

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



Bakalářská práce

Moderní motorové a převodové oleje

Vedoucí práce: prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

Autor práce: Pavel Mejstřík

© 2018 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Mejstřík

Inženýrství údržby

Název práce

Moderní motorové a převodové oleje

Název anglicky

Modern engine and gear oils

Cíle práce

Cíl práce:

Shromáždit a přehledně zpracovat základní technické informace o moderních motorových a převodových olejích. Popsat jejich výrobu, základní vlastnosti, klasifikaci a označování, současný sortiment konkrétního vybraného výrobce.

Metodika

Rámcová metodika:

Formou výkladu zpracovat literární rešerši o moderních motorových a převodových olejích. K tomu účelu vyhledat, prostudovat a zpracovat informace o jejich výrobě, aditivaci, vlastnostech, klasifikaci.

Osnova:

- 1) Úvod
- 2) Cíle práce
- 3) Vlastnosti a požadavky na motorové a převodové oleje
- 4) Výroba a základní parametry současných motorových a převodových olejů
- 5) Klasifikace a označování motorových a převodových olejů
- 6) Porovnání klasifikačních systémů a doporučení pro volbu oleje
- 7) Příklad současného sortimentu a postupu volby oleje
- 8) Závěry
- 9) Literatura

Doporučený rozsah práce

40 – 50 stran

Klíčová slova

motorový olej, převodový olej, viskozitní klasifikace, výkonová klasifikace, aditivace oleje

Doporučené zdroje informací

Bečka, J. Tribologie. Praha 6: ČVUT, 1997. 212 p. ISBN 80-01-01621-8

Blažek, J., Rábl, V.: Základy zpracování a využití ropy. VŠCHT, Praha 2006, 254 s., ISBN 80-7080-619-2

Černý J., Když se řekne: základové oleje [online]. Dostupný

z <http://www.oleje.cz/clanek/Kdyz-se-rekne-zakladove-oleje>

Legát, V. a kol.: Management a inženýrství údržby. Professional Publishing, Praha, 2. vydání, 2016, 622 s., ISBN 978-80-7431-163-5

Pošta, J.: Provozní schopnost strojů. ČZU, TF, Praha 2002, 95 s., ISBN 80-213-0966-0

Řízení a údržba průmyslového podniku. Trade Media International, s.r.o., Český Těšín, ročníky I až VII, ISSN 1803-4535

Tribologie Přednáška 8. [online]. Dostupný

z <http://old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/tribologie/prednasky/prednaska8.pdf>

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – TF

Vedoucí práce

prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Elektronicky schváleno dne 2. 1. 2017

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 1. 2017

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 09. 03. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Moderní motorové a převodové oleje" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 29.03.2018

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval panu prof. Ing. Josef Poštovi, CSc. za jeho odborné vedení, připomínky a cenné rady. Zejména pak za jeho ochotu a osobní přístup při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce podává souhrn informací o moderních motorových a převodových olejích používaných především v automobilech a mobilních strojích, ale také letadlech či plavidlech. Úvodní kapitola je věnována výrobě, kde ze surové ropy vzniká základový olej, aditivaci a celkovému složení těchto olejů. V návaznosti na složení olejů jsou v následující kapitole probrány nezbytné podmínky pro správné plnění požadovaných funkcí a také vlastnosti zmiňovaných olejů. V další části jsou shrnuty způsoby označování, viskozitní a výkonostní klasifikace popisovaných olejů. Na závěr je uveden současný sortiment konkrétního výrobce a doporučené postupy pro volbu vhodného oleje.

Klíčová slova: motorový olej, převodový olej, viskozitní klasifikace, výkonová klasifikace, aditivace oleje

Abstract

This bachelor thesis summarizes the information about modern engine and gear oils used mainly by cars and mobile machines but also by aircrafts or vessels. The introductory chapter is devoted to production where crude oil generates base oil, additive and total composition of these oils. As a consequence of the composition of the oil, the necessary conditions for proper fulfilment of required functions and functional properties are discussed in the following chapter. The next section summarizes the types of labelling, viscosity and performance classification of the described oils. In conclusion the current manufacturer's assortment and best practices for choosing the right oil are stated.

Key words: motor oil, gear oil, viscosity classification, performance classification, oil additives

Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce a metodika	12
2.1	Cíl práce	12
2.2	Metodika	12
3	Výroba a složení současných motorových a převodových olejů.....	13
3.1	Výroba motorových a převodových olejů	13
3.1.1	Ropa, základní surovina pro výrobu olejů.....	13
3.1.2	Základové oleje.....	15
3.1.2.1	Minerální oleje	15
3.1.2.2	Syntetické oleje	16
3.1.2.3	Polosyntetické oleje.....	17
3.2	Aditivace motorových a převodových olejů.....	18
3.2.1	Aditiva s povrchovým účinkem.....	18
3.2.2	Aditiva zlepšující vlastnosti oleje.....	19
3.2.3	Aditiva s ochranným účinkem.....	20
4	Požadavky na vlastnosti motorových a převodových olejů.....	22
4.1	Motorové oleje.....	22
4.1.1	Základní funkce oleje v motoru.....	22
4.1.2	Požadavky na motorové oleje.....	26
4.1.3	Vlastnosti motorových olejů.....	28
4.2	Převodové oleje.....	30
4.2.1	Požadavky na převodové oleje	31
4.2.2	Vlastnosti převodových olejů	32
5	Klasifikace a označování motorových a převodových olejů	34
5.1	Viskozitní klasifikace	34
5.1.1	Motorové oleje.....	34
5.1.2	Převodové oleje	36
5.2	Výkonnostní klasifikace	37
5.2.1	Motorové oleje.....	37
5.2.1.1	Klasifikace API	38
5.2.1.2	Klasifikace ACEA.....	40
5.2.1.3	Normy výrobců automobilů a motorů.....	43
5.2.1.4	Ostatní klasifikace	44
5.2.2	Převodové oleje	45

6	Příklad současného sortimentu a postup při volbě oleje.....	47
6.1	Motorové oleje.....	47
6.1.1	Jak vybrat správný motorový olej?.....	48
6.2	Převodové oleje.....	49
6.2.1	Jak vybrat správný převodový olej?	50
7	Závěr	52
8	Seznam použitých zdrojů.....	53
	Seznam obrázků.....	56
	Seznam tabulek.....	56

1 Úvod

Volba motorového oleje má podstatný vliv na správný chod motoru, v případě oleje převodového pak na bezproblémovou funkci převodového systému. Oba druhy olejů musí nejen dobře mazat a ulpívat na mazaném povrchu, ale také odvádět teplo z třecích ploch, chránit kovové i nekovové povrchy před korozí, odolávat stárnutí, plnit těsnící funkci, rozptylovat vzniklé nečistoty a zabraňovat jejich usazování a umožňovat provoz v širokém rozsahu teplot, tedy jak v zimních, tak i letních teplotách.

Kvalita mazacího oleje je určena kvalitou základového oleje a celé řady přísad, jejichž přítomnost v oleji je nezbytná ke splnění požadavků kladených na tyto oleje. Právě díky aditivům dosahuje olej kýžených vlastností. Čím je kvalita základového oleje vyšší, tím vyšší účinnosti mohou přísady dosáhnout. Z nekvalitního základového oleje nelze vyrobit vyhovující mazací olej pouze přidáním kvalitních aditiv.

Oleje používané dnes se zdaleka nepochobají těm, které byly používány ve strojích v minulosti. Prvně používané oleje byly husté jako vazelína a neobsahovaly žádná aditiva ke zlepšení užitečných vlastností. Jednalo se o málo rafinované ropné základové oleje, jejichž výměnné lhůty se pohybovaly pouze v řádu stovek kilometrů. Pro lepší přilnavost byly tyto oleje obohaceny o řepkový nebo ricinový olej.

