazi se područje graničnog trenja i njemu svojstveno granično podmazivanje.

Na osnovu prevladavajućih mehaničkih uvjeta predviđaju se četiri moguća tipa graničnog podmazivanje, prema [3]:

- male brzine s čestim zaustavljanjima i kretanjima (niska opterećenja i temperature) predstavljaju blagi oblik graničnog podmazivanja (klizni ležajevi malih brzina, lisnate opruge i dr.)
- granično podmazivanje kod visokih temperatura (cilindri i klipovi Otto motora, klizni ležajevi velikih brzina i dr.)
- granično podmazivanje kod visokih tlakova (visoko opterećeni valjni ležajevi)
- visoka opterećenja i temperature ili ekstremno granično podmazivanje (hipoidni i spiralno-konični zupčasti prijenosnici s visokim kliznim trenjem)

Čisto mineralno ulje ne može zadovoljitit u uvjetima graničnog podmazivanja, pa je poboljšanje otpornosti na opterećenje bilo jedan od prvih zahtjeva na kvalitetu maziva. Danas se sve spojeve koji utječu na poboljšanje otpornosti na opterećenje uljnog sloja, a djeluju određenom reakcijom između sastojka iz ulja i metalne površine, svrstava u posebnu grupu aditiva koju čine polarni aditivi, aditivi protiv trošenja i EP aditivi.

2.4.1. POLARNI ADITIVI

Sposobnost nekog ulja da zadovolji lakše uvjete graničnog podmazivanja izražava se pojmom „mazivost“. Pod tim pojmom podrazumjeva se stupanj i brzina orijentacije aktivnih molekula ulja na metalne površine. Ovi se aditivi često u stručnoj literaturi nazivaju i „modifikatori trenja“. Osim navedenog, važna im je primjena u sprječavanju pojave stick-slipa i bučnog rada,a zbog njihovog izrazitog utjecaja na smanjenje trenja pozitivno djeluju na štednju energije.

Pod nazivom modifikatori trenja, ova vrsta aditiva različite kemijske strukture topiva u ulju, dodaje se modernim motornim uljima koji štede gorivo radi smanjenja trenja u području graničnog podmazivanja kliznih metalnih površina (klipovi, stjenke cilindra i dr.) Za ispravan rad i radi sprječavanja buke kod automatskih mjenjača primjenjuju se također ovi aditivi, koji istodobno djeluju i kao sredstva protiv hrđe.

2.4.2. ADITIVI ZA ZAŠTITU OD TROŠENJA

Kada se poveća opterećenje i temperatura koju ne mogu izdržati kemisorbirani spojevi, oni se skidaju, a sapunska prevlaka se tali pa dolazi do skokovitog porasta trenja i trošenja. To je područje početka graničnog podmazivanja, kada se moraju upotrijebiti aditivi protiv trošenja, koji su djelotvorni kod niskih opterećenja, niskih temperatura i prilikom dugog vremena trajanja.

Metalni dialkil i diarilditiofosfati su najkompletniji aditivi protiv trošenja, koji se upotrebljavaju u razni motornim i industrijskim uljima. I neki drugi fosforni spojevi, u prvom redu trikrezil fosfat, poznati su kao dobri aditivi protiv trošenja.

Prvi stadij mehanizma djelovanja aditiva za zaštitu od trošenja je onaj, koji se odnosi na termičku razgradnju DDP-a, jer su produkti raspadanja najvrjednije tvari koje štite metalne površine od trošenja. Produkti termičke razgradnje koji djeluju kao tvari protiv trošenja su nezasićeni merkaptani, sulfidi, disulfidi i sumporvodik, koji su djelotvorni i ako antioksidansi.

2.4.3. ADITIVI ZA EKSTREMNO VISOKE PRITISKE (EP)

Hidrodinamičko podmazivanje prelazi u granično prilikom kontakta vrhova kliznih ploha koje su izložene visokim opterećenjima, što utječe na povišenje temperature. To uzrokuje međusobno zavarivanje vrhova površinskih neravnina kliznih ploha, pa dolazi do trošenja. U tim okolnostima EP aditivi formiraju anorganske spojeve na metalnim kliznim površinama. Aktivnost atoma sumpora, fosfora i klora iz EP aditiva ovisi o uvjetima trenja (temperature i pritiska).

2.5. ADITIVI DETERGENTI

Danas nije moguće proizvesti moderno motorno ulje bez upotrebe detergentnih i disperzantnih aditiva, koji su nosioci svojstava ispiranja ulja, što se ogledau tome da drže u suspenziji u ulju netopive čestice ostataka izgaranja i drugih onečišćenja, čiji iznos može biti i do 10% mase u slučaju dizelskog motornog ulja (čađa, koks, čestice olovnih soli, veličine 0,04 μm). Ovi aditivi također sprječavaju smolasto-asfaltne spojeve, produkte oksidacije da iz aglomeracije pređu u čvrste čestice veličine 0,6 do 1,5 μm. Na taj način sprječavaju formiranje taloga na metalnim površinama i neutraliziraju kisele produkte izgaranja te štite od korozivnog trošenja. Talozi slični koksu i laku sprečavaju slobodno gibanje klipnih prstena, dopuštajući plinovima izgaranja prolaz i miješanje s uljem. Ovo dovodi do jake kontaminacije ulja i trošenja klipa, naročito kod motora s visokim opterećenjem. Talozi slični mulju mogu blokirati uljne filtere i uljne cijevi što dovodi do pomanjkanja ulja i jakog trošenja.

2.5.1. KEMIJSKI SASTAV DETERGENATA

U kemijskom pogledu detergenti su proizvodi čija karakteristika je da u molekuli imaju, prema [3]:

- jedan metal (npr. kalcij, barij, magnezij ili aluminij)
- jednu funkcionalnu grupu (npr. sulfonska, fenolna ili karboksilna)
- jedan dio, obično najveći s obzirom na molekulsku masu, koja reguliratopivost produkta u ulju. Odnosi se na ugljikovodične lance, obično s velikim brojem ugljikovih atoma parafinskog, naftenskog i/ili sromatskog porijekla, a najčešće miješane osnove.

Ponašanje različitih detergenata obično uvjetuju dva važna svojstva molekule. Prvi je djelotvornost skupine (karboksilne,sulfonske i fenatne ili sulfo-fenatne), a drugo topivost aditiva u ulju koja četo varira. Djelotvornost aditiva zavisi i o načinu izrade soli, pa se razlikuju prema stupnjualkalnosti (visokoalkalni detergenti). Postoje dva tipa soli koje čine

detergente, neutralne i alkalne soli. Ova različitost je važan faktor u ponašanju deergenata, budući da metali detergenata pokazuju još i važnu funkciju neutralizacije kiselih produkata, koji ne potječu samo iz oksidacije ulja, nego djelomično i od produkata izgaranja.

2.5.2. MEHANIZAM DJELOVANJA DETERGENATA

Aktivnost detergenata u pogledu ispiranja pripisuje se njihovoj orijentaciji prilikom adsorpcije na metalnu površinu i kemijskoj reakciji s metalnom površinom., gdje se stvaraju metalne soli. Budući da je kemijsko djelovanje na metalnu površinu povezano s trošenjem, mora se prilikom razvoja aditiva napraviti kompromis između detergentne aktivnosti i trošenja.

Detergenti mogu reagirati s hidrokiselinama, nastalim oksidacijom ulja, i tako spriječiti taloženje ovih spojeva, koji se smatraju odgovorniam za stvaranje smolasto-asfaltmnih supstanci. Daljnja karakteristika detergenata je neutralizacija kiselina, dušikovih oksida, sumporniih dioksida i trioksida (važno u slučaju dizelskih goriva), koji se formiraju u motoru za vrijeme rada izgaranjem goriva i starenjem ulja. Iz ovih razloga praktično svi moderni detergenti imaju alkalnu reakciju, s time da rezerva alkalija može dosta varirati. Tzv. visokoalkalne (overbased) soli sadrže značajan višak metalnog oksida, hidroksida, karbonata, itd. u koloidnoj dispergiranoj formi.

2.6. ADITIVI DISPERZANTI

To su organski bezpepelni spojevi koji sprječavaju flokulaciju i koagulaciju koloidnih čestica. Sama disperzantnost nije dovoljna da spriječi formiranje taloga u motoru, pa se moraju dodavati spojevi koji posjeduju određenu moć otapanja lakova i smolasto-asfaltnih čestica. Povećana moć otapanja pripisuje se detergentima, koji predstavljaju u ulju topive ili potpuno dispergirane metalne soli organskih kiselina. Danas ne postoji stroga razlika između disperzantnog i detergentnog djelovanja.

Zahtjevi u pogledu disperzantnosti motornih ulja nastali su zbog sve veće upotreba automobila u gradskoj vožnji, a posljedica toga je stalno skraćivanje prijeđenog puta, smanjivanje brzine, a radne temperature motora ostaju relativno niske. Najvažnija karakteristika ovog načina vožnje sastoji se od čestih zaustavljanja, pa je nastao pojam “stani-kreni“ prilikom upotrebe vozila. Takav način vožnje postao je stvarnost 50-ih godina u Europi, kada su nastali novi testovi kojima se ispituje ponašanje motora u prisustvu nastalih nečistoća, uslijed rada tzv. pothlađenim motorom. API (American Petroleum Institute) definirao je produkt koji nastaje u ulju uslijed rada motora u tipičnim uvjetima gradske vožnje: smjesa ulja, ugljika, vode, organskih ostataka i/ili stranih materija formiranih na nekim dijelovima motora, a moguće je ih je razlikovati od tzv. vrućih taloga, ukoliko se ta smjesa može lako odstraniti petrolejskim otapalom.

Ova definicija taloga (sludge) ne uključuje onu vrstu taloga nastalu u dobro zagrijanom motoru, sastavljenu pretežno od smole i spojeva olova, bez vode, goriva (benzina) i neizgorjelog ugljika. Kod nas se prva vrsta taloga naziva hladni mulj, a drugi vrući mulj.

Danas se modernim motornim uljima dodaju bespepelni disperzanti da bi se spriječilo negativno djelovanje sastojaka hladnog mulja, pa se njihova efikasnost naročito očituje u testovima Sequence V-D.

2.6.1. KEMIJSKI SASTAV DISPERZANATA

Bespepelni disperzanti su spojevi koji sadrže različite kemijske grupe, a uglavnom se svi odlikuju sadržajem dušika. Ovi aditivi posjeduju polatni dio molekule koji ima omogućava jaku adsorpciju na kontaminirajuće čestice, i drugi ugljikovodični dio koji ih čini topivima u ulju. Motorna ulja vrhunske kvalitete mogu sadržavati 4 do 8% mase ovih aditiva. Kemijska struktura bespepelnih aditiva je kompleksna, a obično su sastavljeni od slijedećih općenitih grupa, prema [3]:

- mono-sukcinimidi
- bis-sukcinimidi
- sukcinat-esteri

2.6.2. MEHANIZAM DJELOVANJA DISPERZANATA

Konačni cilj djelovanja disperzanata je svojstvo održavanja disperzantnog, odnosno otopljenog svega onoga što ne pripada mazivom ulju, bilo da je porijekla izvan ulja ili produkt termičko-oksidacijskog starenja ulja. Produkt koji je sigurno stran u ulju je voda, koja može biti prisutna zbog više razloga. Aditivi disperzanti u ulju ne dozvoljavaju izdvajanje vode, što se objašnjava posebnim mehanizmom nazvanim micelarna otopivost. Ovim mehanizmom djelovanja objašnjava se mogućnost čestica da na sebe prime dio uljnog topivog aditiva, i zbog topivosti aditiva u ulju, dobivaju određenu elastičnost i mogućnost kretanja.

