

## Predavanje # 5

# MAZIVA

### Tribologija je nauka podmazivanja

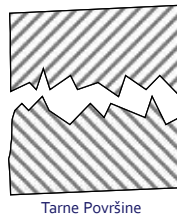
- Maziva se proizvode za sve namjene gdje treba da se savlada trenje i smanji habanje.
- Različite konstruktivne karakteristike, uslovi rada i eksploatacije mašina i uređaja postavljaju pred maziva različite zadatke i određuju osnovnu ulogu u posmatranom sistemu, npr.:
  - ✓ Kod ležaja preciznih instrumenata, najznačajnija uloga maziva je smanjenje trenja.
  - ✓ Pri obradi metala rezanjem često se od maziva zahtijevaju posebno dobra svojstva hlađenja.
  - ✓ Pri podmazivanju motora SUS mazivu se postavlja istovremeno više zadataka - smanjenje trenja i habanja, hlađenje, zaptivanje, zaštita od korozije i dr.
- Efikasnost maziva zavisi od povezanosti mnogobrojnih faktora koji opredjeljuju karakter uticaja maziva na trenje i habanje djelova koji se podmazuju, npr.:
  - ✓ Jedni zavise od svojstva maziva, uključujući i promjene koje nastaju tokom eksploatacije,
  - ✓ Drugi od sastava i svojstva tarućih površina,
  - ✓ Treći od karaktera međusobnog djelovanja komponenata maziva i materijala tarućih površina,
  - ✓ Četvrti od brzine, opterećenja, temperature i drugih parametara režima rada uređaja.

### Istorijat upotrebe maziva

- Od 1400 pne, maziva su se upotrebljavala za podmazivanje točkova dvokolica, a bile su napravljene od kalcijuma i raznih masti životinjskog porijekla.
- U srednjem vijeku su se koristila maziva biljnog i životinjskog porijekla, a koja su služila za podmazivanje, i uglavnom su proizvedena od maslina, uljne repice, kitova i sl.
- U periodu od 1850. do 1875. godine, vršeni su eksperimenti sa proizvodima naftne destilacije koji su tada bili dostupni, kako bi se pronašla korist iz nje, pored toga što je služila samo za osvjetljenje. Sa usavršavanjem procesa destilacije u rafinerijama stvoren je širi spektar proizvoda naftnih ulja koje su postepeno zauzimale mjesto masnim uljima.
- Neki od masnih ulja nastavili su se koristiti za posebne namjene početkom XX vijeka. Slanina se pokazala kao dobar lubrikant kod parnih cilindara. Međutim, nije bilo ugodno za rukovanje, pogotovo u uslovima toplog vremena. Svinjska mast se koristila za rezanje metala, ricinusovo ulje za podmazivanje motora aviona tokom I Svjetskog rata. Čak i danas, neka masna ulja se koriste u malim količinama kao sastavni dio mineralnih ulja, ali ih uglavnom zamjenjuju hemijski aditivi.
- Brz razvoj sintetičkih maziva, kako bi se omogućio širok opseg zahtjeva u uslovima ekstremnih temperatura i radnih uslova.

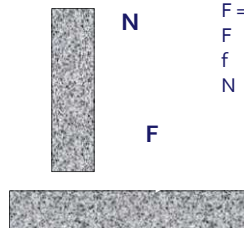
## Trenje

- Ukoliko su površine pritisnute odgovarajućom silom, pri svakom pokušaju relativnog pomjeranja doći će do otpora.
- Otpor svakom kretanju se zove trenje.
- Kao rezultat ciklusa pomjeranja otkidaju se komadići metala s površina i dolazi do trošenja (habanja) metala.
- Površine koje se dodiruju zovu se tarne površine.



Tarne Površine

- Ako se između ovih površina ne nalazi mazivo, trenje koje nastaje zove se Suvo Trenje. Zakoni suvog trenja su sljedeći:
  - ✓ Otpor trenja direktno je proporcionalan ukupnom pritisku među tarnim površinama odnosno opterećenju.
  - ✓ Ukoliko su brzine kretanja male, otpor trenja ne zavisi od brzine kretanja, dok kod velikih brzina otpor trenja se smanjuje.
  - ✓ Otpor trenja ne zavisi od veličine tarnih površina, ali zavisi da li su te površine hrapave ili glatke.
- Otpor koji se suprotstavlja početnom pomicanju tijela zove se statičko trenje, a kada je trenje već ustaljeno, onda se radi o dinamičkom trenju.



$F = f \times N$

$f = F/N$ , odnos između sile trenja i opterećenja predstavlja tzv. koeficijent trenja.

N	- opterećenje
F	- sila trenja
f	- koeficijent trenja

čelik-čelik	0,8
čelik mesing	0,35
čelik-teflon	0,02-0,04
čelik-led (snijeg)	0,05-0,30
ležaj podmazan uljem	0,02-0,04

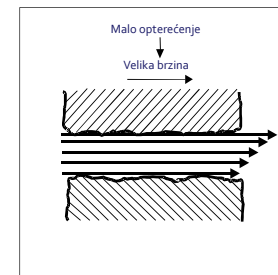
Statički koeficijent trenja nekih parova materijala

## Vrste Podmazivanja

- Vrste podmazivanja (trenja) mogu biti:
  - ✓ Suvo
  - ✓ Tečno ili hidrodinamičko,
  - ✓ Granično,
  - ✓ Kombinovano hidrodinamičko-granično, i
  - ✓ Podmazivanje pod visokim pritiskom (EP-extreme Pressure).
- U zavisnosti od debljine sloja maziva podmazivanje dijelimo na
  - ✓ **Potpuno**, ako je debljina sloja maziva dovoljna da spriječi dodir dva tijela takav vid podmazivanja se naziva potpunim - osnovni vid ovog podmazivanja jeste hidrodinamičko podmazivanje.
  - ✓ **Nepotpuno**, ako debljina sloja maziva nije dovoljna da spriječi dodir dva tijela takav vid podmazivanja se naziva nepotpunim podmazivanjem - osnovni vid ovog podmazivanja jeste granično podmazivanje.