Prvními přísadami, které výrazně zvýšily kvalitu olejů, byly antioxidanty. Nejen, že chránily mazací oleje před oxidací, ale také výrazně prodloužily jejich výměnné intervaly. Delší intervaly výměny s sebou přinesly nutnost řešení problematiky nečistot, k jejichž hromadění docházelo. Problém s nečistotami byl vyřešen přidáním detergentů a disperzantů.

Mazací oleje, se kterými se setkáváme v dnešní době dále obsahují např. protioděrové přísady, modifikátory tření, depresanty, antikoroďanty, protipěnovostní a další přísady. Nejedná se už pouze o minerální oleje, ale také o oleje polo a plně syntetické. S vývojem stále modernějších motorových a převodových soustav rostou nároky zejména právě na kvalitu přísad, jejichž zdokonalováním je nutné se neustále zabývat.

Současně s trendem přidávání a zdokonalování aditiv byl kladen důraz na snižování viskozity. Trend snižování viskozity přetrvává dodnes. S tím rozdílem, že díky rozšíření vícerozsahových olejů není nutné používat hustší olej na zimu a tekutější na léto, ale stačí jeden univerzální, celoroční.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je shromáždit a přehledně zpracovat základní technické informace o moderních motorových a převodových olejích. Popsat jejich výrobu, základní vlastnosti, klasifikaci, označování a současný sortiment konkrétního vybraného výrobce.

2.2 Metodika

Formou výkladu bude zpracována literární rešerše o moderních motorových a převodových olejích. K tomu účelu budou vyhledány, prostudovány a zpracovány informace o jejich výrobě, aditivaci, vlastnostech a klasifikaci.

3 Výroba a složení současných motorových a převodových olejů

Oleje jsou organické sloučeniny mastné povahy, jsou lehčí než voda, v níž jsou nerozpustné. Veškeré motorové i převodové oleje vznikají jako směs dvou základních složek, oleje základového a vhodných zušlechťujících přísad. Základové oleje rozdělujeme na minerální, polosyntetické a syntetické. Pro mazání se v malé míře používají také oleje rostlinného či živočišného původu. [1]

Minerální oleje vznikají jako produkty frakční destilace surové ropy. V případě, že je potřeba dosáhnout lepších vlastností oleje, které minerální olej není schopen poskytnout (např. provoz v extrémně nízkých či vysokých teplotách), je využíván olej syntetický, který je získáván syntézou chemických látek. Kompromisem mezi těmito druhy olejů jsou oleje polosyntetické, obsahující syntetickou i minerální složku.

3.1 Výroba motorových a převodových olejů

Pro dosažení požadované kvality a užitných vlastností motorového, ale i převodového oleje je zcela stěžejní volba vhodného základového oleje, který je získáván z ropy.

3.1.1 Ropa, základní surovina pro výrobu olejů

Ropa, která je základní surovinou pro výrobu základových olejů, je směsí plyných, kapalných, polotuhých a tuhých uhlovodíků světle žluté, hnědé až černé barvy. Obsahuje organické sloučeniny některých prvků jako jsou např. síra, dusík, kyslík a také některé anorganické soli jako chloridy nebo sírany. Mohou se v ní vyskytovat částice písku a hlíny nebo voda. Přítomnost těchto složek je nežádoucí a musí být z ropy odstraněny. [1]

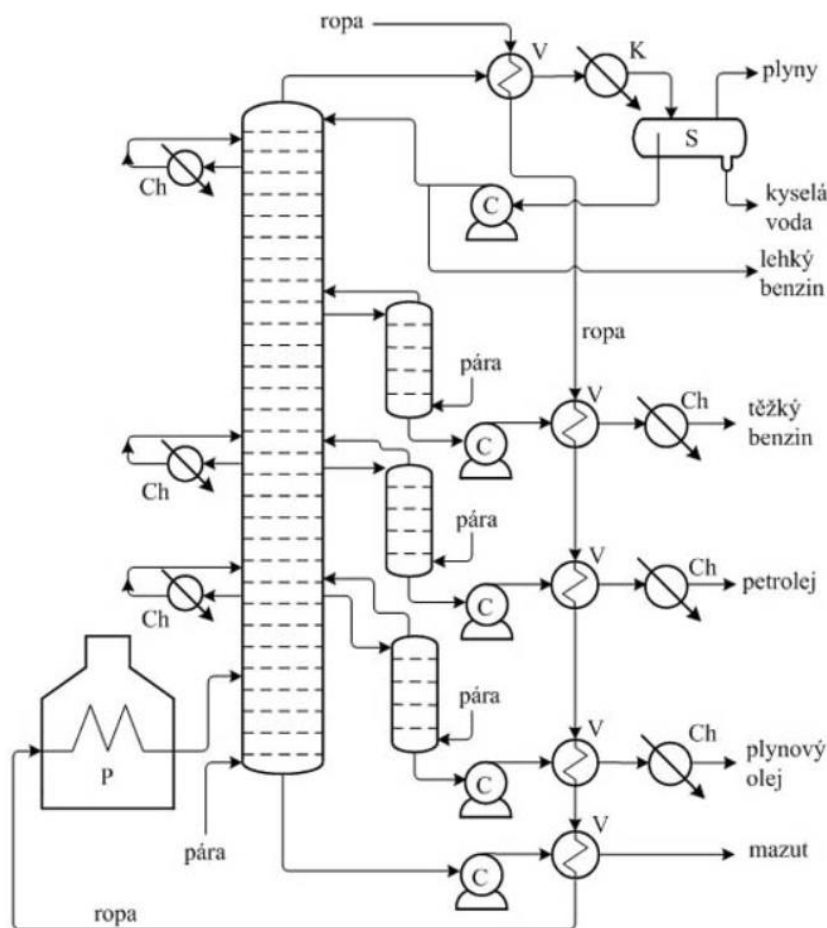
Zpracování ropy

K získání jednotlivých užitných složek (frakcí) ropy se využívá frakční destilace za normálního (atmosférická destilace) a sníženého tlaku (vakuová destilace) při použití přehřáté páry. Frakční destilace probíhá v rafinériích, kde jsou vyráběny pohonné hmoty, mazací prostředky, asfalty a další petrochemické suroviny. Z hlediska sortimentu produktů se způsoby zpracování ropy dělí na [2]:

- palivářské rafinerie, které se zabývají výrobou motorových paliv
- olejářské rafinerie, kde vzniká široké spektrum mazacích olejů
- rafinerie smíšené, určené pro výrobu široké škály ropných produktů

V první řadě jsou z ropy při procesu tzv. odsolování odstraněny zbytky anorganických solí, které se nepodařilo odstranit v místě těžby. Anorganické soli, vyskytující se v emulgované vodě, by mohly způsobit korozi potrubí, zanášet trubky v chladičích či kondenzátorech nebo zhoršit přestup tepla.