2.7. ADITIVI PROTIV KOROZIJE I HRĐE

Korozija nastaje kada kisik ili druge agresivne supstance i vlaga zajednički djeluju na metalne površine. Cilj korozijske zaštite je spriječiti pristup ovih supstanci metalnoj površini. Što se tiče zaštite motora i strojne opreme, treba razlikovati zaštitu od hrđe i korozije uzrokovanu vanjskim utjecajem, kao što su skladištenje u vlažnoj atmosferi ili prilikom transporta morem, i zaštitu od produkata nastalih u motoru, u prvom redu kiselih produkata oksidacije i izgaranja, spojeva klora i broma iz olovnog benzina, itd.

Kao aditivi protiv hrđe definiraju se spojevi koji su u stanju, sami ili otopljeni u ulju, zaštititi neku izloženu površinu od tri faktora neophodna za uvjetovanje površinskih promjena. Ta tri faktora su: voda, prisustvo kisika i vremenski interval neophodan za izazivanje korozijskih procesa.

Kao antikorozijski aditivi definiraju se svi oni spojevi koji su u stanju zaštititi metalne površine od kemijskog djelovanja, općenito kiselog, bez prisustva vode. Mnogi od ovih spojeva mogu se upotrijebiti kao višenamjenski aditivi, jer pored svojstva protiv korozije i hrđe posjeduju i svojstva protiv trošenja i oksidacije.

Doprinos inhibiciji korozije mogu dati proizvodi, koji nisu klasificirani kao aditivi protiv korozije, ali su u stanju djelovati na uvjete ambijenta i to neutralizacijom kiselina, sprječavajući tako njihovo agresivno djelovanje na metale. Postoji velika kvantitativna razlika u pogedu primjene ovih aditiva. Tako se npr. za turbinska i hidraulička ulja, upotrebljava 0,03% do 0,05% mase, , prema [3], dok se u formulacijama ulja za zaštitu oružja upotrebljava i do 50% mase ovih aditiva, prema [3].

Praktična iskustva govore da su dobri aditivi protiv hrđe u mnogim slučajevima i dobri antikorozivni aditivi, dok je obrnuto dosta rijedak slučaj

2.7.1. KEMIJSKI SASTAV ADITIVA PROTIV HRĐE I KOROZIJE

Čitav niz različitih spojeva upotrebljavaju se danas kao aditivi za zaštitu od korozije i hrđe. Neki od najčešće korištenih spojeva su, prema [3]:

- sulfonske kiseline i sumporni spojevi
- derivati fosforne kiseline, dušični spojevi
- amidi masnih kiselina
- derivati karboksilnih kiselina
- metalni pasivatori

2.7.2. MEHANIZAM DJELOVANJA ADITIVA PROTIV KOROZIJE I HRĐE

Zajedničko svojstvo ovih aditiva je prianjanje na metalne površine i formiranje zaštitnog sloja između površine koja se štiti i agresivnih spojeva. Ako se na dobro očišćenu površinu, prekrivenu slojem ugljikovodika visoke točke vrelišta, koji ne sadrže polarne produkte, kapne jedna kap vode, može se ustanoviti da voda uspijeva odmaknuti ugljikovodik i doći u dodir s metalnom površinom. Utjecaj faktora vremena dovodi do pojave koja se naziva hrđom. Međutim, ako je metalna površina najprije natopljena vodom, do nje neće prodrijeti ugljikovodici, ako u njima nisu otopljene u dovoljnim količinama supstance s polarnim svojstvima.

Problem zaštite metalnih površina od hrđe nije samo pitanje prioriteta prisustva ulja ili vode na tom mjestu, već i kvalitativno-kvantitativnog sastava ulja koje je sposobno suprotstaviti se kontaktu voda-metal.

Fizički i kemijski procesi u vezi prianjanja na metalne površine (adsorpcija i kemisorpcija) kod ovih aditiva su od primarne važnosti. Temperatura je također posebno važan faktor, jer djeluje dvostruko, tj. može smanjiti kompaktnost zaštitnog filma, kao i povećati brzinu same korozije uvjetovane vanjskim faktorima: kisikom, vlagom i produktima starenja bilo maziva bilo aditiva. Treba naglasiti da neki aditivi protiv korozije, koji su dosta djelotvorni kod niske temperature, kod povišene temperature se mogu raspasti i doprinijeti korozijskim pojavama različite vrste.

Treba razlikovati inhibitore s fizikalnim djelovanjem od onih s kemijskim djelovanjem. Fizikalni inhibitori su molekule s dugim alkilnim lancima i s polarnim grupama, koji se adsorbiraju na metalne površine tvoreći gusti sloj otporan na vodu. Kemijski inhibitori

reagiraju s metalom i formiraju zaštitne slojeve koji mijenjaju elektrokemijski potencijal. Tu spadaju masne kiseline koje su djelotvorne samo u prisustvu vode ili drugih polarnih spojeva. Korozijski inhibitori koji djeluju u parnoj fazi dobivaju sve veći značaj. Mehanizam njihovog djelovanja sastoji se u tome, što se moraju dozirati s takvom napetošću para, da mogu sublimirati ili ispariti na radnim temperaturama ili temperaturama okoliša i tako dostići one zone koje ne mogu doći u kontakt s uljem.

Njihov mehanizam prianjanja i zaštite suštinski se ne razlikuje od prethodno razmotrenih klasičnih inhibitora. Ovi aditivi mogu se upotrebljavati u turbinskim uljima, u uljima za ispiranje, za zaštitu onih metalnih dijelova do kojih mazivo koje cirkulira ne može doći.

2.8. ADITIVI EMULGATORI

Emulgatori su najvažnije komponente kod proizvodnje vodenih emulzija, koje se upotrebljavaju za operacije obrade metala i kaljenje, kao i zaštitu od korozije. Emulzije se u osnovi sastoje od tri komponenete: ulja, vode i emulgatora. Smatra se da je emulzija specijalan način otopine neke supstance, koja je inače netopiva u toj sredini. Zbog velikih površinskih napetosti na graničnim slojevima ulje i voda se ne miješaju. Zadaća je emulgatora da smanji napetost površine, a da istodobno utječe na regulaciju podmazivanja metalne površine. Isto tako, mogu se održati recipročno stabilni odnosi ulja i vode u novoj tekućini, postižući određeno podmazivanjekoje je potrebno u operacijama obrade metala.

Dvije vrste emulzije razlikuju se utoliko, što je emulzija ulje u vodi (U/V) općenito više manje mliječna i provodi električnu struju, dok emulzija tipa voda u ulju (V/U) ima izgled normalnog mineralnog ulja, tj. bistra je kao ulje i loš je vodič struje.

Jedan drugi aspekt, koji karakterizira različite emulgatore, je postignuta stabilnost emulzije. Općenito se može reći, da će emulzija biti stabilnija, ukoliko su kapljice ulja što manjih dimenzija raspršene u vodi. Veličina kapljica, osim na stabilnost, ima utjecaj na bolju obradu metalne površine i na veću trajnost alata. Zbog toga danas postoje sistemi i aparature pomoću kojih se može mjeriti veličinakapljica ulja prisutnih u emulziji.

U koncentracije emulzija ponekad se dodaju spojevi koji pospješuju topivost nekih komponenata u ulju i povećavaju brzinu emulgiranja. Najčešće su to neki alkoholi ili glikoli, koji se nazivaju stabilizatori.

2.9. ADITIVI PROTIV PJENJENJA

Pjena u mazivim uljima može uzrokovati prekid podmazivanja, povećanu potrošnju i veću brzinu oksidacije maziva. Što se tiče odnosa između pjene i emulzije, često se za vrijeme nastajanja pjene istovremeno pojavljuje i emulzija,kao analogni mehanizam reakcija.

Pojava pjene je dosta kompleksan fenomen, pa nisu mogući zaključci općeg karaktera. Jedan tipičan slučaj navedenog problema , koji se pojavljuje na području mineralnih ulja, i za

koji se ne može naći pravo objašnjenje, npr. je slučaj dvaju ulja, koji zasebno ne pokazuju nikakvu pojavu pjene, ali kada se pomiješaju dolazi do pjenjenja i to ponekad dosta jakog. Na području maziva najviše se koriste aditivi protiv pjenjenja, koji potječu od četiri kemijska sastava: poliglikoli, poliakrilati, soli kvarterne amonijeve baze i organski polisilaksani.

Aditiv protiv pjenjenja za mineralna ulja i oni potpuno netopivi ili djelomično topivi, predstavljaju isti problem, koji se odražava i na laboratorijske probe. Njihova djelotvornost je ovisna o stupnju disperzije koju aditiv ima u ulju. Ista količina aditiva u istom ulju, može dati dosta različite rezltate, ovisno o načinu na koji se vrši disperzija aditiva.

Aditivi protiv pjenjenja na bazi organskih polisilaksana nazivaju se obično silikoni. Tekući silikoni su najdjelotvorniji u koncentraciji od 0,0001 do najviše 0,001%, prema [3]. Oni moraju biti netopivi u ulju, fino dispergirani zbog stabilnosti i moraju imati nižu napetost površine ulja.

Da bi se postigle stabilne silikonske disperzije u bezvodnom mediju, veličina kapljica aditiva ne smije biti iznad 10 μm. Ovo se postiže intenzivnim mješanjem i zagrijavanjem, a silikoni se dodaju otopljeni u aromatskom otapalu niske točke ključanja.

Kod čistog mineralnog ulja stabilnost pjene je ovisna o viskoznosti i napetosti površine. Brzina, na kojoj počinju djelovati mjehurići, direktno je proporcionalna kvadratu njohovog promjera a obrnuto proporcionalna viskoznosti ulja. Povećanje temperature smanjuje stabilnost pjene. Nisko viskozna ulja stvaraju pjenu koja se sastoji od širokih mjehurića koji brzo nestaju, dok ulja visoke viskoznosti stvaraju fino dispergirane male zračne mjehuriće, koji prave stabilne pjene.