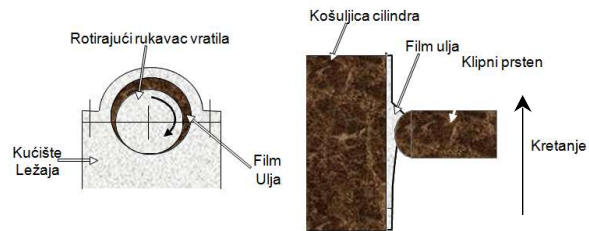
## Hidrodinamičko podmazivanje -

- Hidrodinamičko podmazivanje se ostvaruje onda kada su klizne površine razdvojene jednim stalnim, neprekidnim slojem maziva, koje može biti tečno ili gasovito.
- Kod ovog podmazivanja pritisak u sloju maziva nastaje kao prirodna posljedica relativnog kretanja tijela određene geometrije pri dovoljnoj brzini.



Sematski prikaz hidrodinamičkog podmazivanja.

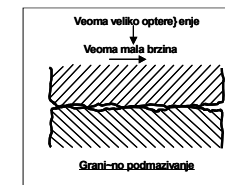
- Kod hidrodinamičkog podmazivanja, gdje su površine potpuno odvojene jedna od druge slojem maziva, otpor trenja:
  - ✓ Ne zavisi od pritiska kliznih površina
  - ✓ Ne zavisi od stanja i materijala kliznih površina
  - ✓ Zavisi od viskoziteta maziva.
  - ✓ Se povećava sa povećanjem brzine kliznih površina
  - ✓ Se povećava sa povećanjem njihove površine



Tipovi hidrodinamičkog podmazivanja.

### Granično podmazivanje -

- Ako dvije površine pokrijemo slojem maziva koje fizički prijanja za površine ostvareno je granično podmazivanje.
- Kod graničnog podmazivanja trenje ne zavisi od viskoziteta maziva, nego od
  - ✓ pritiska i
  - ✓ mazivosti maziva - mazivost je sposobnost maziva da se prilijepi uz metalnu površinu.
- Primjer graničnog podmazivanja jeste operacija obrade metala npr. rezanje, brušenje itd.



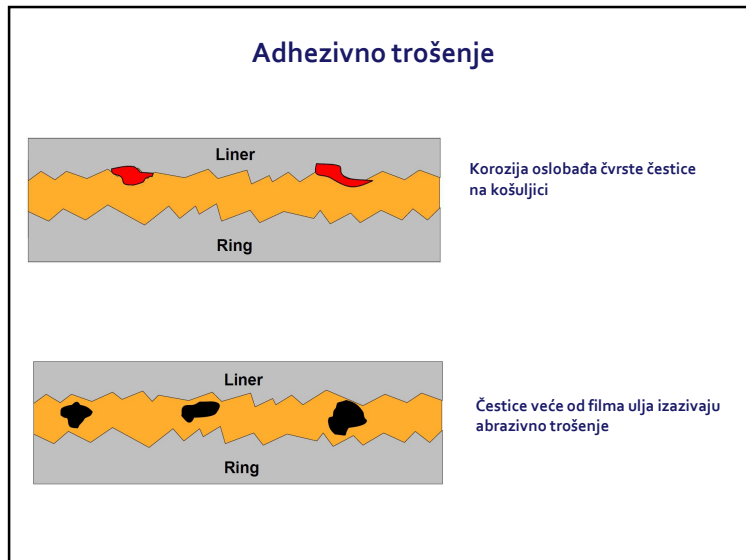
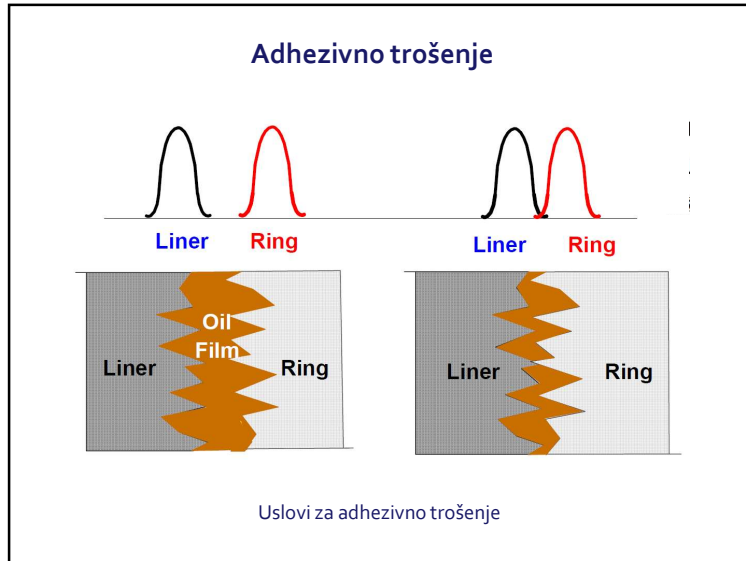
Sematski prikaz graničnog podmazivanja.

### Podmazivanje pod visokim pritiskom - EP

- Kod visokih pritisaka, mogu nastati toliko teški uslovi, da se ni granično podmazivanje ne održava. U tim slučajevima koristi se podmazivanje pod visokim pritiscima (tzv. EP-Extreme Pressure podmazivanje).
- Maziva koja se koriste za podmazivanje pod visokim pritiscima, sadrže aditive, koji su sposobni da stvaraju čvrste slojeve na tarnim površinama.
- Primjer podmazivanja pod visokim pritiskom je podmazivanje hipoidnih zupčanika u pogonima (diferencijalima) kod automobila i drugih motornih vozila.