Následují 2 typy destilace, nejprve atmosférická a poté vakuová. Ropa je rozdestilována na užší frakce, které jsou dále zpracovávány samostatně. Během atmosférické destilace je ropa přehřívána ve výměnících tepla, ohřívána v trubkové peci a na základě teploty bodu varu rozdělena na jednotlivé frakce. V nejvyšších patrech kolony je získána benzínová frakce, níže pak petrolejová frakce, plynový olej a destilační zbytek, mazut, z něhož je následnou vakuovou destilací získáván minerální základový olej. Konečným procesem zpracování ropy je petrochemická výroba. [2]



Obr. 1 Atmosférická kolona ropy [2]

(C - čerpadlo, S - separátor, K - kondenzátor, P - trubková pec, V - výměník tepla, Ch - chladič)

3.1.2 Základové oleje

K nejdůležitějším faktorům, které ovlivňují získání vhodného základního oleje patří výběr ropy optimálního charakteru, ideální rafinace a skladba olejových frakcí. Pro vznik motorových a převodových olejů jsou nejvhodnějšími základními oleji rafináty z parafinických či naftenických rop. [1]

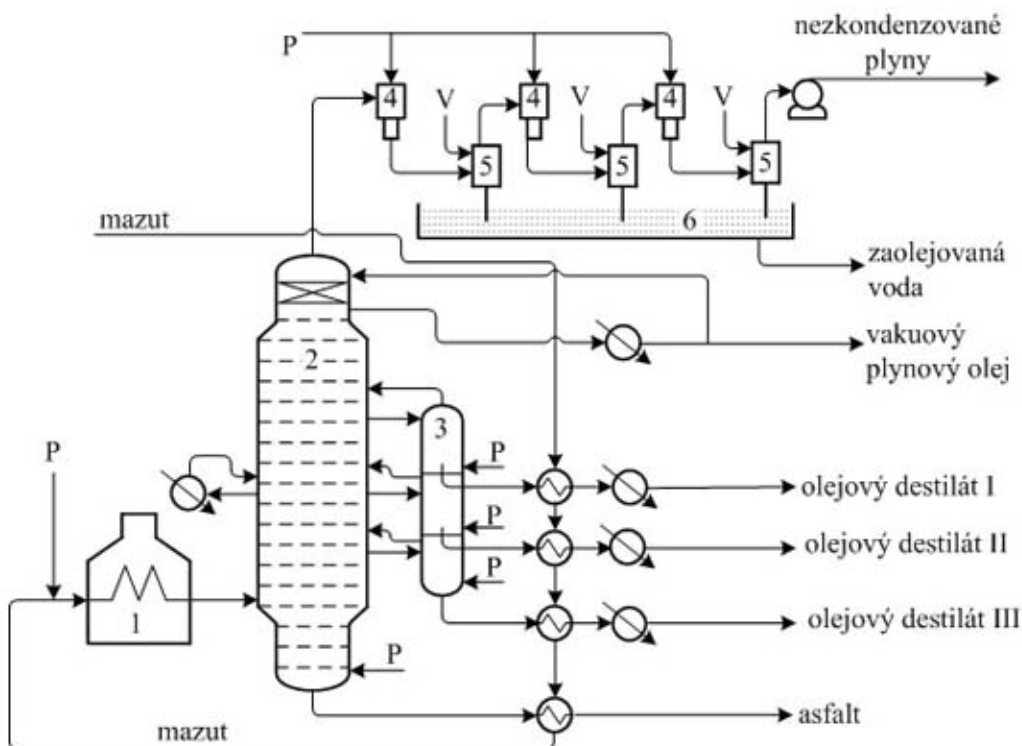
Základové oleje si vyrábí většina velkých a známých olejářských společností ve vlastních rafinériích. Dnes však není výjimkou, že podíl v jedné společnosti má hned několik dalších společností. Zejména pro menší rafinérie je cenově výhodnější nechat si kvalitní základový olej dovézt než si vyrábět vlastní. [7]

3.1.2.1 Minerální oleje

Oleje minerální, někdy také označovány jako ropné, jsou směsí uhlovodíků. Vakuovou destilací mazutu jsou získány olejové destiláty (Obr. 2). Aby bylo možné vzniklé destiláty využívat k požadovaným účelům, je nutné provést následující přípravné operace [2], [3]:

- **Odasfaltování**, které u těžkých destilátů slouží k odstranění asfaltických látek. Zpravidla je používán kapalný propan.
- **Rafinace**, sloužící ke zlepšení vlastností základového oleje. Odstraňuje nežádoucí podíly jako jsou aromatické uhlovodíky, kyslíkaté a dusíkaté sloučeniny nebo pryskyřice. K rafinaci se často využívají selektivní rozpouštědla, kdy vznikají oleje nazývané rozpouštědlové rafináty s velkým obsahem aromatických uhlovodíků vedoucích k tvorbě karbonu. Modernějším způsobem rafinace je hydrokrakování, při němž dochází k přeorganizování ropných molekul a je odstraněna podstatná část síry a dusíku, za vzniku hydrokrakovaných olejů, které obsahují velmi málo aromatických uhlovodíků (0 - 5 %) a vyznačují se v podstatě nulovým obsahem síry.
- Následným **odparafinováním** je olej zbaven tuhých uhlovodíků, čímž dochází ke snížení jeho bodu tuhnutí. Mezi způsoby této operace patří rozpouštědlové odparafinování, kdy je olej smíchán s rozpouštědlem a parafin, využívající se např. v obalové technice, je odfiltrován. Moderní oleje jsou zbaveny parafinů pomocí hydroizomerace.
- Nakonec probíhá **dorafinace**, díky níž se odstraní zbytkové nečistoty a olej získá světlejší barvu. Zákazníci ve většině případů mylně preferují právě světlejší barvu oleje, která však není ukazatelem kvality. Dorafinace může být realizována adsorbci

nežádoucích složek oleje na povrch polárních adsorbentů, hydrogenačně, pomocí rozpouštědel nebo hlinek. Z takto upraveného ropného základu je už možné vyrábět různé druhy olejů.



Obr. 2 Vakuová destilace ropy [2]
 (1 - trubková pec, 2 - vakuová kolona, 3 - boční kolonky, 4 - parní ejektor, 5 - barometrický kondenzátor, 6 - hydraulická uzávěrka, P - pára, V - chladicí voda)

3.1.2.2 Syntetické oleje

Syntetický olej není vyráběn přímo z ropy, ale z upraveného ropného základu. Výhodou uměle vyrobených olejů je to, že se získávají pouze potřebné složky nutné pro splnění požadavků na olej, což u přírodního ropného základu není možné. Olej je zbaven nežádoucích složek, které destilací z minerálních olejů odstranit nelze. Samotný syntetický olej pak vzniká chemickou cestou, složitou syntézou uhlovodíků. Podle chemické struktury jsou syntetické oleje klasifikovány [4]:

1. Syntetické uhlovodíky (SHC)

- polyalfaolefiny (PAO)
- polyizobuteny
- dialkylbenzeny
- alkylové aromáty

2. Estery

- diestery
- polyolestery (POE)
- fosfátové estery

3. Ostatní

- polyalkylenglykoly (PAG)
- silikony

Nejčastěji jsou jako syntetické základové oleje používány polyalfaolefiny (PAO), získávané syntézou z plynného ethylenu, které olejům poskytují lepší nízkoteplotní vlastnosti, než dosahují minerální oleje, ale naopak špatně rozpouští některá aditiva. Stejně jako hydrokrakované oleje obsahují málo aromatických uhlovodíků. Rozpustnost aditiv zlepšují esterové oleje, které navíc velmi dobře přilnou ke kovovým materiálům, což vede k jejich dobré konzervaci a ochraně třecích ploch proti opotřebení.