Površinska napetost čistih mineralnih ulja zavisi o stupnju rafinacije. Međutim, kod visoko legiranih ulja postoji veliki utjecaj površinski aktivnih supstanci, kao što su detergenti, korozijski inhibitori, aditivi protiv trošenja itd. Svi ti aditivi značajno povećavaju sklonost ulja stvaranju pjene. Stvaranje površinske pjene mora se razlikovati od tzv. unutarnje pjene, koja nastaje upijanjem zraka, kada se pojedinačni zračni mjehurići ne odvajaju iz ulja ili se odvajaju vrlo sporo.

2.10. OSTALI ADITIVI

Osim opisanih aditiva postoje i drugi manje poznati, koji se upotrebaljvaju u manjim količinama za različite namjene. Između njih poznati su deemulgatori. Maziva ulja u kontaktu s vodom stvaraju relativno stabilne emulzije, voda u ulju, koje u mnogim slučajevima treba razbiti. Sve površinski aktivne supstance mogu se, u principu, dodati mineralnom ulju za navedene namjene, u vrlo malim koncentracijama.

Aditivi protiv kapanja općenito su polimeri topivi u ulju, koji se upotrebljavaju kao poboljšivači indeksa viskoznosti, ali imaju naročito visoku molekulsku masu. Ovi aditivi se upotrebljavaju u uljima za podmazivanje uljnom maglom.

Baktericidi se upotrebljavaju u vodenim emulzijama tekućina za obradu metala. S vremenom se u emulzijama razvijajunovi tipovi bakterija, prema kojima upotrebljeni baktericidi mogu biti nedjelotvorni, pa se moraju upotrijebiti drugi tipovi.

Aditivi pokrivači mirisa su kemijski spojevi različitog sastava, koji su topivi u ulju, amoge pokriti neugodan miris mineralnog ulja ili produkta degradacije. Dodaju se u malim količinama, oko 0,01% mase, prema [3].

Aditivi za bojenje su većinom odgovarajuće boje topive u uljima, kojima se želi obojiti neko ulje zbog lakšeg raspoznavanja (npr. ulja za automatske mjenjače, tekućine za hidrauličke kočnice, neka hidraulička ulja i dr.)

3. KLASIFIKACIJA MOTORNIH ULJA

Kod svake primjene mazivih ulja nekoliko značajnijih karakteristika dolazi do izražaja: mazivost, viskoznost, otpornost prema temperaturi, vlagi, prašini i dr. Teško je sve ove osobine opisati, a posebno egzaktno mjeriti. Zbog toga uz komercijalna maziva, kao i maziva posebne namjene, treba pridružiti određene oznake koje maziva svrstavaju u posebne grupe. Te grupe ili klasifikacije omogućuju ili barem olakšavaju pravilnu primjenu i upotrebu maziva. Premda se danas teži internacionalizaciji oznaka, međunarodnoj standardizaciji, još će niz godina u primjeni ostati razne klasifikacije, nacionalne (kao SAE), vojne (MIL) ili tvorničke (Catepillar) i dr.

3.1. KLASIFIKACIJA PREMA VISKOZNOSTI- SAE KLASIFIKACIJA

SAE-klasifikacija motornih ulja prema viskoznosti predstavlja najraširenij sustav klasifikacije maziva u automobilskoj industriji i prometu. Sustav je osnovalo udruženje inženjera ″Society of Automotive Engineering″, SAD.

Prema klasifikaciji SAE motorna maziva ulja dijele se u dvije skupine, prema [1]:

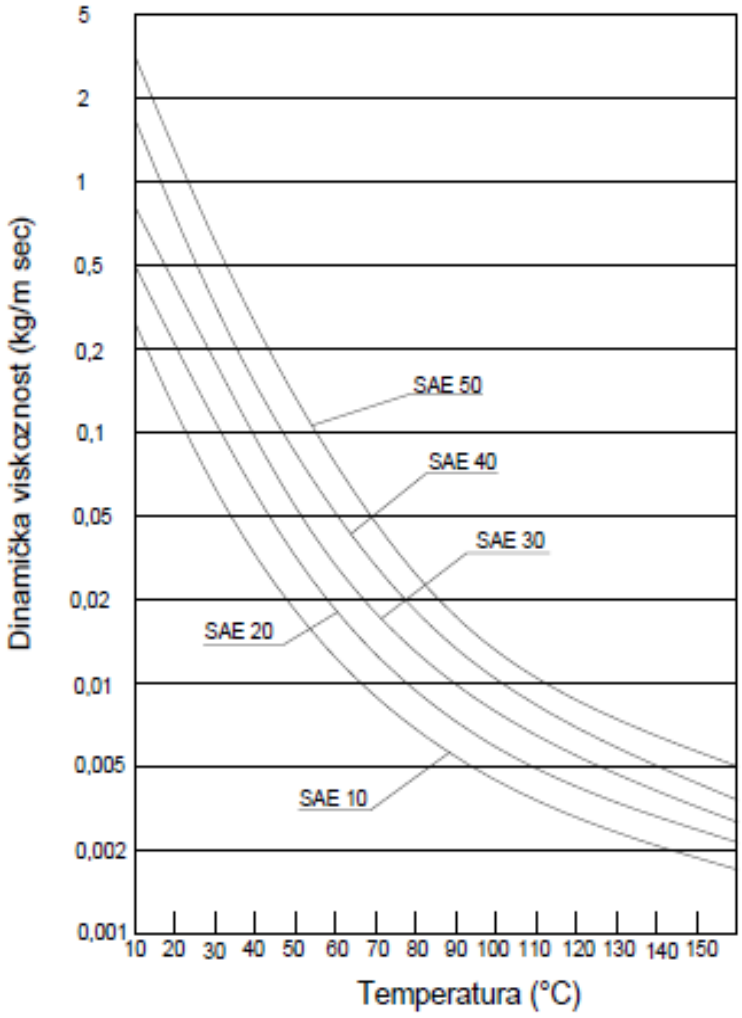
- monogradna-sezonska, moraju se mijenjati prema godišnjim dobima-zima/ljeto
- multigradna-koriste se tijekom cijele godine

3.1.1. ZIMSKA ULJA

Zimska ulja s oznakom W. Propisana je maksimalna viskoznost kod niskih temperatura i minimalna viskoznost kod 100°C. Namjenjena su korištenju pri niskim temperaturama.

3.1.2. LJETNA ULJA

Propisana je minimalna i maksimalna viskoznost kod 100°C. Namjenjena su korištenju kod visokih vanjskih temperatura.

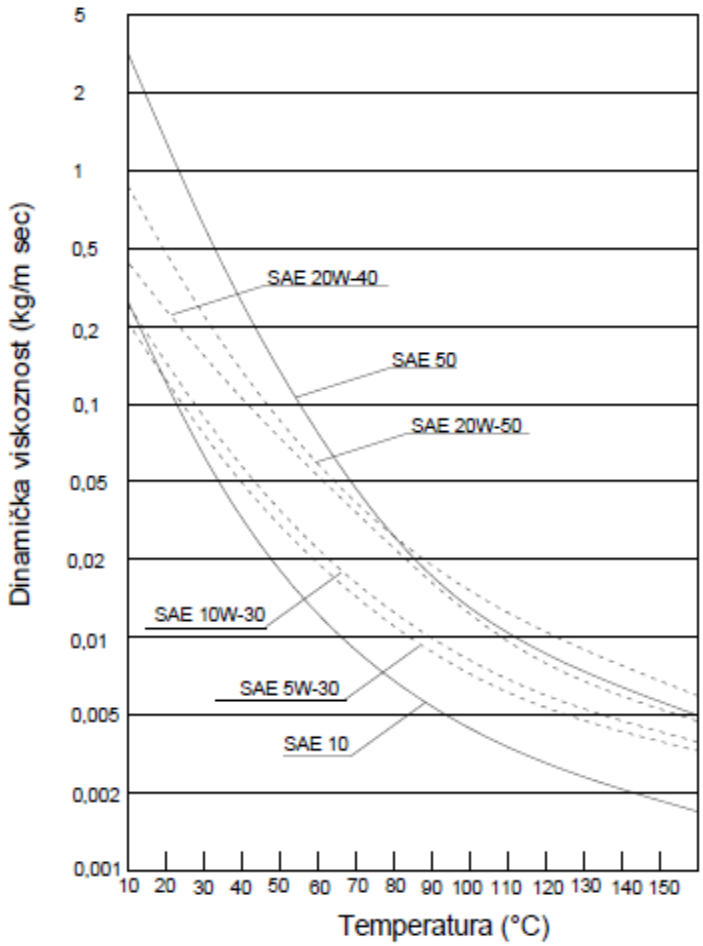


Slika 2. Dinamička viskoznost kao funkcija temperature za monogradna motorna ulja, prema [4]

3.1.3. MULTIGRADNA ULJA

Ulja čija viskoznost kod niskih temperatura udovoljava propisima za zimska ulja (W), a kod 100°C zahtjevima za ljetna (bez W). Multigradna ulja se koriste u podnebljima gdje su karakteristike klime takve da je neophodna uporeba zimskih i ljetnih ulja. Na ovaj način nije potreban promjena ulja u jesen ili proljeće.

Kada se određeni polimeri dodaju u ulja ovisnost viskoznosti o temperaturi pada. Ova ulja imaju malu viskoznost na niskim temperaturama a visoku viskoznost pri visokim temperaturama. To je jako važno prilikom hladnog starta motora. Kada su motor i ulje hladni, viskoznost mora biti dovoljno niska kako bi se motor lagano pokrenuo. Ulje teče s manje otpora i adekvatno podmazivanje je osigurano. Ali s druge strane poželjno je da imamo visoku viskoznost kada temperature u motoru porastu jer ulje sa niskim viskoznim broje ne bi osiguralo adekvatno podmazivanje.



Slika 3. Dinamička viskoznost kao funkcija temperature za multigradna motorna ulja, prema [4]

Prema navedenoj klasifikaciji definiraju se dvije kategorije viskoznosti motornih ulja:

1. gradacije označene slovom W definirane su:

   - maksimalnom dinamičkom viskoznošću na niskim temperaturama. Viskoznost se određuje prema proceduri ASTM D 2602 pri određenoj temperaturi test metodom za rividnu viskoznost motornih ulja na niskim temperaturama, koristeće uređaj Cold Cranking Simulator (CCS)
   - najvećom graničnom temperaturom pumpabilnosti (ASTM D 3829) koja govori o sposobnosti dobavljanja ulja do uljne pumpe i uspostavljanju odogvarajućeg tlaka motornog ulja u početnoj fazi rada motora, tj. u hladnom startu motora pri niskim temperaturama kad treba zadovoljiti zahtjeve za viskoznošću
   - minimalnom kinematičko m viskoznošću u mm^2/s na 100°C koja se mjeri prema ASTM D 445

Gradacije koje ne sadrže slovo W definirane su određivanjem kinematičke viskoznosti u mm^2/s na 100°C koji se određuje prema normi ASTM D 445. Kako je svaka W gradacija definirana maksimalnom dinamičkom viskoznošću pri niskim temperaturama i najvećom graničnom temperaturom pumpabilnosti, postoji mogućnost da neko ulje zadovolji zahtjevima više od jedne W gradacije, pa se onda označava najnižom gradacijom. Isto tako, ulje može odgovarati i gradaciji bez slova W, npr. SAE 40, te je takvo ulje multigradno s oznakom npr. 5W-40.