### Habanje (Trošenja)

- Pod trošenjem se podrazumijeva nepoželjno i progresivno odstranjivanje materijala sa površina elemenata i dijelova mašina, nastalim kao rezultat djelovanja mehaničkih sila.
- Hemijski procesi, kao oksidacija materijala, može se javiti kao prateći uzročnik trošenja.
- Postoje četiri osnovna tipa trošenja materijala:
  - ✓ **Adhezivno trošenje** je oblik trošenja koje nastaje kada se usljed jakih sila adhezije otkine komadić metala jedne površine i slijepi na drugu.
  - ✓ **Abrazivno trošenje** je oblik trošenja koje nastaje kada gruba ili tvrda površina klizi po mekoj površini. U tom slučaju tvrdi materijal stvara brazde u mekom materijalu.
  - ✓ **Korozivno trošenje** je oblik trošenja koje nastaje ako površine klize u korozivnoj sredini.
  - ✓ **Trošenje zbog zamora materijala.** Kod čvrstih materijala ili materijala koji su izloženi naizmjeničnom opterećenju i rasterećenju dolazi do stvaranja pukotina, koje se ne uočavaju na vrijeme. Rezultat takvih pukotina je otkidanje većih fragmenata materijala.



### Korozivno trošenje

*Conversion Of Fuel Sulphur Into Acids*

- Sulfur oxides (SOx) produced during combustion
 
$$\text{S} + \text{O}_2 \rightarrow \text{SO}_2 + \text{SO}_3$$

As the combustion pressure increases more SO<sub>3</sub> is produced
- Sulfur Oxides with the presence of water gives:
 
$$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3 \text{ Sulfurous Acid}$$

$$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ Sulfuric Acid}$$

## Klasifikacija i Vrste Maziva

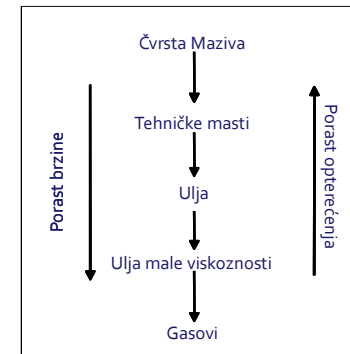
- Maziva se mogu podijeliti prema:
  - ✓ Funkciji
  - ✓ Sastavu ili porijeklu
  - ✓ Namjeni
  - ✓ Agregatnom stanju

- Prema **FUNKCIJI** razlikuju se dvije osnovne grupe maziva:
  - ✓ **Konstruktivna maziva** koja se posmatraju kao element konstrukcije mašine. Izbor maziva se vrši prilikom projektovanja mašine ili uređaja istovremeno sa izborom ostalih materijala i drugih parametara tarućih površina.
  - ✓ **Tehnološka maziva** koja se primjenjuju pri obradi metala deformacijom i rezanjem u cilju podmazivanja i hlađenja alata i materijala koji se obrađuje.

Prema **PORIJEKLU i SASTAVU** maziva mogu biti veoma različita.

- **Tečna maziva**, u odnosu na porijeklo i sastav, čine tri osnovne grupe tečnosti:
  - ulja mineralnog porijekla - ulja dobijena preradom nafte, odnosno njenih derivata,
  - sintetička ulja i
  - ulja biljnog i životinjskog porijekla. Ova zadnja ulja se danas rijetko koriste sama, uglavnom kao dodaci mineralnim uljima.
- **Polutečna maziva** predstavljaju različite vrste tehničkih masti. Ona mogu biti složenog sastava i izrađena od materijala različitog porijekla.
- **Čvrsta maziva** mogu biti organskog i neorganskog porijekla i veoma različitog sastava.

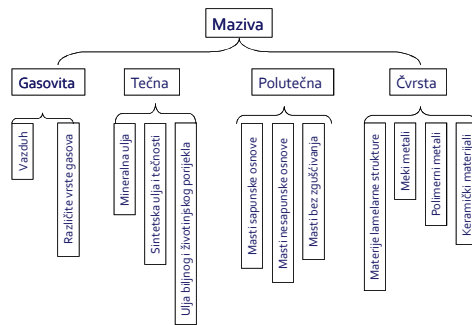
- Izbor maziva prema **NAMJENI** je vezan za radne uslove, uslove eksploatacije, zahtjevani vijek trajanja i pouzdanost sistema.
- Uobičajeno se razmatraju faktori brzina i opterećenje.



Uticaj brzine i opterećenja na izbor vrste maziva.

- Prema **AGREGATNOM STANJU** maziva se dijele na:

- ✓ Gasovita,
- ✓ Tečna,
- ✓ Polutečna i
- ✓ Čvrsta.



Opšta podjela maziva prema agregatnom stanju i sastavu (porijeklu).

### Čvrsta maziva

- Pod čvrstim mazivima se podrazumijevaju materije u čvrstom stanju koje imaju sposobnost da smanje trenje i habanje. Ove materije se nanose na površine djelova mašina u vidu prevlake ili se dodaju drugim vrstama maziva.
- Osnovna svojstva koja moraju da posjeduju čvrsta maziva su:
  - ✓ da ostvare nisko trenje,
  - ✓ da su hemijski stabilna u zahtjevanom temperaturnom opsegu,
  - ✓ da su kompatibilna sa materijalima od kojih su izgrađeni djelovi koji se podmazuju,
  - ✓ da se čvrsto vezuju za površine odnosno da pokazuju zadovoljavajuću prionjivost,
  - ✓ da se jednostavno mogu koristiti,
  - ✓ da su netoksična itd.
- Najčešće se koriste:
  - ✓ materije lamelarne strukture (grafit, najstarije čvrsto mazivo),
  - ✓ meki metali,
  - ✓ polimerni materijali i
  - ✓ keramički materijali.
- Podmazivanje čvrstim mazivima daje u određenim uslovima rada i za pojedine konstrukcije niz prednosti, dok je pri nekim uslovima to jedini moguć način podmazivanja. To se prije svega odnosi na uslove visokog vakuma, djelovi mašina izloženi visokim radnim temperaturama, u uslovima radioaktivnog zračenja, prisustvu agresivnih materija i drugim.

### Gasovita maziva

Od gasovitih maziva se koriste:

- Čisti vazduh,
- Azot,
- Kiseonik,
- Vodonik,
- Ugljendioksid,
- Helijum,
- Argon i drugi.

Primjena:

- Zubarske bušilice,
- Brusilice,
- Kontrolni i mjerni instrumenti i drugi elementi uglavnom posebne namjene.