V porovnání s minerálními oleji mají syntetické oleje vyšší odolnost proti vysokým teplotám, lepší výkon při nižších teplotách, zvýšenou čistotu a ochranu motoru (proti opotřebení, oxidaci, stříhovému namáhání), prodlouženou životnost a nižší spotřebu oleje díky nízké odparnosti. [5],[6]

Tab. 1 Rozdělení základových olejů podle API [3]

Skupina	Nasycené uhlovodíky (% hm.)	Síra (% hm.)	Viskozitní index	Typ oleje
I	pod 90	nad 0,03	80 - 120	rozpouštědlové rafináty
II	nad 90	pod 0,03	80 - 120	hydrokrakové oleje
III	nad 90	pod 0,03	nad 120	hydrokrakové oleje
IV	polyalfaolefiny - PAO			
V	ostatní syntetické oleje (estery, polyetery, polyglykoly, silikony a další)			

3.1.2.3 Polosyntetické oleje

Jedná se o minerální oleje s určitým podílem syntetických složek. Jde o určitý kompromis, kdy jsou z obou typů olejů vybrány dobré vlastnosti. Poskytují lepší výkon a ochranu či nižší spotřebu paliva než minerální oleje, ale nedosahují kvalit olejů syntetických. Obsah syntetické

složky by neměl být menší než 20 % objemu. Nejlepší polosyntetické oleje obsahují až 65 % syntetického oleje. [6]

3.2 Aditivace motorových a převodových olejů

Druhou, velmi podstatnou složkou motorových a převodových olejů, jsou vedle základového oleje různé zušlechťující přísady, tzv. aditiva. Jedná se o chemické látky, které zlepšují užité vlastnosti jednotlivých olejů tak, aby oleje splňovaly na ně kladené požadavky a vyrovnaly se výrobní nedostatky. Zároveň prodlužují jejich životnost. Přesné množství a druh aditiv stanovují výrobci na základě norem, dlouhodobých laboratorních a provozních zkoušek. Celkové množství u moderních olejů může dosahovat až 30 % hmotnosti. [2]

Výroba kompletního balíčku aditiv je soustředěna převážně do dvou velkých aditivářských firem. Několik dalších firem pak vyrábí pouze vybraná aditiva. Olejářské firmy nevyrábí žádná vlastní aditiva, ale všechna nakupují od firem aditivářských, které jim společně s aditivou dodají návod pro výrobu motorového nebo převodového oleje (poměr základových olejů a aditiv). Aditivářské firmy prodávají stejná nebo jen málo upravená aditiva i několika olejářským společnostem. Aditiva jsou přidána do směsi základových olejů ve vlastní mísičce za vzniku hotového oleje, připraveného k použití. [7]

Existuje celá řada aditiv, která můžeme rozdělit do tří základních skupin. Jedná se o aditiva se schopností zlepšovat určité vlastnosti, aditiva s povrchovým účinkem a aditiva s ochranným účinkem. [5], [6], [8]

3.2.1 Aditiva s povrchovým účinkem

Detergenty

Detergenty potlačují tvorbu nečistot na kovových částech motoru tím, že jejich zárodky uvolňují z povrchu mazaných dílů a mazivo tak lépe přilne k povrchu mazané plochy. Mezi nečistoty mohou patřit saze, prachové částice, karbonové povlaky či produkty degradace olejů. Přítomnost detergentů dále neutralizuje kyselé produkty oxidace a hoření, čímž chrání motor proti korozi a koroznímu opotřebení. Nejsou používány v leteckých olejích. Nejčastěji se používají sulfonáty a alkylnoláty.

Disperzanty

Vzájemnému shlukování uvolněných nečistot pomocí detergentů a jejich případnému usazování zabráňují disperzanty, které nežádoucí částice udržují v disperzi, díky čemuž

nezpůsobí nečistoty v oleji žádné vážnější problémy. Nedochází tak k ucpání olejových kanálů či filtrů. Nejpoužívanějším zástupcem těchto aditiv jsou sukcinimidy.

Vysokotlaká aditiva

Jsou přidávány do olejů, kde lze předpokládat působení velkých tlaků, tedy zejména olejů převodových. Tato aditiva poskytují zvýšenou odolnost mazacího filmu proti roztrhnutí vlivem působení vysokých tlaků díky aktivním sloučeninám chloru, síry a fosforu, které na povrchu reagují s vysokotlakými aditivy (sírné sloučeniny, dithiofosfáty kovů) za vzniku chloridů, sulfidů a fosfidů, které mají dobré mazací účinky. Takto vzniklý mazací film zabraňuje kovovému kontaktu, zadření, resp. svaření kovových povrchů.

Protikorozní aditiva (antikorozy)

Používají se látky jako benzthiazol, sukcinimidy nebo estery mastných kyselin. Tyto látky zabraňují, nebo alespoň zpomalují korozi částí motoru díky tvorbě ochranného filmu na povrchu mazaných součástí. Film zabraňuje přístupu vody a korozivních látek.

Modifikátory tření (mazivostní aditiva)

Jde o aditiva upravující tření (vznikající na třecích plochách) na požadovanou hodnotu vytvořením tenkého filmu. Např. automatické převodovky požadují přesnou hodnotu tření. Jako modifikátory tření se nejčastěji používají mastné kyseliny.

3.2.2 Aditiva zlepšující vlastnosti oleje

Modifikátory viskozity

Podílí se na zlepšení viskozitně teplotní charakteristiky oleje tím, že omezuje tendenci oleje měnit svoji viskozitu se změnou teploty. Umožňují výrobu tzv. celosezónních olejů (multigradové oleje) a zlepšují startovatelnost motoru v zimním období. Jsou to chemické látky jako např. polymetakryláty, polyizobutyleny a polystyreny.

Depresanty (snižovače bodu tuhnutí)

Zlepšují tekutost oleje za nízkých teplot, snižují tedy jeho teplotu tuhnutí tím, že zabraňují shlukování parafinů za nízkých teplot. Vyšší hustota olejů způsobuje horší mazání a větší ztráty energie. Mezi nejdůležitější druhy depresantů patří kondenzační produkty parafinu s naftalenem nebo polymetakrylát.

Aditiva chránící elastomery¹

Slouží ke zpomalování stárnutí gumových a plastových částí, které jsou ve styku s mazivem (např. těsnění). Zajišťují stálou elasticitu (pružnost) plastových a gumových částí.

3.2.3 Aditiva s ochranným účinkem

Antioxidanty (inhibitory oxidace)

Zlepšují a zajišťují oxidační stabilitu oleje, ale zároveň také přispívají k prodloužení životnosti olejů. K největším oxidačním změnám dochází v místech o vysoké teplotě. Jedná se o oblasti pístů, ventilů, turbodmychadla, ale i klikové skříně vlivem přítomnosti horkých spalin z válců motoru. Pokud by v oleji nebyly antioxidanty přítomny, docházelo by k tvorbě karbonových usazenin či koroze, což má za následek zhoršení vlastností oleje. Antioxidanty nedokážou oxidaci zcela zastavit, nýbrž ji pouze zpomalit. Dělí se na:

- *nízkoteplotní antioxidanty* působící do teplot cca 150 °C (fenoly nebo aminy)
- *vysokoteplotní antioxidanty* působící nad teploty 150 °C (dialkylditiofosfáty kovů)

Protipěnovostní aditiva

Vlivem promíchávání oleje se vzduchem dochází ke vzniku pěny, která má na olej nežádoucí účinky (např. stárnutí oleje či zvyšování viskozity). Právě protipěnovostní aditiva potlačují vznik pěny. Odbourání pěny dosahují tak, že snižují povrchové napětí bublin a urychlují tak jejich praskání. Používají se především polysiloxany.

Deaktivátory kovů

Tento druh aditiv má za úkol zabránit vzniku chemických reakcí na povrchu mikroskopických kovových částic, které v mazivu vznikají v důsledku vzájemného tření kovových ploch. Kovové částice způsobují urychlení chemické degradace oleje. Schopností těchto aditiv je neutralizovat ionty kovů v oleji, díky čemuž na povrchu kovu vzniká ochranný film.