Tablica 1. Klasifikacija motornih ulja prema viskoznosti SAE J300 (1999. god.), prema [1]

	Viskoznost				
Gradacija viskoznosti SAE	Niska temp. ASTM D 2602		100 °C ASTM D 445		Gr.temp. pumpabilnosti ASTMD 3829
	mPas	na °C	mm^2/s		°C najviše
			najmanje	najviše	
0 W	6200	-35	3,8	-	-40
5 W	6600	-30	3,8	-	-35
10 W	7000	-25	4,1	-	-30
15 W	7000	-20	5,6	-	-25
20 W	9500	-15	5,6	-	-20
25 W	13 000	-10	9,3	-	-15
20	-	-	5,6	9,3	-
30	-	-	9,3	12,5	-
40	-	-	12,5	16,3	-
50	-	-	16,3	21,9	-
60	-	-	21,9	26,1	-

3.2. KLASIFIKACIJA PREMA RADNIM KARAKTERISTIKAMA-API

Stalno poboljšanje radnih karakteristika ulja za motorna vozila uvjetovalo je uvođenje podjele na kategorije za Otto i dizelske motore. Prvu takvu klasifikaciju napravio je API (American Institute Engine Service Clasification System). Ova klasifikacija prema radnim karakteristikama priznataje 1972.g u Europi. Klase prema uvjetima u eksploataciji: NAJBLAŽI (ulja sa minimumom zaštite od stvaranja depozita, trošenja (zaribavanja) i korozije) i NAJOŠTRIJI (ulja za najoštrije uvjete rada, sa najvećom zaštitom motora).

- Ottovi motori- najoštriji uvjeti rada: kratke vožnje, start-stop service (režim gradske vožnje), vožnja kod visokih temperatura, konstantno visoka brzina, vuča prikolice kod visokih temperatura
- Dizelski motori- najoštriji uvjeti rada:visoki radni tlakovi i prednabijanje, gorivo s puno sumpora
- Dvotaktni motori- uvjeti rada ovise o postotku ulja u mješavini, uz ostalo kao i kod Otto motora

Sustav klasifikacije po slovima, S (Service/Spark) za Otto motore, C (Comercial/Compression) za diesel motore, T za dvotaktne motore.

Tablica 2. Klasifikacija ulja za četverotaktne Ottove motore prema API – u, prema [1]

Četverotaktni Ottovi motori, S - kategorija	Režim rada motora, uvjeti primjene i kvaliteta ulja
SA	Čista mineralna ulja, bez aditiva, stariji motori koji rade u blagim vrlo uvjetima.
SB	Stariji motori koji rade pod min. opterećenjem, min. količine aditiva protiv korozije, habanja i oksidacije.
SC	Za motore proizvedene između 1964. i 1967. god. – ulja sadrže aditive protiv korozije, habanja i stvaranja taloga.
SD	Za motore proizvedene između 1968. i 1970. god. – aditivi isti kao u kategoriji SC, ali s većim učinom za teže uvjete rada.
SE	Za motore proizvedene između 1972. i 1979. god. – bolja oksidacijska stabilnost, zaštita od stvaranja taloga pri visokim temperaturama, zaštita od korozije u odnosu na kategorije SC i SD.
SF	Za motore proizvedene između 1980. i 1989. god. – poboljšana oksidacijska stabilnost i zaštita od trošenja. Moguće kao zamjena za ulja kategorija SC, SD i SE.
SG	Za motore proizvedene između 1989. i 1993. god. – ova kategorija zadovoljava i API CC, API CD. Koristi se gdje se zahtijevaju kategorije SF, SF/CC, SE ili SE/CC.
SH	Za motore proizvedene između 1993. i 1997. god. – u odnosu na kategoriju SG, posjeduju bolju filtrabilnost i manju sklonost pjenjenju.
SJ	Za motore proizvedene između 1997. i 2001. god. – za osobna i sportska vozila, te lagana gospodarska vozila. Moguća primjena umjesto ulja SH kategorije.
SL	Za motore proizvedene poslije 2001. god. – u odnosu na ulja SJ kategorije, posjeduju manju sposobnost stvaranja visokotemperaturnih taloga i manju potrošnju.
SM	Za motore proizvedene od 2004. do 2010.godine
SN	Za motore proizvedene do 2011.godine

Tablica 3. Klasifikacija ulja za dvotaktne i četverotaktne Dieselove motore prema [1]

Dieselovi motori, C - kategorija	Režim rada motora, uvjeti primjene i kvaliteta ulja
CA, CB, CC	Zastarjeli servisi za Dieselove motore, od blagih do teških uvjeta rada, zaštita od korozije i stvaranje taloga na niskim i visokim temp.
CD	Dieselovi motori koji rade s normalnim punjenjem i turbo-pretpunjenjem u lakim i srednjim uvjetima rada, a troše gorivo sa sadržajem sumpora > 0,5 %. Zaštita od korozije, trošenja i stvaranja taloga na visokim temperaturama.
CD - II	Dvotaktni Dieselovi motori s normalnim ili turbo – pretpunjenjem. Zaštita od trošenja i stvaranja taloga. Ulja su uvedena 1987. god.
CE	Dieselovi motori za koje se traže kategorije CD uz dodatni zahtjev drugih specifikacija. Osiguravaju manju potrošnju od kategorije CD i reduciraju stvaranje naslaga na klipu.
CF – 4	Četverotaktni brzohodni Dieselovi motori s i bez pretpunjenja proizvedeni nakon 1990. god. U odnosu na kategoriju CE, ova ulja pružaju veću zaštitu od stvaranja taloga i manju potrošnju ulja.
CG – 4	Ulje za jako opterećene turbodieselove 4T motore proizvedene nakon 1995. god. koji rade u uvjetima visokih brzina i uz oštrije uvjete u emisiji ispušnih plinova.
CH – 4	Ulje za jako opterećene visokoturažne turbodieselove motore proizvedene nakon 1998. godine.
CI – 4	Ulja za jako opterećene turbodieselove motore proizvedene nakon 2002. godine koji imaju ugrađen EGR sustav i oštrije zahtjeve za smanjenjem ispušnih plinova.
CJ-4	Ulja za jako opterećene turbodizelske motore proizvedene od 2010. godine

Tablica 4. Klasifikacija ulja za dvotaktne Ottove motore prema API – u, prema [1]

Dvotaktni Ottovi motori, T - kategorija	Područje primjene
TA	Mopedi, mali električni generatori, pumpe i ostali zrakom hlađeni motori do 50 cm^3.
TB	Skuteri, manji motori do 250 cm^3, ručne pile, izvanbrodski, zrakom hlađeni motori.
TC	Motorne pile, motori za vožnju po snijegu, motori iznad 250 cm^3.
TD	Izvanbrodski vodom hlađeni motori.

3.3. ACEA KLASIFIKACIJA

ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) predstavlja udruženje europskih konstruktora vozila, koje je 1991. godine naslijedilo prijašnji CCMC (Comité des Constructeurs d'Automobiles du Marché Commun) i preuzelo CCMC-ove specifikacije. Prve ACEA specifikacije za motorna ulja izdane su krajem 1995. godine pod oznakom ACEA European Oil Sequences 1996.

Specifikacije definiraju minimalne kvalitetne razine motornih ulja za servisno punjenje Ottovih motora, lako opterećenih Dieselovih motora (osobna vozila) i teško opterećenih Dieselovih motora (gospodarstvena vozila). ACEA specifikacije zahtijevaju da su svi rezultati motornih ispitivanja primjenskih karakteristika ulja dobiveni u skladu sa sustavom osiguranja kvalitete europskih motornih ulja – EELQMS (European Engine Lubricants Quality Management System).

Označavanje kvalitetnih razina motornih ulja je sljedeće: Svaka klasa je označena slovom (A, B, C ili E) i podijeljena u više kategorija koje su označene brojkom (1,2,3...). U dodatku se nalazi dvoznamenkasti broj, koji označava godinu uvođenja kvalitetne razine. U oznaku može biti uključen i broj izdanja, ako su zahtjevi ažurirani ali bez promjena u oštrini testova.

Tablica 5. Motorna ulja za Otto motore, prema [1]:

OZNAKA	PRIMJENA
A1/B1	Za četverotaktne Ottove motore i četverotaktne Dieselove motore manjih snaga. Ulja niske viskoznosti, otporna na visoke temperature
A3/B3	Za četverotaktne Ottove i Dieselove motore velikih performansi. Ulja niske viskoznosti za koje su intervali izmjene oko godinu dana ili drugačije kako je propisao proizvođača motora. Za teže uvjete rada intervali izmjene su točno propisani od strane proizvođača motora
A3/B4	Za četverotaktne Ottove motore velikih performansi i Dieselove četverotaktne motore s direktnim ubrizgavanjem goriva
A5/B5	Za snažne automobile i laka dostavna vozila s četverotaktnim Ottovim ili Dieselovim motorom.

Tablica 6. Motorna ulja za lako opterećene dizelske motore, prema [1]:

OZNAKA	PRIMJENA
B1	Ulje namijenjeno za uporabu u dizelskim motorima osobnih automobila i lakih dostavnih vozila, kod kojih je konstrukcijski omogućena uporaba ulja niske viskoznosti koja štede gorivo i čija se HTHS viskoznost kreće između 2.9 i 3.5 mPa s. Ovo ulje može biti neprikladno za uporabu u nekim automobilima.
B2	Ulje namijenjeno za uporabu u većini dizelskih motora osobnih automobila i lakih dostavnih vozila s normalnim razdobljem zamjene ulja, premda može biti neprikladno za upotrebu u nekim visokoučinskim motorima
B3	Ulje visoke smične stabilnosti namijenjeno za uporabu u visokoučinskim dizelovim motorima osobnih automobila i lakih dostavnih vozila, kao i za produžena razdoblja promjene ulja, odnosno za teže uvjete eksploatacije prema preporukama proizvođača.
B4	Ulje namijenjeno prvenstveno za uporabu u dizelovim motorima osobnih automobila i lakih dostavnih vozila s direktnim ubrizgavanjem goriva

Tablica 7. Motorna ulja za teško opterećene dizelske motore, prema [1]:

OZNAKA	PRIMJENA
E2	Ulje namijenjeno za uporabu u teško opterećenim dizelovim motorima s normalnim punjenjem odnosno blagim pretpunjenjem, te s normalnim radobljem promjene ulja.
E3	Ulje namijenjeno za uporabu u dizelskim motorima, koji zadovoljavaju Euro 1 i Euro 2 normu i rade pod teškim uvjetima eksploatacije, te za produžena razdoblja izmejen ulja.
E4	Ulje visoke smične stabilnosti namijenjeno za uporabu u visokoučinskim dizelovim motorima koji zadovoljavaju Euro 1, Euro 2 i Euro 3 norme i rade pod teđkim uvjetima eksploatacije. Ovo ulje osigurava bolju čistoću klipa, smanjuje poliranje cilindra, trošenje dijelova motora i stvaranje čađe, te ima bolju oksidacijsku i termičku stabilnost.
E5	Ulje visoke smične stabilnosti namijenjeno za uporabu u visokoučinskim dizelovim motorima koji zadovoljavaju Euro 1, Euro 2 i Euro 3 norme i rade pod teđkim uvjetima eksploatacije. Ovo ulje osigurava, u odnosu na E3 kategoriju, bolju čistoću klipa, smanjuje poliranje cilindra, trošenje dijelova motora i stvaranje čađe, te ima bolju oksidacijsku i termičku stabilnost.