#### Prednosti

- Upotreba gasova kao maziva moguća je u širokom temperaturnom opsegu za razliku od tečnih i polutečnih maziva kod kojih postoje znatna ograničenja.
- Gasovi posjeduju hemijsku i termičku stabilnost i ne mjenjaju agregatno stanje u širokom temperaturnom intervalu.
- Gasovi se razlikuju od tečnosti i po svojoj kompresibilnosti i nižoj viskoznosti.

#### Nedostaci

Nedostaci su: mala moć nošenja, složenost konstrukcije, neophodnost visoke tačnosti izrade djelova i osjetljivost na nečistoće.

### Polutečna maziva

- To su najčešće mješavine mazivog ulja ili neke mazive tečnosti i druge pogodne materije koja djeluje kao zgušćivač. Po obimu i rasprostranjenosti korišćenja tehničke masti dolaze odmah iza ulja.
- Najviše zastupljena polutečna maziva su tehničke masti za podmazivanje.
- Upotreba tehničkih masti ima sledeće prednosti:
  - ✓ Ako se zahtjeva stalno prisustvo maziva na mjestu podmazivanja naročito pri pokretanju i zaustavljanju mašina,
  - ✓ Na mjestima gdje se zbog konstruktivnog rješenja ne može primijeniti tečno mazivo
- Tehničke masti se koriste za podmazivanje:
  - ✓ kotrljajnih ležajeva,
  - ✓ zglobova,
  - ✓ lanaca,
  - ✓ užadi,
  - ✓ osovine,
  - ✓ kliznih ležaja,
  - ✓ otvorenih zupčastih prenosnika.

### Tečna maziva

- Tečna maziva obuhvataju različite tečnosti, pretežno ulja pa se zbog toga nazivaju i ulja za podmazivanje.
- Primjenjuju se za podmazivanje elemenata i mehanizama kod motora, vozila, pumpi, turbina, generatora, zupčastih prenosnika, hidrauličkih sistema, pri obradi metala rezanjem i deformacijom i dr.
- Zavisno od porijekla i načina dobijanja razlikuju se dvije grupe osnovnih ulja:
  - ✓ mineralna i
  - ✓ sintetička.

### **Mineralna ulja**

- Kao sirovina za dobijanje mineralnih ulja koristi se ostatak primarne destilacije nafte.
- Većina mineralnih ulja se sastoji od osnovnog (baznog) ulja i različitih dodataka pomoću kojih se poboljšavaju svojstva značajna za određene namjene.
- Osnovni postupci koji se koriste pri proizvodnji baznih mineralnih ulja su:
  - ✓ Vakum destilacija i
  - ✓ Postupci rafinacije.
- Osnovna svojstva koja se kontrolišu vakum destilacijom su viskoznost i temperatura paljenja. Proizvodi dobijeni vakum destilacijom nazivaju se destilati. Destilati obično nemaju zadovoljavajuća svojstva pa se podvrgavaju daljoj preradi postupcima rafinacije.
- Procesima rafinacije mineralnih ulja, koje biramo i kombinujemo u zavisnosti od hemijskog sastava uljnih destilata i koncentrata, kao i od željenih svojstava konačnih produkata, dobija se određeni broj osnovnih tj. baznih ulja.
- Prema hemijskom sastavu u zavisnosti od učešća parafinskih i naftenskih ugljovodonika razlikuju se dva osnovna tipa baznih ulja:
  - ✓ Parafinska.
  - ✓ Naftenska.

- Pored ova dva krajnja osnovna tipa postoji neprekidni niz među-gradacija koje se klasifikuju u maziva ulja mješane osnove.
- Osnovna ili bazna ulja nisu konačni proizvodi. Osnovna ulja služe samo kao polufabrikat u završnom procesu izrade finalnih proizvoda - mineralnih mazivih ulja tačno utvrđenih karakteristika za određene primjene.
- Završna operacija u proizvodnji mineralnih mazivih ulja je mješanje jedne, dvije ili, rijetko, više vrsti osnovnih (baznih) ulja sa jednim ili više aditiva.
- Mješanjem osnovnih ulja i aditiva završava se dugi proces izrade mineralnih mazivih ulja.
- Finalni produkti nose najčešće nazive prema njihovoj osnovnoj primjeni.

- Pomoću različitih aditiva danas se može poboljšati niz svojstava maziva. Aditivima se mogu postići dodatna poboljšanja, pored drugih, i sledeće karakteristike:
  - ✓ Smanjenje tačke stinjavanja;
  - ✓ Poboljšanje viskozitetno-temperaturnih karakteristika (povećanje indeksa viskoziteta),
  - ✓ Povećanje oksidacione stabilnosti maziva i sprječavanje korozionog djelovanja maziva;
  - ✓ Povećanje detergentnih (rastvaranje stvorenih smola i taloga) i disperzantnih sposobnosti maziva (sprečavanje taloženje smola i nečistoća);
  - ✓ Povećanje sposobnosti prijanjanja maziva za metalne površine i povećanje jačine uljnog sloja;
  - ✓ Sprečavanje stvaranja pjenušanja i dr.

### Sintetička ulja

- Ulja sintetske osnove su proizvod ljudskog uma i sastavljena tako da imaju kontrolisanu strukturu sa predviđenim i zahtjevanim svojstvima.
- Proizvode se hemijskim postupcima (sintezom) od različitih organskih materija. Zbog toga je kod sintetičkih maziva struktura strogo kontrolisana i može da se mijenja zavisno od željenih svojstava krajnjeg proizvoda.
- Osnovna prednost sintetičkih ulja u odnosu na mineralna je veoma širok temperaturski opseg upotrebe.
- Nedostatak predstavljaju visoki troškovi proizvodnje.
- Zbog toga se danas sintetska ulja za podmazivanje koriste u onim slučajevima gdje mineralna ulja ne mogu da daju zadovoljavajuće rezultate.
- Sintetička ulja koriste se kako u industriji, tako i kod saobraćajnih sredstava kao maziva za motore, zupčanike, hidraulične sisteme, kompresore i za druge mašinske sisteme i elemente.

### Opšta svojstva mineralnih ulja

- Sva ulja koja se koriste okarakterisana su veličinama koja se odnose na:
  - ✓ Fizička svojstva maziva,
  - ✓ Hemijska svojstva maziva i
  - ✓ Mehanička svojstva maziva.