¹ Elastomer je makromolekulární látka vykazující velkou pružnost při normální teplotě (např. kaučuk). [30]

Tab. 2 Použití jednotlivých aditiv v olejích [9]

ADITIVA		MO	PO	ADITIVA	MO	OP
ANTIOXIDANTY	NÍZKOTEPLTNÍ	(+)	-	MODIFIKÁTORY TŘENÍ	+	-
	VYSOKOTEPLTNÍ	+	+	PROTIZADÍRACÍ PŘÍSADY	+	+
DETERGENTY		+	-	VYSOKOTLAKÉ PŘÍSADY	-	+
DISPERSANTY		+	-	PROTIPĚNIVOSTNÍ PŘÍSADY	+	(+)
INHIBITORY KOROZE		+	+	ODLUČOVAČE VODY	-	+
MODIFIKÁTORY VSKOZITY		+	(+)	MAZIVOSTNÍ PŘÍSADY	(+)	(+)
DEPRESANTY		+	+	PROTIDĚROVÉ PŘÍSADY	+	+

Poznámka: + používané, - nepoužívané, (+) používané v některých druzích.

MO – motorové oleje, PO – převodové oleje.

4 Požadavky na vlastnosti motorových a převodových olejů

Zásadní rozdíl mezi motorovým a převodovým olejem můžeme vzhledem k rozdílným požadavkům na tyto oleje registrovat v odlišném množství a různorodosti jednotlivých zušlechťujících látek (kapitola 3.2). V převodových olejích se vyskytuje užší spektrum aditiv, jelikož jejich nadměrné množství může vést až ke zvýšení tření.

Pro hodnocení vlastností převodových a motorových olejů se používají časově a finančně náročné zkoušky, které dokážou simulovat skutečný provoz. Jsou prováděny na speciální motorech nebo převodovkách za předepsaných podmínek. Po dokončení zkoušek se hodnotí míra opotřebení a čistota jednotlivých součástí motoru či převodovky. Pro hodnocení vlastností je také možné provést levnější a jednodušší laboratorní zkoušky. Ty však nemají takovou vypovídající hodnotu jako zkoušky motorové. [1]

4.1 Motorové oleje

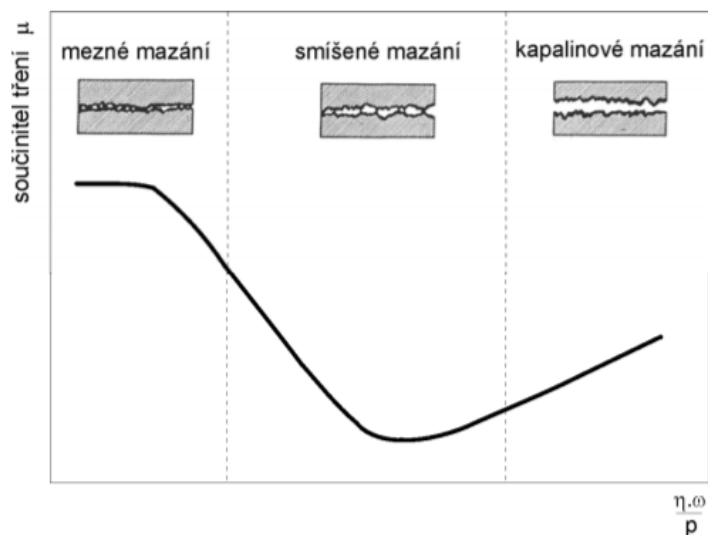
Vývoj v konstrukci hnacích agregátů postupně nutil výrobce olejů a maziv ke stálému zdokonalování výroby (dříve se používal k mazání řepkový olej, rybí tuk a lůj), ať už změnou technologie při výrobě nebo přidáváním různých aditiv. [9]

4.1.1 Základní funkce oleje v motoru

Motorové oleje mají zásadní vliv na provoz motoru. K jejich nejdůležitější funkci patří mazání, a to i za ztížených podmínek. Dále je požadováno chlazení (odvod tepla vzniklého při hoření a třením), ochrana proti korozi, odstraňování nečistot, tlumení hluku, těsnivost v oblasti spalovacího prostoru a konzervace kovových ploch při odstavení motoru. Ke splnění všech požadavků jsou přidávána již zmíněná aditiva. Základové oleje a aditiva musí být smíchány v takovém množství a poměru, aby nebyla žádná vlastnost oleje zvýhodněna na úkor jiné. Mezi základní funkce motorového oleje řadíme [6], [10], [11], [14]:

1. Mazání

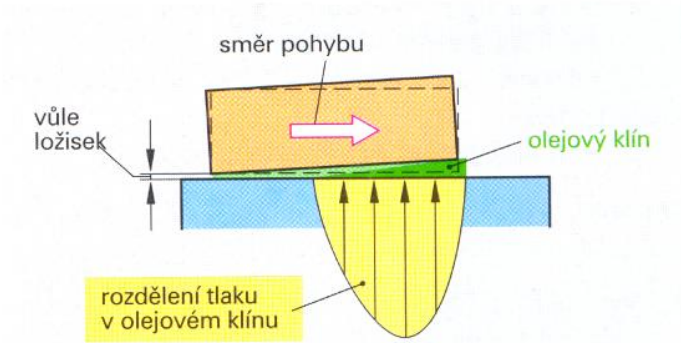
Prostřednictvím mazání se předchází tření mezi vzájemně se pohybujícími plochami. Díky mazivům tak dochází k úplnému odstranění tření, nebo alespoň k jeho zmírnění vytvořením dostatečně únosného olejového filmu za všech podmínek mazání (kapalinné, smíšené, mezné) a širokého rozsahu teplot [13].



Obr. 3 Stribeckova křivka – závislost součinitele tření μ na viskozitě η , úhlové rychlosti ω a převrácené hodnotě tlaku p [13]

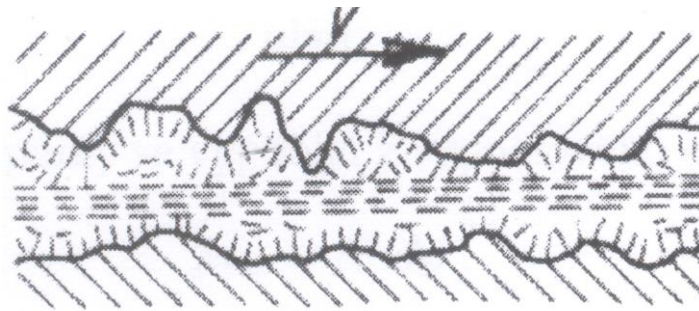
a) Kapalinné tření

Optimální případ, kdy jsou třecí plochy úplně odděleny souvislou a nepřetržitou vrstvou maziva. Pro vznik hydrodynamického mazání je předpokladem dostatečná minimální smyková rychlost obou ploch, dostatek maziva a vytvoření tzv. hydrodynamického klínu na nájezdové hraně.