4. ULJA ZA DVOTAKTNE MOTORE

Povijesno,dvotaktni je motor bio dominantna sila u svijetu motocklizma i prenosivih strojeva zbog svog visokog omjera snage i mase, jednostavnosti konstrukcije i niske cijene u usporedbi sa četverotaktnim motorima iste veličine. Prema svojoj konstrukciji, dvotaktni motori imaju drugačije potrebe za podmazivanjem od četverotaktnih motora. Dvotaktni se motori pouzdaju u podmazivanje „gubljenjem ulja“ gdje se mazivo kontinuirano dostavlja u motor te izgara ili se „gubi“ i ponovno puni svakim ciklusom. Mazivo može biti već u gotovoj smjesti sa gorivom ili se ubrizgava pomoću male dostavne pumpe u motor u ovisnosti o položaju gasa. Dvotaktna maziva moraju zadovoljiti mnogobrojne zahtjeve da bi se mogla primjenjivati u dvotaktnim motorima, prema [5]:

- održavati klipove i karike bez taloga
- spriječiti prljanje svjećice
- spriječiti zaštopavanje ispušnog kanala i prigušivača
- spriječiti zaribavanje sklopa klip/cilindar
- smanjiti vidljive ispušne plinove
- spriječiti stvaranje nakupina u kućištu koljenastog vratila
- smanjiti rizik od detonacije/samozapaljenja

4.1. SPECIFIKACIJE DVOTAKTNIH MAZIVA

Postoje razni standardi za dvotaktna maziva ali u ovom poglavlju ćemo uzeti u obzir jedan od najdominantnijih i najopsežnijih standarda, JASO M345 (Japanese Automotive Standards Organisation). JASO sustav rangira maziva prema njihovim svojstvima i prednostima u odnosu na visoko (JATRE 1) i nisko (JATRE 3) referentna maziva. Što je veći indeks za svaki parametar u tablici 8. to je učinak maziva bolji, gdje visoko referentno mazivo drži indeks 100 u svakome testu. Parametri koji se testiraju su, prema [5]:

- dimljenje(vidljivi ispušni plinovi)
- detergencija(čistoća klipa i lijepljenje prstenova)
- zaštopavanje ispušnog sustava(ograničavanje ispuha koje vodi ka gubitku snage)
- mazivost(otpornost klipa zaribavanju)

Tablica 8. Klasifikacija ulja prema JASO standardu, prema [5]

Parametar	Oznaka	JASO FA	JASO FB	JASO FC	JASO FD
Dim	»SIX«	40	45	85	85
Učinkovitost disperzenata	»BIX«	30	45	90	90
Stvaranje čađe	»LIX«	90	95	95	95
Mazivost	»DIX«	80	85	95	>125*

*Preuzeto iz J-SAE (Japanese Society Automotive Engineers)

4.1.1. SASTAV MAZIVA

U pogledu sastava, dvotaktna maziva sastavljena su od velikog broja ključnih komponenata, tablica 9, gdje svaka komponenta igra specifičnu ulogu ovisno o specifikacijama i svojstvima traženim od proizvođača vozila ili tržišta maziva, tablica 10.

Tablica 9. Sastav ulja za dvotaktne motore, prema [5]

Aditiv	Maseni udio	Funkcija
Detergent	Do 6%	Sprječavanje nakupljanja čađe na dijelovima motora
Ulje visoke viskoznosti	Do 10%	Klizavost, protiv trošenja
Otapalo	10 – 30%	Mješljivost, pumpabilnost
Poliizobutilen (PIB)	10 – 30%	Smanjenje uljne magle
Bazno ulje	Do 95%	Mazivost, protiv trošenja

Tablica 10. Uobičajeni sastav i relativni odnosi konstituenata ulja za dvotaktne motore, prema [5]

	JASO FA	JASO FB	JASO FC	JASO FD
Detergent	*	**	**	***
Ulje visoke viskoznosti	**	*	-	-
Otapalo	-	*	**	**
Poliizobutilen (PIB)	-	-	** *	***
Bazno ulje	**	**	*	*

1. Dodatci za performanse

Dvotaktna maziva ne sadrže konvencionalne dodatke protiv mehaničkog trošenja poput ZDDP-a. Glavni razlog tome je manjak visoko opterećenih površina kao što su bregasta vratila. Umjesto toga, sama viskoznost je glavno sredstvo protiv mehaničkog trošenja u dvotaktnim uljima, što uvelike ovisi o izboru baznog ulja u formulaciji. Za to kratko vrijeme koliko se mazivo nalazi u motoru, ono mora imati dovoljno viskoznosti kako bi spriječilo zaribavanje klipa. Iz tog razloga, JASO preporučuje da maziva za dvotaktne motore moraju uvijek imati viskoznost iznad 6.5cSt pri temperaturi od 100°C, prema [5]. Pošto mazivo izgara u svakom radnom ciklusu, dvotaktni motori su izrazito osjetljivi na pepeo. Maziva koja sadrže visoke količine pepela poput maziva za četverotaktne motore mogu dovesti do izraženog nakupljanja taloga na svjećici,u glavi cilindra i na kruni klipa što rezultira samozapaljenjem ili detonacijom te ubrzo i havarije klipa ili svjećice.

Tablica 11. Maseni udio pepela u ulju ovisno o namjeni, prema [5]

Namjena	Vanbrodski 2T motori	2T motocikli i mopedi	4T motocikli	4T automobili	4T kamioni
(%) pepela	u tragovima	< 0,25	< 1,2	< 1,2	< 2

Izbor i količina detergenata i disperzanata u dvotaktnim mazivima i njihov doprinos učinku pepela je vrlo kritičan kako bi se spriječile havarije za vrijeme korištenja zbog samozapaljenja. Ovo je naročito bitno kod rada pri niskim temperaturama i kod vanjskih primjena sa visokim opterećenjem gdje se najčešće koriste sustavi sa niskim sadržajem pepela ili sustavi bez pepela.

2. Otapala

Glavna uloga otapala u dvotaktnom sustavu je da pomogne mješanju ulja i goriva te da pomogne u pumpnosti kod sustava sa automatskim podmazivanjem. Kada se koristi kerozin, de-aromatizirana otapala sa temperaturom zapaljenja oko 80°C se uobičajeno koriste, prema [5].

3. PIB(Polyisobutylene)

Kada se mineralno bazno ulje zamijeni sa PIB u dvotaktnim mazivima, sagorijeva čisto što ima značajan utjecaj na vidljive ispušne plinove. Mogu se koristiti razne vrste PIB-a ali najčešće se koristi PIB sa molekularnom masom u granicama od 420-1250 Mw. Ako je molekularna masa previsoka može doći do problema sa detergentnosti i startnosti motora (zbog povećane ljepljivosti motora), a ako je preniska može doći do manjka podmazljivosti.

4. Bazna ulja

U većini slučajeva, dvotaktna ulja standardne kvalitete koriste mineralna bazna ulja. Sintetička bazna ulja, uključujući estere, mogu se koristiti u dvotaktnim motornim uljima visokih performansi, gdje je potrebna izuzetna čvrstoća uljnog filma kako ne bi došlo do zaribavanja klipa pri visokom opterećenju i temperaturi.Primjer su maziva za motorne pile i dvotaktne trkaće motore. U područjima uporabe gdje je ekologičnost bitna poput vožnje čamca, motorne sanjke i do neke mjere motorne pile razvila se potreba za biorazgradivim dvotaktnim mazivima te se na tržištu može naći biorazgradivih proizvoda koji koriste tehnologiju baziranu na esterima.

4.2. EMISIJE I BUDUĆNOST

Jedan od glavnih nedostataka dvotaktnog motora je visoka emisija ugljikovodika i CO zbog broja razloga, prema [5]:

- izgara mješavina ulja i goriva
- ugljikovodici iz ulja mogu proći izravno u ispuh
- neizgoreno gorivo može proći izravno u ispuh u trenutku kada su usisni i ispušni kanal otvoreni
- visoke razine ulja u mješavini, i do 3% maziva u gorivu
- nakupljanje maziva u kućištu koljenastog vratila tokom praznog hoda što daje visoke razine dima tokom ubrzanja

Pozitivne strane dvotaktnih motora su relativno niske razine NO_x spojeva što je rezultat prirodnog EGR-a koji nastaje zbog ispiranja cilindra te se dio ispušnih plinova vraća nazad u kućište tokom svakog usisnog takta.

Došlo je do mnogih tehnoloških napredaka koji su poboljšali dvotaktne motore sa gledišta emisija a uključuju, prema [5]:

- uvođenje maziva koja malo dime
- uvođenje sustava automatskog podmazivanja, koji daju u sustav minimalno ulja kako bi se spriječilo preveliko trošenje ulja u praznom hodu
- uvođenje ubrizgavanja goriva, koji omogućuje ubrizgavanje goriva u cilindar nakon što su se usisini i ispušni kanali zatvorili kako bi se spriječilo bježanje smjese u ispuh
- uvođenje oksidacijskog katalizatora za primjenu kod dvotaktnih motora

Iako se dvotaktni motor u pogledu emisija može još poboljšati, četverotaktni motor je postao dominantna pogonska jedinica motocikala. Dvotaktni motori se i dalje koriste za trkaće motore,<50ccm,skutere,vanbrodske motore i prenosive strojeve.

5. ULJA ZA ČETVEROTAKTNE MOTORE

5.1. ULJA ZA ČETVEROTAKTNE MOTOCIKLE

Sličnosti između maziva osobnih automobila i četverotaktnog motocikla su očita, ali postoje neke ključne konstukcijske razlike motocikla koje stvaraju dodatne potrebe koje mazivo mora zadovoljiti, prema [5]:

- rad pri visokim brzinama vrtnje(do 16000 okr/min)
- visoka specifična snaga (do 150kW/l)
- mali volumen spremnika ulja (kartera)
- integrirana mokra spojka i mjenjač brzina, uobičajeno na mnogim modernim motorima, podmazivana sa mazivom iz motora
- laka kontrukcija motora

5.1.1. KARAKTERISTIKE ČETVEROTAKTNIH MOTORNIH ULJA ZA MOTOCIKLE

Do sredine 90ih, nije postojao specifični standard za maziva četverotaktnih motocikala u najčešće korištenoj API specifikaciji za Otto motore. Današnji je trend prema mazivima ekonomičnih osobnih automobila, pomoću niskog indeksa viskoznosti i modifikacije trenja i njegov utjecaj na performanse motocikala dovelo je do razvitka JASO T903- specifikacija posvećena četverotaktnim motociklima koja je ažurirana 2006.