### Fizičke osobine mineralnih ulja

#### Temperatura paljenja

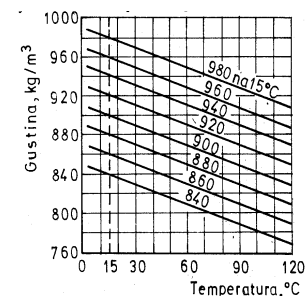
- Temperatura paljenja je temperatura ulja pri kojoj se pare ulja u mješavini sa vazduhom pale u prisustvu plamena ili električne varnice.
- Ulja više viskoznosti imaju po pravilu višu temperature paljenja.
- Ova karakteristika je više kontrolna veličina i značajna je sa stanovišta bezbjednosti u slučajevima kada se mazivo koristi pri visokim temperaturama. Izražava se u °C.

#### Temperatura stinjanja

- Temperatura stinjanja je jedan od pokazatelja ponašanja ulja pri sniženoj temperaturi na kojoj ulja gube tečljivost pri datim uslovima isparavanja.
- Izražava se u °C. Sa gledišta podmazivanja potrebno je koristiti ulja sa temperaturom stinjanja znatno nižom od najnižih mogućih radnih temperatura. Time se smanjuju otpori i obezbjeđuje odgovarajuće strujanje ulja.

### Gustina

- Predstavlja odnos mase prema jedinici zapremine. Kod mineralnih ulja kreće su u granicama od 820 do 960 kg/m<sup>3</sup>. Pojedina sintetička ulja imaju gustinu veću od 1000 kg/m<sup>3</sup>.
- Gustina kao veličina se koristi pri preračunavanju kinematske viskoznosti u dinamičku i obratno, kao i za određivanje mase ulja kada je poznata zapremina. Zavisni od temperature.

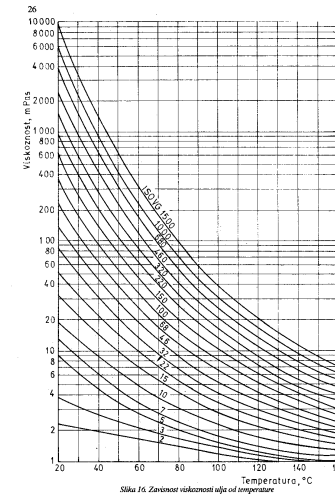


Promjena gustine sa temperaturom



### Viskoznost

- Viskoznost se izražava kao dinamička i kinematska.
- Dinamička viskoznost je definisana odnosom naprezanja smicanja i gradijenta brzine u fluidu. Izvedene jedinice su paskal sekunda, Pa.s, i milipaskal sekunda, mPa.s.
- Kinematska viskoznost je odnos dinamičke viskoznosti i gustine na određenoj temperaturi. Izvedena jedinica je mm<sup>2</sup>/s.
- Ulja visokog viskoziteta se upotrebljavaju kod visokih temperatura, kod velikih pritisaka, kod malih brzina.
- Ulja niskog viskoziteta se upotrebljavaju kod malih pritisaka i kod većih brzina.
- Određivanje viskoziteta korišćenog ulja značajno je i može indicirati na razne promjene ulja.
- Povećanje viskoziteta u odnosu na vrijednost prije upotrebe, je znak da je ulje tokom rada oksidralo, da se pomiješalo sa uljem većeg viskoziteta ili da sadrži netopive masti.
- Smanjenje viskoziteta ukazuje da je došlo do miješanja sa uljem nižeg viskoziteta, da je ulje razrijeđeno gorivom (motorna ulja).



Slika 16. Zavisnost viskoziteta ulja od temperature.  
Zavisnost viskoziteta ulja od temperature.

### Index viskoznosti (IV)

- IV predstavlja empirijski broj koji pokazuje tendenciju promjene viskoznosti sa promjenom temperature.
- Što je indeks viskoznosti veći, promjena viskoznosti sa temperaturom je manja i obratno.
- Vrijednosti IV se kreću u granicama od 0 do 100. Vrijednost IV=0 označava da je promjena veličine viskoznosti značajna, a IV=100 da su to ulja sa manje izraženom promjenom viskoznosti.
- Ulja koja imaju IV ispod 40, označavaju se kao ulja niskog IV. Ona koja imaju IV iznad 80 označavaju se kao ulja visokog IV.
- Dodatkom aditiva IV se može povećati znatno iznad 100.

### Hemijske osobine mineralnih ulja

- **Neutralizacioni broj**, Total Acid Number – TAN. Određivanje neutralizacionog broja se vrši obavezno da bi se ustanovio prisustvo i sadržaj neorganskih i organskih kiselina. Daje količinu kalijum hidroksida (KOH) izraženu u mg, koja je potrebna za neutralizaciju prisutnih slobodnih kiselina u jednom gramu ulja. Izražava se u mgKOH/gr uzorka ulja.
- **Saponifikacioni broj**. Smatra se mjerilom sadržaja materija podložnih saponifikaciji. Izražava količinu kalijum hidroksida (KOH) u mg, koja je potrebna da bi se neutralizovale slobodne kiseline i osapunili prisutni estri u jednom gramu ulja. Ova karakteristika se koristi za određivanje lako osapunivih komponenti u mineralnom ulju. Ima isti značaj kao i neutralizacioni broj.
- **Kiselinski broj**, Strong Acid Number – SAN. To je mjera kiselosti fluida koja potiče samo od jakih kiselina.
- **Bazni broj**, base number BN. BN je mjera kapaciteta motornog ulja za neutralisanje jakih kiselina stvorenih pri sagorijevanju goriva. Izražava se u mg KOH/gr uzorka.
- **Pjenušanje**. Pjenušanje se definiše kao sklonost ulja da rastvara vazduh i da gradi pjenu, koja je nepoželjna.