Obr. 4 Vznik olejového klínu [14]

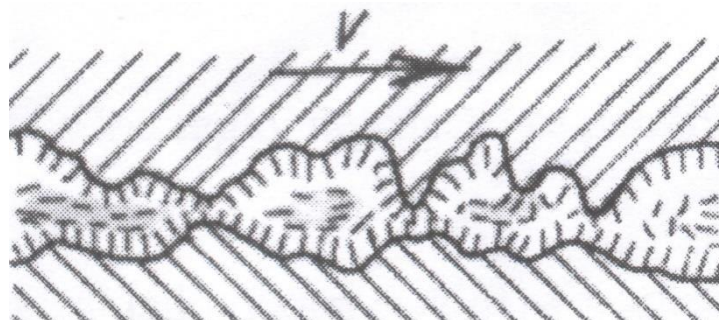
Při splnění těchto podmínek vzniká při pohybu třecích ploch vrstva maziva, v níž se vytvoří tak velký tlak, že je schopna nadzvednout zatíženou plochu. Třecí plochy jsou od sebe dokonale odděleny, nedochází ke styku nerovností povrchů ani k opotřebení. Takovéto tření nastává u ložisek vačkového a klikového hřídele. Čím vyšší je viskozita oleje (kapitola 4.1.3.), tím vyšší tlak snese mazací vrstva. Viskozita nemůže být nepřiměřeně velká, protože s její rostoucí velikostí roste třecí práce v mazací vrstvě, což způsobuje snížení mechanické účinnosti této vrstvy. Zmařená třecí práce se navíc přeměňuje v teplo, čímž se zvětšuje pracovní teplota zařízení.



Obr. 5 Kapalinné tření [12]

b) Polosuché tření (mezné)

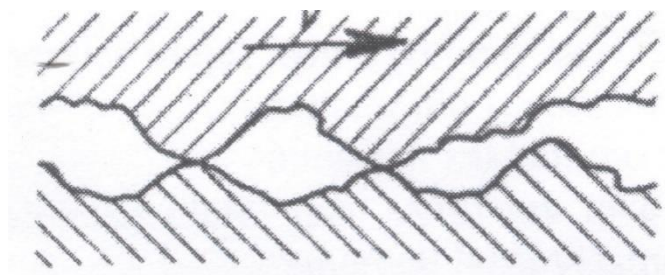
Pokud nejsou splněny všechny podmínky pro vznik kapalinného tření, nastává tření tzv. mezné. Nejčastější příčinou bývá nedostatečná rychlost vzájemného pohybu třecích ploch. Taková situace nastává např. u třecích ploch pístů v okolí úvrati, ložisek pístních čepů a také vždy při rozběhu a zastavení motoru nebo jeho malých otáčkách. Polární molekuly maziva pevně přilnou k povrchu kovu a vytvoří souvislou mezní vrstvu. Při vzájemném pohybu třecích ploch dochází k částečnému kovovému styku a ořezu. V místě nejvyššího tlaku může dojít k úplnému porušení mezní vrstvy a tím vzniku opotřebení třecích ploch.



Obr. 6 Polosuché tření [12]

c) Suché tření

Mezi třecími plochami se nevyskytuje mazivo, proto dochází k jejich velkému opotřebení, zahřívání a zadírání. Druh tohoto tření samozřejmě není v motorech ani převodovkách žádoucí a je snaho jej minimalizovat.



Obr. 7 Suché tření [12]

2. Chlazení

Význam chlazení roste se zvyšováním výkonu motoru. Funkci chlazení zajišťuje tok velkého množství oleje, který odvádí teplo vznikající při chodu motoru z míst s vysokou teplotou na chladicí plochy, kde se předá vzduch, popřípadě voda. Chladicími plochami jsou např. chladič oleje nebo stěny olejové vany motoru. Olej nemá pro chlazení přívětivé vlastnosti, protože špatně vede teplo a má malé měrné teplo. Přilne totiž k povrchu součásti a vytvoří nepohyblivou vrstvičku. Tloušťka této vrstvičky se s rostoucí viskozitou zvětšuje což způsobuje snížení přestupu tepla. Čím menší je tedy viskozita oleje, tím účinněji dokáže chladit.

3. Dotěsnění pístu

Aby bylo pronikání stlačených plynů kolem pístu co nejmenší, musí motorový olej dostatečně utěsnit prostor mezi pístními kroužky a stěnou válce. Dotěsnění pístu zabezpečuje vrstva oleje ulpívající na stěnách válců, funkčních plochách pístních kroužků a na plášti pístu. Olej o vyšší viskozitě má schopnost vytvořit tlustší vrstvu a je schopen utěsnit i větší mezery. Nároky na tuto funkci jsou v současné době, vzhledem k moderní technologii výroby motorů a jejich komponent, malé. Moderní motory tím pádem požadují méně viskózní olej než motory starší. Olej zaplňuje mezeru mezi pístním kroužkem a pístem a také mezi pístem a válcem. Vratným pohybem pístu se kroužek pohybuje v drážce, vytlačuje olej do spalovacího prostoru a tím zvyšuje jeho spotřebu. Vniknutí oleje do spalovacího prostoru nelze zcela zabránit.

4. Ochrana proti korozi

Hlavní příčinou koroze jsou kyselé produkty vznikající při spalování paliva, jejíž kumulaci nelze zabránit. Ke korozi může také docházet působením nadbytku běžných aditiv či při působení extrémně účinných modifikátorů tření. Proti účinku těchto látek je olej chráněn alkalickou rezervou, jež je obsažena v detergentech.

5. Konzervace kovových ploch

Této funkce se využívá zejména při odstavení motoru z provozu. Atmosféra, nacházející se ve vnitřním prostoru motoru, obsahuje korozivní složky, které mohou napadat kovové plochy. Korozivními složkami mohou být vodní páry, vznikající spalováním vodíku nebo produkty nedokonalého spalování paliva. Záleží na tom, jak dlouho se olejová vrstva udrží na kovových plochách za klidu. Delší a lepší konzervaci umožňují oleje s větší viskozitou. Vyšší viskozita může mít za následek jiné závady, a tak je lepší použít některá z vhodných aditiv.

4.1.2 Požadavky na motorové oleje

Vlastnosti olejů pro pohyblivé i stacionární benzínové a naftové motory jsou často charakterizovány protichůdnými technickými požadavky a parametry, mezi nimiž musí být zvolen jistý kompromis. Požadavky na oleje různých typů motorů jsou jen málo odlišné od olejů používaných v automobilových, v dnešní době již výhradně čtyřdobých, motorech, které jsou v současnosti nejrozšířenější.

Oleje pro čtyřdobé spalovací motory automobilů

Tab. 3 Požadavky na motorové oleje čtyřdobých motorů automobilů [6]

Oblast	Požadavky
tření a opotřebení	minimalizace tření a opotřebení snížení spotřeby paliva odolnost olejového filmu proti protržení žádná povrchová poškození (pitting) uchování honovacích ² stop přilnavost k třecím plochám
teplota a viskozita	tepelná stabilita odolnost proti oxidaci stanovený pokles viskozity za vysoké teploty čerpatelnost a tekutost za nízkých teplot co nejmenší závislost viskozity na teplotě
čistota	disperzní schopnosti a detergentní účinky zabránění vzniku horkých kalů zabránění vzniku studených kalů odolnost vůči vodě žádné usazeniny na ventilech žádná tvorba usazenin a samozápalů ve spalovacím prostoru
fyzikální a chemické vlastnosti	ochrana před korozi neutralizační vlastnosti snášlivost s neželeznými kovy, laky a elastomerovým těsněním potlačení pěnovosti těsnicí schopnost nízká těkavost dobrá tepelná vodivost (chladicí účinnost)
aplikace	mísitelnost a snášlivost s ostatními druhy motorových olejů použitelnost v různých typech motorů dlouhodobé výměnné intervaly trvale stejná kvalita žádné pachové zatížení žádné negativní vlivy na zdraví a životní prostředí

² Honování představuje jemné dokončovací práce, při kterých vzniká jemné zkrřížené rýhování (např. u vnitřních ploch válců spalovacích motorů), které umožňuje lepší přilnavost olejového filmu.