Standard uzima u obzir broj problema specifičnih za motocikle koji sežu dalje od standardnih specifikacija maziva za Otto motore, plus, prema [5]:

- performanse mokre spojke
- zaštita mjenjača
- fizikalna/kemijska ograničenja

Performanse mokre spojke mjere se ocjenjivanjem ponašanja trenja maziva u odnosu prema referentnim uljima sa visokim trenjem (JAFRE A) i niskim trenjem (JAFRE B) u JASO T904-98, kao prilagođeni SAE#2 test trenja za primjene kod motocikala. Test ocjenjuje tri glavna parametra spojke, prema [5]:

- statičko trenje, odnosi se na klizanje spojke
- dinamičko trenje, odnosi se hvatanje spojke
- vrijeme zaustavljanja, odnosi se na vrijeme sinkronizacije

Indeks performanse spojke se onda dodjeljuje ulju, koje se onda može klasificirati prema tablici 12. kao JASO MA, MA1, MA2 (visoko trenje,pogodno za primjenu u mokrim spojkama) ili JASO MB (nisko trenje, više pogodno za suhu spojku ili primjenu u skuterima).

Tablica 12. JASO T903 Specifikacija trenja spojke, prema [5]

		Visoko trenje			Nisko trenje
Parametar	Oznaka	JASO MA	JASO MA2	JASO MA1	JASO MB
Dinamički indeks trenja	DFI	1,45≤SFI ≤ 2,5	1,8≤SFI ≤ 2,5	1,45≤SFI ≤ 1,8	0,5≤SFI ≤ 1,45
Statički indeks trenja	SFI	1,15≤SFI ≤ 2,5	1,7≤SFI ≤ 2,5	1,15≤SFI ≤ 1,7	0,5≤SFI ≤ 1,15
Indeks vremena zaustavljanja	STI	1,55≤SFI ≤ 2,5	1,9≤SFI ≤ 2,5	1,55≤SFI ≤ 1,9	0,5≤SFI ≤ 1,55

Pošto motocikl ima integriran mjenjač često može doći do pojave viših smičnih naprezanja kod multigradnih ulja nego kad se koriste u osobnim automobilima, te se definiraju vrijednosti viskoznosti nakon što dođe do smičnog opterećenja koji pokrivaju taj problem dok se zadržava dovoljna viskoznost kako bi se osigurala zaštita mjenjača od trošenja pitingom ili zaribavanja.

U specifikaciji se nalaze dodatna fizikalno/kemijska ograničenja, prema [5]:

- minimalna API kvaliteta mora biti API SG
- minimalna viskoznost pri visokoj temperaturi i opterećenju od 2.9 cP za zaštitu ležajeva
- maksimalna razina pepela 1,2 %
- maksimalna razina pepela od 0,12% kako bi se osigurala trajnost katalizatora
- minimalna razina sumpora od 0,08% kako bi se osigurala zaštita mjenjača kod primjene ulja za osobna vozila sa niskim sadržajem fosfora

5.1.2. SASTAV MAZIVA I NJEGOV UTJECAJ NA RAD SPOJKE

Općenito, maziva za četverotaktne motocikle koriste iste aditive kao maziva za osobne automobile. Točan izbor i količine su različite kod maziva za četverotaktne motocikle zbograda na povećanim temperaturama, i važnije, kako bi se osigurao odgovarajući rad mokre spojke koja se podmazuje i hladi uljem iz motora. Svaka komponenta u ulju utječe na rad spojke. Utjecaj komponenata na rad spojke prikazan je u tablici 13. Niti jedan sustav nije jedinstven, no, sa različitim tarnim materijalima spojke, dobavom ulja i karakteristikama opruga u spojci također se utječe na rad svake spojke zasebno.

Tablica 13. Utjecaj konstituenata maziva na trenje spojke, prema [5]

Konstituent	Negativno	Neutralno	Pozitivno
Detergent			Ovisi o vrsti
Disperzant		Ovisi o vrsti	
ZDDP		Ovisi o vrsti	
Modifikator trenja	x		
Antioksidans		Ovisi o vrsti	
Modifikator viskoznosti	DMV	OCP vrsta	
Mineralno bazno ulje		x	
Sintetičko bazno ulje		Ovisi o vrsti i vikoznosti	
Aditivi protiv pjenjenja		x	
Aditivi za sniženje točke tečenja		x	
Boja		x	

DMV- disperzant modifikator viskoznosti
OCP-Olefin Copolimer

5.1.3. EMISIJE I BUDUĆNOST

Unapređenja koja vidimo kod Otto motora poput ubrizgavanja goriva, više ventila po cilindru, trokomponentni katalizatori postaju sve učestalji i kod motocikala sa visokim performansama koji teže ispunjavanju sve striktnije emisije. Ekonomična potrošnja, osobito na novim tržištima, također je jedan od ključnih pokretača primjene maziva sa manjim indeksom viskoznosti, 10W30, i njihovog prihvaćanja na tržištu modernih motora. Dodatno će i zahtjev za duljim intervalima promjene za motocikle staviti dodatan pritisak na razvoj maziva- pogotovo kod strojeva sa malim volumenom spremnika ulja,čak i do 0,7l, koji rade u uvjetima povišene radne tamperature. Iako će ulje za automobilske Otto motore i dalje utjecati na maziva za četverotaktne motocikle, ključne razlike u konstrukciji motocikla i potrebe za mazivom će stvoriti potrebu za specifičnim testiranjem maziva za motocikle kako bi se osigurala zaštita i performase motora za ovu primjenu.

5.2. SASTAV I ULOGE MOTORNIH ULJA OSOBNIH AUTOMOBILA

Sastav maziva osobnih ili lakih vozila obično je takav da je mazivo isključivo namjenjeno Otto motorima ili, u drugom slučaju, za kombiniranu primjenu u Otto i dizelskim potrošačima. Iako postoje neke sličnosti u potrebnim svojstvima maziva za Otto i dizelske osobne automobile, postoje i neke ključne razlike. Kod oba tipa motora, mazivo mora štititi motor od trošenja i oksidacije te neutralizirati štetne kiseline. Uz navedeno, viskoznost maziva je krucijalna kako bi osigurali hidrodinamičko podmazivanje u ležajevima i hidraulički tlak u ključnim komponentama kao što su hidraulički podizači ventila.

Glavne razlike između Otto i dizelskog motora su te da Otto motori trebaju zaštitu od nastanka mulja, gdje je kod dizela potrebna zaštita od taloga na klipu pri visokim temperaturama i disperzije čestica čađe koja se stvara prilikom izgaranja u dizelovom procesu. Dodatno, porast viskoznosti dizelskih maziva, koji je rezultat apsorpcije čađe, mora se kontrolirati. Moderno multigradno mazivo sadržavat će slijedeće komponente, prema [5]:

- Bazno ulje- može biti mineralno, sintetičko ili mješavina
- Aditive- sadrži disperzante, detergente, inhibitore oksidacije, sredstva za poboljšanje otpornosti trošenju, sredstva protiv pjenjenja, inhibitore korozije, te ostale dodatke za kompatibilnost sa elastomerima
- Sredstva za poboljšanje indeksa viskoznosti- polimeri dodani kako bi se smanjila ovisnost viskoznosti u ovisnosti o temperaturi

Količina dodataka ovisi o primjeni ulja, stupnju viskoznosti i zahtjevanim svojstvima u regiji. Glavne funkcije maziva i specifični aditivi koji se koriste kako bi se dobila tražena svojstva opisana su u slijedećem odjeljku

5.2.1. FORMULACIJA MAZIVA

Trokomponentni katalizatori se koriste u automobilima sa Otto motorima kako bi se kontrolirale emisije ugljikovodika, ugljičnog monoksida i dušikovih oksida. Trokomponentni katalizatori i filteri čestica se koriste u dizelskim vozilima kako bi se kontolirale emisije čađe,

ugljikovodika, ugljičnog monoksida i dušičnih oksida. Svi ti uređaji za obradu ispušnih plinova su osjetljivi na aditive u mazivu. Trokomponentni katalizator se trajno oštećuje sumporom i fosforom koji reagiraju sa i prodiru kroz metalnu zaštitu te tako poništavaju djelovanje katalizatora. Aditivi koji stvaraju pepeo kao ZDDP i detergenti fizički blokiraju filtar čestica, što s vremenom utječe na rad i performanse motora.

Zbog sve naprednijih komponenata motora, sustava za pročišćavanje i obrade ispušnih plinova zahtjevaju se promjene sastava maziva kako ono ne bi štetilo osjetljivim sustavima. Najnoviji zahtjevi proizvođača vozila zahtjevaju smanjene količine sumporastog pepela, fosfora i sumpora u mazivu, takozvana srednja (mid) i niska (low) SAPS ulja (S A P S – Sulphated Ash Phosphorus Sulphur). Iako te nove formulacije predstavljaju najnoviju tehnologiju i neophodna su za najnovija vozila, većina vozila na tržištu nisu potpuno nova i ne zahtijevaju najmodernije formulacije maziva.

Prvo ćemo razmatrati visoku (full/high) SAPS formulaciju tj. tipično ulje koje nije formulirano po najnovijim zahtjevima i nema toliko niske razine pepela, fosfora i sumpora kao što se traži za nova vozila.

U tablici 14. prikazani su tipični sastojci full SAPS maziva za dva različita tržišta, a tablica 15. prikazuje tipični sastav paketa aditiva. Svaka komponenta aditiva sadrži određeni dio ulja za otapanje koje se koristi za lakšu proizvodnju, manipulaciju i miješanje ulja.

Tablica 14. Sastav SAPS ulja dvaju proizvođača, prema [5]

	Europski proizvođač	Sjeverno američki proizvođač
Komponenta	maseni udio (%)	maseni udio (%)
Bazno ulje	78	85
Aditivi	12	8
Modifikator viskoznosti	10	7

Tablica 15. Vrste aditiva u uobičajenim uljima (ne »SAPS« ulja), njihove funkcije i maseni udjeli, prema [5]

Aditiv	Funkcija	Europski proizvođač (maseni udio %)	Sjeverno američki proizvođač (maseni udio %)
Disperzent	Dispergiranje oksidacijskih produkata	60	48
Detergent	Sprječavanje korozije, regulacija kiselina u ulju	25	28
ZDDP aditiv	Sprječavanje trošenja kliznih dijelova	10	14
Antioksidans	Kontroliranje oksidacije ulja	3	7
Ostali	Protiv pjenjenja ulja, sniženje stiništa, itd.	2	3

Low SAPS tehnologije se primarno uvode na tržišta koja imaju visoku populaciju dizelskih vozila i visoku kvalitetu dizelskog goriva. Pošto dizelski motori koriste uređaje za obradu ispušnih plinova, kao što je filtar čestica, koji su osjetljivi na metalni pepeo stvoren izgaranjem ulja tokom procesa izgaranja, stvorena je potreba za modernijom formulacijom koja sadrži manje pepela u svojim komponentama.