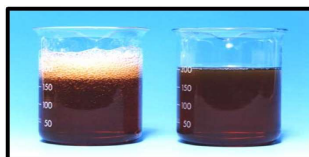
- **Sadržaj pepela.** To je mjera sadržaja jedinjenja metala i drugih neorganskih komponenata u ulju.
- **Sadržaj koks.** Koristi se za ocjenu termičkog ponašanja fluida u termički opterećenim mehaničkim sistemima.
- **Emulzivnost.** Sklonost ulja da u dodiru sa vodom obrazuju stabilnu emulziju naziva se emulzivnost.
- **Demulzivnost.** Pojam demulzivnosti podrazumijeva sposobnost ulja da se odvaja od vode i da ne gradi sa njom emulziju.
- **Oksidaciona ili Hemijska stabilnost.** Oksidaciona stabilnost predstavlja mjerilo otpornosti na dejstvo stalno prisutnog kiseonika. Osnovni uzrok hemijske degradacije ulja tokom upotrebe je oksidacija.
- **Termička stabilnost.** Definiše se kao mjera ukupne postojanosti na termičko razlaganje. Iskazuje se temperaturom na kojoj počinje razlaganje. Ovo svojstvo, zajedno sa oksidacionom stabilnošću, je jedan od faktora koji ograničava temperaturni opseg primjene ulja.

## Aditivi Mazivih Ulja

- Aditivi poboljšavaju svojstva baznih ulja obezbjeđujući mnogo bolje performanse.
- Pred aditive se postavljaju sledeći zahtjevi:
  - ✓ Da prilikom poboljšanja jednih osobina maziva ne pogoršaju neke druge,
  - ✓ Da se dobro rastvaraju u mineralnim/sintetskim uljima, da se ne izdvajaju u obliku taloga,
  - ✓ Da su stabilni, nerastvorni u vodi, da ne mijenjaju svoje osobine tokom skladištenja, da su što manje otrovni i da nemaju neprijatan miris.
- Sledeći aditivi se primjenjuju:
  - ✓ **Poboljšači indeksa viskoziteta.** Ostvaruje manja promjena viskoznosti ulja sa temperaturom i ta se promjena može svesti u željene granice. Koriste se kod ulja za motore SUS.
  - ✓ **Deterdženti.** Zadatak ovih aditiva jeste da očuva čistoću motora, da neutrališu kisele produkte degradacije maziva i da štite metalne površine od korozije.
  - ✓ **Disperzanti.** Oni produkte oksidacije ulja drže u fino dispergovanom stanju, sprečavaju koagulaciju i ne dozvoljavaju taloženje. Zajedno sa prethodnim ima ulogu da drži motor čistim.



- **Antioksidanti.** Oksidacijska i termička stabilnost je neophodna kako bi se spriječila oksidacija maziva usljed visokih temperatura i viška kiseonika (zarobljen vazduh u unutrašnjosti motora). U tu svrhu se dodaju antioksidanti. To su funkcionalne hemikalije koje usporavaju reakcije oksidacije i eliminišu negativne efekte degradacije ulja, i time produžavaju vijek trajanja ulja. Sprečavaju formiranje taloga u ulju.
- **Antipjenušavci.** Ulje cirkuliše kroz sistem ulja velikom brzinom. Tokom ove cirkulacije kroz motor, vazduh i ulje se miješaju pri čemu postoji velika opasnost od stvaranja pjene. Ulje mora da kontroliše stvaranje pjene, jer pjenušanje ulja može biti štetno prije svega po ležajeve motora. Ovi aditivi smanjuju pojavu pjene. Ulja sa znatnim količinama aditiva (detergenti, inhibitori korozije i trenja) pokazuju veću sklonost ka pojavi pjenjenja. Pojava pjene u mazivu ubrzava oksidacione procese i stimuliše aeraciju.



- **Inhibitori korozije.** Ovo svojstvo je bitno kako bi zaštitilo površine ležajeva i ostalih dijelova motora od korozije, koja je najčešće posljedica sadržaja vode. Ovo su različita jedinjenja čiji je osnovni cilj sprečavanje rđanja metalnih površina u prisustvu vode.



## Motorna Ulja

Zadaci motornih ulja su sledeći:

- ✓ Podmazivanje svih pokretnih delova,
- ✓ Podnošenje mehaničkih opterećenja kod delova koji prenose snagu (motorni i razvodni mehanizam),
- ✓ Hlađenje svih toplotno opterećenih delova,
- ✓ Zaštita od korozije, rđe i habanja,
- ✓ Zaptivanje zazora između klipne grupe i cilindra,
- ✓ Kompatibilnost sa svim materijalima posebno zaptivnim prstenovima,
- ✓ Postojanost i dugovečnost,
- ✓ Niska isparljivost radi što manje potrošnje ulja i dr.

- Ulje u motoru je podvrgnuto hemijskim promjenama usljed složenog djelovanja različitih faktora, u zavisnosti od opterećenja motora, uslova rada, vrste goriva, konstrukcije motora i dr.
- Otpornost ulja protiv svih tih faktora postiže se izborom sirovine, metodama rafinacije i dodatkom aditiva.
- Za pravilan izbor odgovarajućeg mazivog ulja za određenu namjenu, korisnik mora da pozna sledeće:
  - ✓ Klasifikaciju ulja po viskoznosti (SAE),
  - ✓ Klasifikaciju ulja po nivou kvaliteta (API, ACEA, ILSAC) i
  - ✓ Klasifikacija po preporuci proizvođača motora (MAN, BMW, VW...) ili vojne klasifikacije (npr.MIL)