Oleje pro čtyřdobé spalovací motory motocyklů

Oleje vhodné pro mazání čtyřdobých motorů motocyklů jsou velmi podobné motorovým olejům automobilů, avšak nejsou stejné. Moderní motocyklové čtyřdobé motory jsou vysokootáčkové motory s velkým výkonem a malou olejovou náplní. V některých případech dokonce existuje společná náplň pro mazání motorů a převodů. U motocyklů navíc najdeme některé odlišné konstrukční prvky oproti automobilům.

Základním úkolem oleje je snižování tření, na některých plochách je ale určitá hodnota tření naopak žádoucí. Již z principu je tedy jasné, že nelze použít moderní automobilové oleje, které bývají upravené pro minimalizaci tření.

Pro motocyklové motory jsou vyžadována maziva s velkou zatížitelností, vysokou tepelnou stabilitou a velmi kvalitní odolností proti stříhovému namáhání. [15]

Oleje pro dvoudobé spalovací motory

Skupina motorových olejů, na které jsou kladeny speciální požadavky, jsou oleje pro dvoudobé spalovací motory, používané v některých automobilech, motocyklech, malých lodích a malé zemědělské technice. Mazací olej je v tomto případě spalován spolu s palivem, není oddělen od spalovacího prostoru jako u motorů čtyřdobých. Mimo dobré mazací a antikorozi vlastnosti je dále požadováno [6]:

- čisté hoření beze zbytků, a tedy omezení kouřivosti související s nižším znečištěním ovzduší a menší tvorbě karbonu
- minimální tvorba úsad ve spalovacím prostoru mající za následek snižování účinnosti motoru
- dobré těsnicí vlastnosti
- snadné mísení s palivem za každé teploty
- dodržení oktánového čísla benzínu (nesmí docházet k jeho snižování)
- detergentní schopnost

Oleje pro naftové lodní motory

K mazání dvoudobých nebo čtyřdobých naftových motorů říčních a námořních lodí se používají podobné oleje jako u automobilů. Existují však zvláštní specifikace, podle nichž musí tyto oleje splňovat požadavky některých speciálních laboratorních zkoušek. Jedná se např. o omezenou pěnivost, homogennost, snášenlivost s ostatními oleji nebo schopnost chránit ložiska proti korozi v případě vniknutí mořské vody.

Právě v důsledku toho, že lodní motory pracují v mořském prostředí nebo dlouhou dobu setrvávají v nečinnosti, obsahují větší množství inhibitorů koroze než oleje v automobilech. Z důvodu větší zátěže a delšího času provozu při vyšších otáčkách je dále nutná vyšší odolnost proti stříhovému namáhání. [16]

Oleje pro letecké motory

Automobilový olej není možné použít v leteckých motorech především proto, že obsahuje aditiva určená pro použití ve vodou chlazených motorech pro určitý rozsah tlaků a teplot. Na letecké, vzduchem chlazené motory působí teploty a tlaky vyšší. Z tohoto důvodu je vyžadována velká teplotní a oxidační stálost. Náročné pracovní podmínky dále od olejů pro motory letadel vyžadují nízký bod tuhnutí, malou viskozitu za nízkých teplot, malou pěnivost, vysoký bod vzplanutí a samovznícení. Nezbytná je snášenlivost s těsníci materiály a odolnost proti korozi.

Letecké oleje navíc oproti automobilovým nesmí obsahovat kovy (např. zinek) v aditivech zlepšující čistotu. Aditiva obsahující kovy by v prostředí s vysokými teplotami vytvářely popelové usazeniny. Letecké oleje s přítomností aditiv bez obsahu kovů nazýváme jako bezpopelné disperzanty. V letadlech může být rovněž použit čistý minerální olej bez další aditivace. Výjimečný je pak výskyt syntetického motorového oleje. [17]

4.1.3 Vlastnosti motorových olejů

Měřítkem kvality olejů je viskozitní index, obsah nasycených uhlovodíků a obsah síry. Čím má olej vyšší viskozitní index, vyšší obsah nasycených uhlovodíků a nižší obsah síry, tím je kvalitnější. [3]

Požadované vlastnosti motorových olejů jsou odvislé od účelu používání konkrétního oleje. Pro každý druh mohou být předepsány zcela odlišné vlastnosti.

Viskozita

Viskozita je jednou z nejdůležitějších vlastností motorových olejů. Určuje režim mazání, tvorbu a únosnost mazacího filmu, těsníci schopnost, čerpatelnost a velikost odporu pohyblivých částí při rozběhu motoru. [8]

Viskozita je mírou vnitřního tření v tekutinách, odporu proti vzájemnému posunu molekul. Na stykové ploše dvou vrstev tekutiny pohybujících se různou rychlostí se projevuje viskozita

tečným napětím, kterým rychlejší vrstva urychluje vrstvu pomalejší, a ta naopak pomáhá zdržovat vrstvu rychlejší. Viskozitu považujeme za měřítko tekutosti. Oleje s nižší viskozitou jsou tekutější a kladou menší odpor proti proudění. Vyšší viskozita u olejů naopak vykazuje nižší tok způsobený větším vnitřním odporem. Viskozita klesá se stoupající teplotou a roste se stoupajícím tlakem. [18]

Kinematická viskozita ν se stanoví pomocí doby potřebné k výtoku přesného množství kapaliny z nádoby za přesně definovaných podmínek.

Dynamická viskozita η se měří na rotačních viskozimetrech nebo ve skleněných kapilárních vakuových viskozimetrech. Mezi dynamickou a kinematickou viskozitou platí vztah (1):

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (1)$$

Kde: ν je kinematická viskozita [Pa.s], η dynamická viskozita [mm².s⁻¹], ρ hustota kapaliny [g.cm⁻³], vše při totožné teplotě.

Viskozitní index

Závislost viskozity oleje na teplotě se obvykle vyjadřuje pomocí viskozitního indexu (VI), pomocí něhož je možné vyjádřit tuto závislost jedním číslem. Viskozita oleje se mění tím méně, čím větší je hodnota viskozitního indexu. [1]

Základem stanovení VI je porovnávání změny viskozity při teplotách 40 °C a 100 °C daného oleje se změnou viskozit standardních mazacích olejů (index 0 má olej s velkou změnou viskozity z mexické ropy, index 100 olej s málo měnící se viskozitou z pensylvánské ropy) při stejných teplotách. Viskozitní index se vypočte ze vztahu (2):

$$VI = \frac{L-U}{L-H} \cdot 100 \quad (2)$$

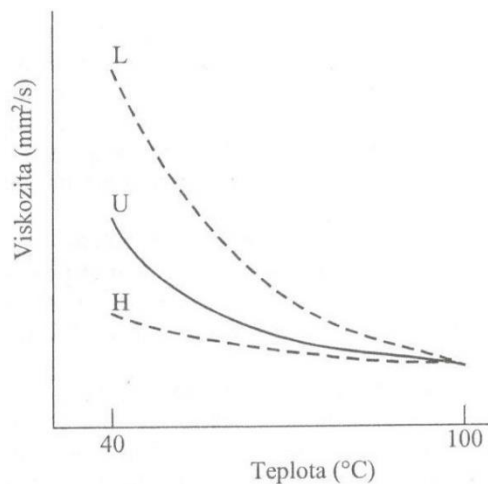
Kde:

L (*low*) je viskozita [mm².s⁻¹] oleje při 40 °C oleje standardního oleje s VI = 0, který má při 100 °C stejnou viskozitu jako měřený vzorek při 100 °C,

H (*high*) je viskozita [mm².s⁻¹] při 40 °C standardního oleje s VI = 100, který má při 100 °C stejnou viskozitu jako měřený vzorek při 100 °C,

U (*unknown*) je viskozita [mm².s⁻¹] měřeného vzorku při 40 °C.