5.2.1.1. RAZLIKE IZMEĐU FULL,MID I LOW SAPS ULJA

Zabrana korištenja aditiva koji sadrže metale ostavila je posljedice na cijelu formulaciju maziva. Korištenje detergenata koji sadrže pepeo poput jako lužnatih sulfata kalcijevih i magnezijevih soli sada je jako ograničeno. Sa ograničenjima količine komponenata koje sadrže pepeo mora se uravnotežiti odnos između detergenata i ZDDP-a koji služi kao dodatak za poboljšanje otpornosti trošenju i također sadrži pepeo. ZDDP također ima značajnu ulogu na sadržaj fosfora i sumpora u mazivu. Ova ograničenja na formulaciju imaju jak utjecaj na performanse maziva, a sredstva koja se koriste da bi ih zamijenila najčešće su lošija i mogu stvarati dodatne probleme u performansama.

Primjeri najnovijih high, mid i low SAPS specifikacija Europskog i Američkog tržišta, te od proizvođača vozila vidi se u tablici 16.

Tablica 16. Koncentracije pepela, sumpora i fosfora u »SAPS« uljima, prema [5]

Klasifikacija	Specifikacija	Pepeo (%mase)	Fosfor (%mase)	Sumpor (%mase)
ACEA	A1/B1 - 04	≤ 1,3	*	*
ACEA	A3/B3 - 04	≤ 1,5	*	*
ACEA	A3/B4 - 04	≤ 1,6	*	*
ACEA	A5/B5 - 04	≤ 1,6	*	*
ACEA	C1 - 04	≤ 0,5	≤ 0,05	≤ 0,2
ACEA	C2 - 04	≤ 0,8	0,07 – 0,09	≤ 0,3
ACEA	C3 – 04	≤ 0,8	0,07 – 0,09	≤ 0,3
API	GF – 4	*	0,06 – 0,08	≤ 0,5
API	SM	*	0,06 – 0,08	≤ 0,5
BMW	LL - 04	0,63 – 0,8	≤ 0,08	≤ 0,2
Daimler	MB p229.31/51	≤ 0,8	≤ 0,08	≤ 0,4
Ford	WSS-M2C934-A	≤ 0,5	≤ 0,05	≤ 0,2
PSA	TBC	≤ 0,8	≤ 0,08	≤ 0,4

*- nema podatka u tablici

Smanjenje količine detergenata može se suplementirati dodavanjem bezpepelnih disperzanata kako bi se postigla potrebna čistoća klipa. No visoki utjecaj disperzanta na viskoznost znači da će trebati napraviti kompromis u ostatku formulacije. Disperzanti imaju loš utjecaj na potrošnju goriva i mogu dovesti do ograničenog izbora baznog ulja i modifikatora viskoznosti kako bi se postigla tražena viskometrična svojstva. Nadalje, visoka razina dušika koja čini disperzante učinkovitima može stvoriti probleme sa djelovanjem na elastomere.

Uporaba ZDDP-a kao sredstva protiv trošenja može se zamijeniti uporabom komponenata koje sadrže molibden ili bor koje su bolje u pogledu količine pepela, ali cijena im je veća. Te zamjene su također manje učinkovite kao antioksidanti od ZDDP-a.

Uporaba ZDDP-a kao antioksidansa može se zamijeniti bezpepelnim antioksidansima, kao što su fenoli i amini. Iako učinkoviti, skuplji su od ZDDP-a i također mogu pogoršati djelovanje na elastomere.

Kada se sve zbroji i oduzme, ove promjene u formulaciji također utječu i na cijenu formulacije. Na primjer, ZDDP se smatra najisplativijim antioksidansom i sredstvom protiv trošenja, te su sve alternative trenutno skuplje. Tablica 17. pokazuje sastav tipičnog low SAPS paketa aditiva.

Tablica 17. Vrste aditiva u SAPS uljima, proizvedenim od strane Europskih proizvođača, za Ottove i dizelske motore, njihove funkcije i maseni udjeli, prema [5]

Aditiv	Funkcija	Europski proizvođač (maseni udio %)
Disperzent	Dispergiranje oksidacijskih produkata	70
Detergent	Sprječavanje korozije, regulacija kiselina u ulju	15
ZDDP aditiv	Sprječavanje trošenja kliznih dijelova	5
Antioksidans	Kontroliranje oksidacije ulja	8
Ostali	Protiv pjenjenja ulja, sniženje stiništa, itd.	2

5.2.2. PRIMJERI RAZLIČITIH SPECIFIKACIJA ULJA OSOBNIH AUTOMOBILA

Za usporedbu različitih specifikacija motornih ulja uzet ćemo u obzir specifikacije prema ACEA-i. Specifikacije sa oznakom A i B predsavljaju full SAPS maziva, a oznaka C (Compatible) predstavlja mid i low SAPS maziva koja imaju kompatibilnost sa naprednim sustavima za obradu ispušnih plinova.

5.2.2.1. ACEA A1/B1-10

Ulja ove specifikacije namijenjena su korištenju u Otto i lakim dizelskim motorima u kojima se koriste ulja male viskoznosti. Najčešće se koriste u starijim vozilima zbog toga što ne pružaju minimalne performanse koje zahtjevaju određeni proizvođači vozila te su neprimjerena za uporabu u nekim motorima.Ova ulja načešće imaju niski HTHS (High Temperature High Shear Viscosity)(≤3,5cP), bazno ulje je iz Grupe III baznih ulja prema API-u, a prema SAE klasifikaciji odgovaralo bi ulje 5W-30.

Tablica 18. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A1/B1-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 2,9 ≤ 3,5 xW-20 ≥ 2,6
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 1,3
Fosfor	% mase	-
Sumpor	% mase	-
TBN	mgKOH/g	≥ 8.0

5.2.2.2. ACEA A3/B4-10

Ulja ove specifikacije namijenjena su korištenju u Otto motorima visokih performansi te lakim dizelskim motorima i najčešće se koriste u novijim vozilima jer pružaju minimalne performanse koje mnogi proizvođači vozila traže. Ova ulja dolaze u najširem spektru viskoznosti a najčešća su, prema [6]:

- SAE 10W-40 koje se bazira na mješavini API Grupe I i Grupe III, ili API Grupi II baznih ulja
- SAE 5W-40 i SAE 5W-30 bazirani na Grupi III API baznih ulja
- SAE 0W-30 bazirana na Grupi IV API baznih ulja

Tablica 19. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A3/B4-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 1,6
Fosfor	% mase	-
Sumpor	% mase	-
TBN	mgKOH/g	≥ 10

5.2.2..3. ACEA A3/B3-10

Ulja ove specifikacije namijenjena su korištenju u širokom rasponu Otto i lakih dizelskih motora. Najčešće se koriste u starijim vozilima zbog toga što ne pružaju minimalne performanse koje zahtjevaju određeni proizvođači vozila.

Ulja ove specifikacije dolaze u širokom rasponu viskoznosti, a najčešći su, prema [6]:

- SAE 10W-40 bazirano na mješavini Grupe I i Grupe III API baznih ulja
- SAE 15W-40 bazirao na Grupi I API baznih ulja

Tablica 20. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A3/B3-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 1,5
Fosfor	% mase	-
Sumpor	% mase	-
TBN	mgKOH/g	≥ 8.0

5.2.2..4. ACEA A5/B5-10

Ulja ove specifikacije namijenjena su korištenju u Otto motorima visokih performansi i lakim dizelskim motorima koji su konstruirani za uporabu ulja sa niskom viskoznošću. Ova ulja mogu biti neprimjerena za neke motore. Ova ulja načešće imaju niski HTHS (High Temperature High Shear Viscosity)(≤3,5cP), bazno ulje je iz Grupe III baznih ulja prema API-u, a prema SAE klasifikaciji odgovaralo bi ulje 5W-30, prema [6].

Tablica 21. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA A5/B5-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 2,9 ≤ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 1,6
Fosfor	% mase	-
Sumpor	% mase	-
TBN	mgKOH/g	≥ 8.0

5.2.2.5. ACEA C1-10

Ova su ulja namijenjena korištenju u Otto motorima visokih performansi i lakim dizelskim motorima koji imaju napredene sustave za obradu ispušnih plinova kao što su DPF i trokomponentni katalizator, te predstavlja grupu low SAPS ulja. Ova ulja načešće imaju niski HTHS (High Temperature High Shear Viscosity)(≤3,5cP), bazno ulje je iz Grupe III baznih ulja prema API-u, a prema SAE klasifikaciji odgovaralo bi ulje 5W-30, prema [6].

Tablica 22. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C1-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 2,9
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 0,5
Fosfor	% mase	≤ 0,05
Sumpor	% mase	≤ 0,2
TBN	mgKOH/g	-

5.2.2.6. ACEA C2-10

Ova su ulja namijenjena korištenju u Otto motorima visokih performansi i lakim dizelskim motorima koji imaju napredene sustave za obradu ispušnih plinova kao što su DPF i trokomponentni katalizator, te predstavlja grupu mid SAPS ulja. Ova ulja načešće imaju niski HTHS (High Temperature High Shear Viscosity)(≤3,5cP), bazno ulje je iz Grupe III baznih ulja prema API-u, a prema SAE klasifikaciji odgovaralo bi ulje 5W-30, prema [6].

Tablica 23. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C2-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 2,9
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 0,8
Fosfor	% mase	≥0,070≤ 0,090
Sumpor	% mase	≤ 0,3
TBN	mgKOH/g	-

Iako ova ulja spadaju u mid SAPS grupu i prema specifikacijama odgovaraju mnogim proizvođačima vozila, najčešće se proizvode sa niskim HTHS-om (≤3,5cP) kako bi se postigla bolja ekonomičnost vožnje.

5.2.2.7. ACEA C3-10

Ova su ulja namijenjena korištenju u Otto motorima visokih performansi i lakim dizelskim motorima koji imaju napredene sustave za obradu ispušnih plinova kao što su DPF i trokomponentni katalizator, te predstavlja grupu mid SAPS ulja. Ova ulja načešće imaju niski HTHS (High Temperature High Shear Viscosity)(≤3,5cP), bazno ulje je iz Grupe III baznih ulja prema API-u, a prema SAE klasifikaciji odgovaralo bi ulje 5W-30 ili 5W-40, prema [6].

Tablica 24. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C3-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 0,8
Fosfor	% mase	≥0,070≤ 0,090
Sumpor	% mase	≤ 0,3
TBN	mgKOH/g	≥ 6

Ova ulja spadaju u mid SAPS grupu i njihove se specifikacije poklapaju sa traženim specifikacijama proizvođača vozila pa se ona najviše i primjenjuju. Neki od proizvođača vozila su Daimler, Volswagen, BMW i Porsche.