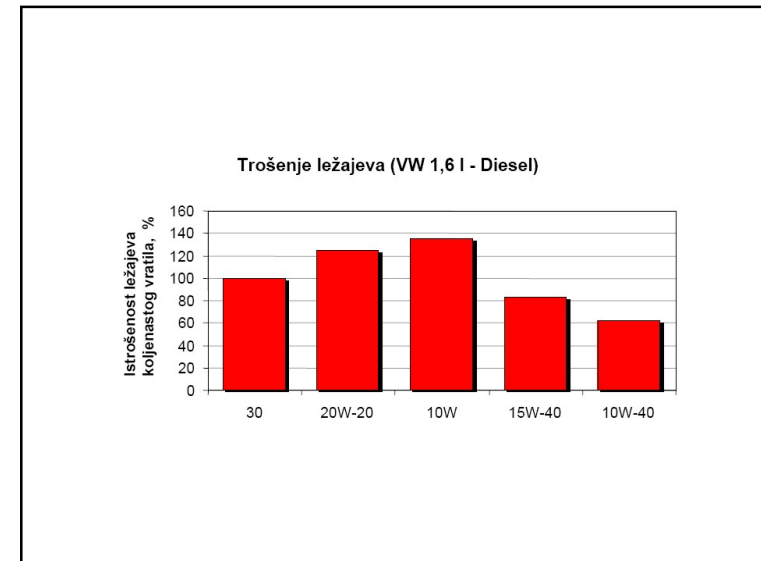
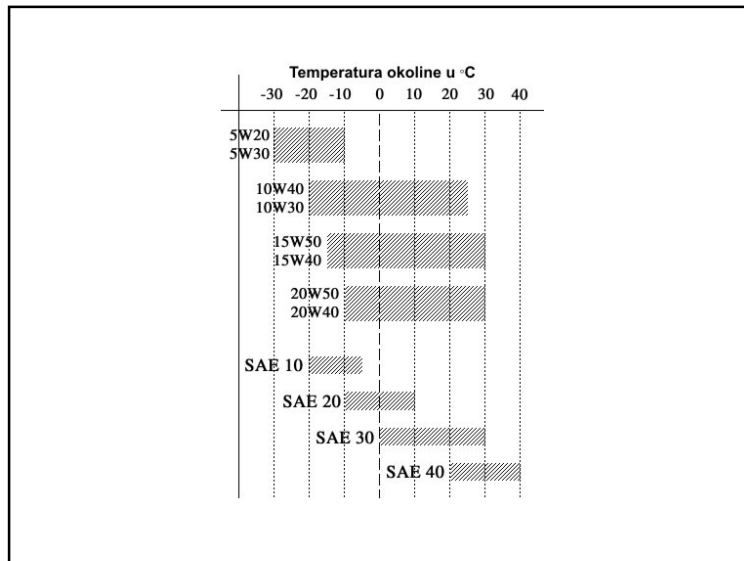


## SAE klasifikacija motornih ulja (klasifikacija po viskoznosti)

- Američko udruženje automobilskih inženjera (SAE - Society of Automotive Engineers) razvrstalo je ulja sa obzirom na viskoznost na dvije kategorije:
  - ✓ Monogradna ulja sa oznakom W. Koriste se pri niskim spoljni temperaturama. Ulja označena sa SAE 15W su monogradana za zimske uslove do -15°C, pa se za tu temperaturu propisuje viskozitet, a kao osiguranje i obezbjeđenje rada pumpe za ulje propisuje se granična temperatura pumpanja od -20°C, tako da se sa te dvije tačke definišu niskotemperaturna svojstva tečenja. Propisan je max viskozitet kod niskih temperatura i min viskozitet kod 100C.
  - ✓ Monogradna ulja bez oznake W. Koriste se pri visokim spoljnim temperaturama. Ulja SAE 40 su za ljetnje uslove (do + 40°C). Nominalna radna temperatura motornog ulja ljeti je oko 100°C pa se za te temperature propisuju rasponi kinematske viskoznosti. Ova ulja se primjenjuju za brodske dizel motore.

SAE viskozitet motornih ulja DIN 51 511					
SAE klasa	maksimalni viskozitet		maks. granica pumpanosti	viskozitet na 100°C	
	mPa	°C		mm	maks
0W	3250	-35	-35	3.8	-
5W	3500	-30	-30	4.1	-
10W	3500	-25	-25	4.4	-
15W	3500	-20	-20	4.7	-
20W	4500	-15	-15	5.0	-
25W	6000	-10	-10	5.3	-
30	-	-	-	5.6	12.5
40	-	-	-	9.3	16.3
50	-	-	-	12.5	21.9
60	-	-	-	16.3	26.1

- Danas se proizvode i motorna ulja koja po veličini viskoznosti pokrivaju istovremeno više SAE grupa. To su tzv. multigradna ili višesezonska motorna ulja. Ovakva motorna ulja obezbjeđuju širi temperaturski interval upotrebe.
- Multigradna ulja se koriste u podnebljima gdje je neophodna upotreba zimskih i ljetna ulja. Na ovaj način nije potrebna zamjena ulja u jesen i proljeće.
- Ulje sa oznakom SAE 15W-40 je tipično ulje za umjerena klimatska podneblja na niskim temperaturama se ponaša kao da je monogradno ulje SAE15W, a u ljetnjem periodu kao da je monogradno ulje SAE40. Drugim riječima, ono ima dobru tečljivost u zimskim uslovima na -15°C (kao SAE15W) i kontrolisanu viskoznost u ljetnjoj sezoni na +40°C (kao SAE40).
- Multigradna ili višesezonska ulja imaju visok indeks viskoznosti (od 110 do 180), što znači da njihova viskoznost u majnoj mjeri zavisi od promjene temperature, nego kod monogradnih ulja. To se postiže dodavanjem poboljšivača indeksa viskoznosti.
- Ova ulja se najviše primjenjuju za manje motore i one koji se nalaze na vozilima.



## API klasifikacija motornih ulja

- Klasifikacija motornih ulja prema viskozitetu ne određuje dovoljno njihov kvalitet, jer ne uzima u obzir ostala svojstva koja mora imati ulje da bi zadovoljilo svim uslovima podmazivanja motora, a to su:
  - ✓ Konstrukcije karakteristike motora (količina uljnog punjenja, broj ob. motora, dr.)
  - ✓ Uslove rada motora (opterećenje, uslovi okoline i dr.)
  - ✓ Vrsta goriva.
- Zbog toga je SAE klasifikacija dopunjena API-klasifikacijom, koju je razradio Američki Petrolejski Institut (API) na osnovu naprijed navedenih faktora.
- API - servis klasifikacija djeli motorna ulja u dvije osnovne grupe i to:
  - ✓ Ulje namijenjeno benzinskim motorima – S (Service),
  - ✓ Ulje namijenjeno dizel motorima – C (Commercial).

- Ulja za benzinske motore
  - ✓ SA, SB, SC, SD, SE, SF, SH, SJ, SK, SL, SM
  - ✓ S je bazna oznaka, a A (i dr) dopunske oznake. Dopunsko slovo A označava motorna ulja najstarije generacije motora i najlošijeg je kvaliteta, dok po redu zadnje slovo M označava motorna ulja za najnovije generacije benzinskih motora i najboljeg je kvaliteta.
- Ulja za dizel motore
  - ✓ CA, CB, CC, CD, CE, CF, CF2, CF4, CG, CH, CI i CJ
  - ✓ C je bazna oznaka a dopunska A do zaključno do danas J. Dopunsko slovo A označava motorna ulja za najstarije generacije dizel motora i najlošijeg je kvaliteta, dok po redu zadnje slovo (sada J) označava motorna ulja za najnovije generacije dizel motora i najboljeg je kvaliteta.
- Za podmazivanje malih dvotaktnih motora motorna ulja imaju baznu oznaku T. Dodatnu oznaku dobivaju za primjenu od A, B, C, D. Oznaka D upućuje na male vanbrodske motore.
- Motorna ulja označena sa dvostrukom oznakom npr. API SL/CF pogodna su za benzinske i za dizel motore.

## ACEA klasifikacija motornih ulja

### A/B : gasoline and diesel engine oils

**A1/B1** Oil intended for use in gasoline and car + light van diesel engines specifically designed to be capable of using low friction low viscosity oils with a High temperature / High shear rate viscosity of 2.6 to 3.5 mPa.s. These oils may be unsuitable for use in some engines. Consult owner manual or handbook if in doubt.

**A3/B3** Stable, stay-in-grade oil intended for use in high performance gasoline and car + light van diesel engines and/or for extended drain intervals where specified by the engine manufacturer, and/or for year-round use of low viscosity oils, and/or for severe operating conditions as defined by the engine manufacturer.

**A3/B4** Stable, stay-in-grade oil intended for use in high performance gasoline and direct injection diesel engines, but also suitable for applications described under A3/B3.

**A5/B5** Stable, stay-in-grade oil intended for use at extended drain intervals in high performance gasoline and car + light van diesel engines designed to be capable of using low friction low viscosity oils with a High temperature / High shear rate viscosity of 2.9 to 3.5 mPa.s. These oils may be unsuitable for use in some engines. Consult owner manual or handbook if in doubt.

### C : Catalyst compatibility oils

**C1** Stable, stay-in-grade oil intended for use as catalyst compatible oil in vehicles with DPF and TWC in high performance car and light van diesel and gasoline engines requiring low friction, low viscosity, low SAPS oils with a HTHS higher than 2.9 mPa.s. These oils will increase the DPF and TWC life and provide fuel economy benefit.

Warning: these oils have the lowest SAPS limits and may be unsuitable for use in some engines. Consult owner manual or handbook if in doubt.

**C2** Stable, stay-in-grade oil intended for use as catalyst compatible oil in vehicles with DPF and TWC in high performance car and light van diesel and gasoline engines designed to be capable of using low friction, low viscosity oils with a HTHS higher than 2.9 mPa.s. These oils will increase the DPF and TWC life and provide fuel economy benefit.

Warning: these oils may be unsuitable for use in some engines. Consult owner manual or handbook if in doubt.

**C3** Stable, stay-in-grade oil intended for use as catalyst compatible oil in vehicles with DPF and TWC in high performance car and light van diesel and gasoline engines. These oils will increase the DPF and TWC life.

Warning: these oils may be unsuitable for use in some engines. Consult owner manual or handbook if in doubt.

**C4** Stable, stay-in-grade oil intended for use as catalyst compatible oil in vehicles with DPF and TWC in high performance car and light van diesel and gasoline engines requiring low SAPS oil with HTHS higher than 3.5mPa.s. These oils will increase the DPF and TWC life.

Warning: these oils may be unsuitable for use in some engines. Consult owner manual or handbook if in doubt.

SAPS: Sulphated Ash, Phosphorus, Sulphur  
DPF: Diesel Particulate Filter  
TWC: Three way catalyst  
HTHS: High temperature / High shear rate viscosity  
EGR: Exhaust Gas Recirculation

### E: Heavy Duty Diesel engine oils

**E2** General purpose oil for naturally aspirated and turbocharged heavy duty diesel engines, medium to heavy duty cycles and mostly normal oil drain intervals.

**E4** Stable, stay-in-grade oil providing excellent control of piston cleanliness, wear, soot handling and lubricant stability. It is recommended for highly rated diesel engines meeting Euro 1, Euro 2, Euro 3 and Euro 4 emission requirements and running under very severe conditions, e.g. significantly extended oil drain intervals according to the manufacturer's recommendations. It is suitable for engines without particulate filters, and for some EGR engines and some engines fitted with SCR NOx reduction systems. However, recommendations may differ between engine manufacturers so Driver Manuals and/or Dealers shall be consulted if in doubt.

**E6** Stable, stay-in-grade oil providing excellent control of piston cleanliness, wear, soot handling and lubricant stability. It is recommended for highly rated diesel engines meeting Euro 1, Euro 2, Euro 3 and Euro 4 emission requirements and running under very severe conditions, e.g. significantly extended oil drain intervals according to the manufacturer's recommendations. It is suitable for EGR engines, with or without particulate filters, and for engines fitted with SCR NOx reduction systems. E6 quality is strongly recommended for engines fitted with particulate filters and is designed for use in combination with low sulphur diesel fuel (max 50 ppm). However, recommendations may differ between engine manufacturers so Driver Manuals and/or Dealers shall be consulted if in doubt.

**E7** Stable, stay-in-grade oil providing effective control with respect to piston cleanliness and bore polishing. It further provides excellent wear and turbocharger deposit control, soot handling and lubricant stability. It is recommended for highly rated diesel engines meeting Euro 1, Euro 2, Euro 3 and Euro 4 emission requirements and running under severe conditions, e.g. extended oil drain intervals according to the manufacturer's recommendations. It is suitable for engines without particulate filters, and for most EGR engines and most engines fitted with SCR NOx reduction systems. However, recommendations may differ between engine manufacturers so Driver Manuals and/or Dealers shall be consulted if in doubt.

# PITANJA ?