5.2.2.8. ACEA C4-10

Ova su ulja namijenjena korištenju u Otto motorima visokih performansi i lakim dizelskim motorima koji imaju napredene sustave za obradu ispušnih plinova kao što su DPF i trokomponentni katalizator, te predstavlja grupu low SAPS ulja. Šrema SAE klasifikaciji ovim uljima odgovara oznaka 5W-30 koja su bazirana na Grupi III API baznih ulja, prema [6].

Tablica 25. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA C4-10, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 0,5
Fosfor	% mase	≤ 0,090
Sumpor	% mase	≤ 0,2
TBN	mgKOH/g	≥ 6

5.3. ULJA ZA TEŠKO OPTEREĆENE (HEAVY-DUTY) DIZELSKE MOTORE

Propisi vezani za emisije i dalje guraju razvoj opreme u auto industriji. U budućnosti, svjetske odredbe će progresivno određivati sve uže granice za emisiju NO_x, čestica i CO_2. To tjera proizvođače vozila na značajan napredak tehnologije motora i tehnologije obrade ispušnih plinova kako bi ispunili propisane odredbe.

Uvođenjem novih, užih emisija, dovode do potrebe za promjenama na motoru i/ili dodavanje obrade ispušnih plinova kako bi se emisije u ispušnim plinovima smanjile. Utjecaj tih promjena na motorno ulje može biti zanemariv ili vrlo značajan. Smanjivanje emisija kod dizelskog motora je, u nekim slučajevima, dovelo do toga da motori proizvode više čađe u mazivu, pogoršano povećanjem intervala izmjene ulja, što u konačnici vodi do većeg trošenja uzrokovanog čađom. Neki motori sa smanjenim emisijama također su imali problema sa povećanim razrjeđivanjem goriva, što uzrokuje uranjeno starenje maziva.

Moderna ulja danas sadrže velike količine disperzanata bez pepela kako bi čestice čađe bile dobro dispergirane. Količine dodataka protiv mehaničkog trošenja , uglavnom ZDDP, također su povećane kako bi se nosile sa povećanim abrazivnim djelovanjem čađe. .

Recirkiulirani plinovi mogu sadržavati kisele spojeve izgaranja koji imaju loš utjecaj na motor i mazivo. Emisija čađe obično bude povišena kod sustava sa EGR-om pošto je razina kisika u usisu manja, a povećana količina kiselina i čađe uzorokvana EGR-om mora biti neutralizirana od strane maziva. U budućnosti se predviđa povećanje korištenja EGR-a za određene aplikacije, pogotovo ondje gdje se ne koristi selektivna katalitička redukcija NO_x spojeva. Kada se to dogodi, razine kiselina koje dospjevaju u mazivo tokom propuhivanja mogu porasti. Zbog toga se očekuje da će intervali izmjene ulja biti smanjeni ukoliko bazni broj maziva padne prebrzo. Kako bi se uklonila većina čestica iz ulja potreban je DPF . Glavna mana DPF-a je što se tokom vremena sustav zablokira pepelom i česticama iz motora. Kako bi se to smanjilo proizvođači vozila zahtijevaju od proizvođača ulja smanjivanje količine supstanci koje potiču stvaranje pepela u ulju.

Konstrukcija klipa morala se mijenjati kako bi se nosila sa duljim radnim vijekom, većim tlakovima paljenja goriva i nižim emisijama ispuha što nije samo opteretilo više motor nego je imalo i značajan utjecaj na sastav maziva. Problemi sa klipom nastaju kada mazivo stvara ljepljivi koks u utorima za klipne prstenove i na površinama klipa oko utora. Naslage u utorima sprječavaju klipne prstenove da pravilno naliježu i mogu ih čak i zalijepiti, što uzorkuje gubitak kompresije u cilindru i povećanu potrošnju ulja. Naslage na površinama oko utora klipa mogu istrošiti tragove honanja, ispolirati cilindar, te tako dovesti do povećane potrošnje ulja. Nadalje, naslage na klipu dovode do povećanja temperature klipa jer naslage djeluju kao toplinska izolacija.

Razine sumpora u dizelskom gorivu mogu utjecati na performanse maziva, jer ako su razine sumpora visoke dolazi do povišene proizvodnje kiselina u prostoru izgaranja. Kiseline nastale izgaranjem brzo reagiraju sa detergentima u mazivu. Kako bazni broj maziva opada s vremenom ga je potrebno promijeniti, u supronom će akumulirane kiseline degradirati mazivo

i motor će korodirati. Pozitivna strana niskih udjela sumpora u gorivu je da su omogućeni dulji intervali izmjene ulja pošto se tokom izgaranja stvara manje kiselih produkata.

5.3.1. USPOREDBA RAZLIČITIH SPECIFIKACIJA ULJA ZA TEŠKO OPTEREĆENE DIZELSKE MOTORE

Za usporedbu različitih specifikacija motornih ulja uzet ćemo u obzir specifikacije prema ACEA-i.

5.3.1.1. ACEA E4-12

Ova ulja spadaju u UHPD (Ultra High Performance Diesel) maziva namijenjena korištenju u uvjetima teških opterećenja i produljenog intervala izmjene. Najčešće su gradacije SAE 10W-40 i 5W-30 bazirana na API Grupi III baznih ulja, prema [6].

Tablica 26. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E4-12, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	$\geq$ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	$\leq$ 2,0
TBN	mgKOH/g	$\geq$ 12

5.3.1.2. ACEA E6-12

Ova ulja predstavljaju UHPD low SAPS maziva namijenjena primjeni u uvjetima teških opterećenja i dugih intervala izmjene. ACEA preporučava njihovo korištenje u vozilima koja imaju sustave za obradu ispušnih plinova za redukciju čestica (DPF) i NO_x spojeva (EGR i/ili SCR), u kombinaciji sa dizelskim gorivom koji ima niske razine sumpora. Najčešće su gradacije SAE 10W-40 bazirana na API Grupi III baznih ulja, prema [6].

Tablica 27. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E6-12, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	$\geq$ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	$\leq$ 1,0
Fosfor	% mase	$\leq$ 0,08
Sumpor	% mase	$\leq$ 0,3
TBN	mgKOH/g	$\geq$ 7

5.3.1.3. ACEA E7-12

Ova ulja predstavljaju SHPD (Super High Performace Diesel) maziva za primjenu u srednje dugačkim intervalima izmjene. Ova specifikacija zadovoljava minimum potrebnih performansi za primjenu u teškim opterećenjima. Najčešće su gradacije SAE 15W-40 bazirana na API Grupi I baznih ulja, ali raste potražnja za 10W-40 varijantom ulja ove specifikacije, prema [6].

Tablica 28. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E7-12, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 2,0
TBN	mgKOH/g	≥ 9

5.3.1.4. ACEA E9-12

Ova ulja predstavljaju mid SAPS UHPD maziva za korištenje u srednje gugačkim intervalima izmjene. ACEA preporuča korištenje ovih ulja u vozilima sa naprednim sustavima za obradu ispušnih plinova za redukciju čestica (DPF) i NO_x spojeva (EGR i/ili SCR), u kombinaciji sa dizelskim gorivom koji ima niske razine sumpora. SAE gradacija ovih ulja je 15W-40 bazirana na API Grupi II baznih ulja i 10W-XX bazirana na API Grupi II ili Grupi III ili mješavini Grupe II i III baznih ulja, prema [6].

Tablica 29. Glavna fizikalna i kemijska svojstva ACEA E9-12, prema [6]

	Mjerna jedinica	Granice
HTHS viskoznost	cP	≥ 3,5
Sumporasti pepeo	% mase	≤ 1,0
Fosfor	% mase	≤ 0,12
Sumpor	% mase	≤ 0,4
TBN	mgKOH/g	≥ 7

6. ZAKLJUČAK

Sve veći zahtjevi koji se stavljaju na proizvođače vozila u pogledu ekonomičnosti vožnje, zagađenja okoliša i dužih intervala izmjene ulja utjecali su na razvoj novih formulacija maziva koje će pomoći u postizanju tih ciljeva.

Napredni sustavi za obradu ispušnih plinova primorali su proizvođače maziva na zamjenu konvencionalnih aditiva sa aditivima koji nemaju negativan utjecaj na sustav obrade ispušnih plinova, a potražnja za sve većom ekonomičnosti vozila dovela su do razvoja formulacija sa sve manjom viskoznosti. Sve uže tolerancije u motorima stvaraju veće opterećenje na mazivo, što može stvoriti problem ako je odabrano ulje sa premalom viskoznosti. Sve veći intervali izmjene ulja straže od ulja bolju oksidacijsku stabilnost i zadržavanje TBN-a.

Zbog svih tih zahtjeva koji su stavljeni, kako pred proizvođače vozila, tako i proizvođače maziva, stvara se potreba za sve bližom suradnjom i razvijanju novih ispitivanja kako bi se što preciznije mogla opisati ponašanja maziva u motoru, te pomoću tih podataka odrediti koje je mazivo optimalno za uporabu u određenom vozilu.

Ukoliko bi došlo do toga da se ulje namijenjeno dvotaktnim motorima ulije u četverotaktni motor moglo bi doći do pretjeranog trošenja motora zbog toga što su ulja za dvotaktne motore puno manje viskoznosti nego četverotaktna ulja. Viskoznost je manja zbog toga što se u dvotaktnim motorima ne stvaraju tako velika opterećenja tokom rada te nema potrebe za većom viskoznosti jer bi to negativno utjecalo na ekonomičnost vožnje.

Ukoliko bi došlo do ulijevanja četverotaktnog ulja u dvotaktni motor došlo bi do nakupljanja taloga u obliku pepela na klipu, karikama, svjećici i u ispuhu, što bi s vremenom dovelo do havarije na motoru. Razlog nakupljanja pepela na komponentama su konvencionalni aditivi protiv mehaničkog trošenja poput ZDDP-a.

8. LITERATURA

[1] Ljubas D., podloge za predavanje – prezentacija iz kolegija *Gorivo i mazivo* –

dio mazivo, FSB Zagreb, 2012.

[2] Leslie R. Rudnick, *Synthetics, Mineral Oils, and Bio – Based Lubricants,* Taylor & Francis Group, New York 2006.

[3] *Maziva i podmazivanje*, JUGOMA- Savez Jugoslavenskih društava za primjenu goriva i maziva, Zagreb 1986.

[4] Willard W. Pulkrabek, *Engineering Fundamental Of the Internal Combustion Engine*, Prentice Hall, New Jersey, 1997.

[5] Mortiner Roy M., Fox Malcolm F., Orszulik S., *Chemistry and Technology of*

Lubricants, 3rd edition, part 3, chapter 9 – *Formulation of Automotive Lubricants*,

Atkinson D., Brown A.J., Jilbert D., Lamb G., Springer Science + Business Media B.V.

2010.

[6] https://www.lubrizol.com/EngineOilAdditives/ACEA/default.html