Hodnoty L a H jsou uvedeny v tabulkách. Moderní oleje mají viskozitní index dosahující hodnot větších než 100.



Obr. 8 Závislost viskozity na teplotě oleje [2], kde VI = 0 (L), VI = 100 (H) a VI vybraného oleje, který stanovujeme (U)

Bod vzplanutí

Bod vzplanutí je nejnižší teplota, při níž se nad hladinou oleje vytváří takové množství par, že dochází k jejich vznícení od přiblíženého plamene. Tento bod může odhalit nebezpečí vznícení nebo indikovat znečištění oleje palivem. [1]

Bod tuhnutí

Nejvyšší teplota, při které ztrácí olej tekutost a mění se v polotekutou mazlavou hmotu označujeme jako bod tuhnutí. Ztuhnutí oleje vzniká v důsledku tvorby mřížky parafinů. Bod tuhnutí může být ovlivněn výběrem základní suroviny, odparafinováním nebo přidavkem depresantů. [6]

Mezi další důležité vlastnosti oleje patří číslo kyselosti oleje, které udává množství hydroxidu draselného v miligramech potřebného k neutralizaci volných kyselých složek v 1 g oleje nebo Conradsonův karbonizační zbytek ukazující náchylnost oleje k tvorbě úsad vlivem tepelného namáhání. Dále můžeme hodnotit obsah popela, číslo zmydelnění, oxidační stabilitu, odpornost, pěnivost a obsah mechanických nečistot. [2]

4.2 Převodové oleje

Převodové oleje jsou mazací oleje disponující velkou přilnavostí a viskozitou. Jsou určeny především k mazání ozubených soukolí a ložisek převodovek a rozvodovek a také mokřích spojek automatických převodovek. Odlišnost od motorových olejů je zejména ve vyšším obsahu vysokotlakých aditiv proti odolávání vysokých tlaků uvnitř dílčích převodů, a naopak

v menším obsahu detergentů a disperzantů. Oproti motorovým olejům nemusí odolávat tak vysokým teplotám, protože zde nejsou přítomny spaliny a zároveň tvoří se podstatně menší množství usazenin. [9], [10]

4.2.1 Požadavky na převodové oleje

Převodové oleje musí splňovat následující požadavky [6]:

- minimalizace opotřebení zubů převodového soukolí a zabránění jejich poškození
- minimalizace opotřebení lamel mokrých spojek automatických převodovek
- snižování třecích ztrát
- mazání ložisek
- odvod třecího tepla
- ochrana povrchu zubů a ložisek před korozí
- zmenšení hlučnosti a chvění soukolí
- tlumení nárazů
- odplavování nežádoucích nečistot
- snášení vysokého tlaku a smykového namáhání

Druh převodového oleje a jeho potřebné vlastnosti závisí především na obvodové rychlosti ozubených kol, typu převodu a tvaru zubů, který brání vzniku hydrodynamické vrstvy. Největším problémem při mazání ozubených kol je jejich vzájemný styk v záběru. U soukolí čelních dochází k vzájemnému odvalování v okolí roztečné kružnice, na vzdálenějších plochách se může vyskytnout i smyk. Smyk se objevuje častěji u soukolí kuželových, šroubových, šnekových a hypoidních. K dalším faktorům, které jsou důležité pro výběr vhodného převodového oleje, patří startovní a pracovní teplota, velikost a druh zatížení, doba záběru, pevnost materiálu či vliv prostředí. [9]

Mezi nejčastěji se vyskytující druhy opotřebení, mnohdy vznikající nevhodnou volbou převodového oleje, které mohou způsobovat destrukci ozubení a vyřadit tak převodovku z provozu, patří: zalešťování povrchů, abrazivní opotřebení (smyk povrchů zubů), vznik trhlin a důlková koroze (pitting³).

³ Pitting je únavový jev způsobený cyklickým tlakovým namáháním zubu. Vznikají trhliny, které vedou k vydrolení části materiálu, a způsobují tvorbu důlků v povrchu boků zubů ozubeného kola. [32]

4.2.2 Vlastnosti převodových olejů

Důraz na důležitost jednotlivých vlastností olejů je různě velký v závislosti na místě jeho používání. Mezi nejdůležitější vlastnosti převodových olejů se řadí [9]:

- přilnavost oleje k povrchu i při působení odstředivé síly, kde její velikost určuje obsah polárních sloučenin a látky s velkými molekulami (pryskyřice, asfaltény)
- schopnost vytvářet dostatečně únosný mazací film mezi třecími povrchy (odolnost vůči velkým tlakům zprostředkovávají vysokotlaká aditiva)
- dostatečná mazivost snižující koeficient tření
- dobrá tekutost při nízkých, a naopak velká viskozita při vysokých pracovních teplotách (neboli vysoký viskozitní index)
- oxidační stálost za tepla snižující riziko tvorby kyselých korozních produktů (zajišťována antioxidanty)
- deemulgační schopnost umožňující odlučování vody
- malá pěnivost k zamezení úniku oleje z převodové skříně
- snášenlivost s těsnícími materiály

Nejběžnějším způsobem mazání převodovými oleji je brodění v oleji nebo rozstřík oleje. Při rozstříku je olej přenášen z jednoho namočeného kola na druhé společně s přítomnými úsadami a nečistotami, aniž by docházelo k odstranění těchto nežádoucích částic. Pro vyšší rychlosti ozubených soukolí je vhodné mazání cirkulační.

Převodové oleje dělíme na [9]:

Oleje pro manuální převodovky

V manuálních převodovkách ve srovnání s automatickými najdeme větší množství pohyblivých částí, díky kterým dochází k většímu tření, jehož následkem může docházet k těžšímu řazení jednotlivých převodových stupňů a vyšší úrovni hluku. Oleje pro tento typ převodovky musí zabezpečit dostatečnou ochranu proti opotřeбенí a zajistit dobrou práci synchronizace.

Oleje pro automatické převodovky

Oleje pro automatické převodovky se označují ATF. Oproti olejům pro manuální převodovky, jejichž funkcí je pouze mazání, zastává také funkci ovládací a podílí se tak na řazení přepouštěním tlakového oleje. U těchto speciálních olejů je kladen důraz na dobrou

chladicí schopnost, odolnost vůči korozi, oxidaci, pění a opotřebení, snášenlivost s nekovovými materiály. Důležitý je požadavek určující přesně vymezený třecí koeficient a optimální viskozitu jak při startech za nízkých teplot, tak i při vysokých pracovních teplotách. Mimo převodovek se můžeme s tímto typem oleje setkat v posilovačích řízení a u některých hydraulických systémů. ATF kapalina je zbarvena červeně, v některých případech zeleně, aby nedošlo k její záměně s motorovými oleji.

Převodové oleje v průmyslu

Do této skupiny olejů lze zařadit oleje veškerých ozubených převodů mimo těch, jimiž jsou vybavena motorová vozidla.

Nejméně náročně na mazání jsou otevřené převody. Bývají zde zpravidla větší tolerance než u převodů uzavřených. V převodech dochází k meznému tření, není tak možné vytvoření mazacího klínu. Olej musí dostatečně přilnout k povrchu zubů a udržet se na něm i při zvýšené teplotě a tlaku. Musí odolávat působení deště a zároveň vodu nesmí absorbovat.

Do olejů pro uzavřené převody jsou přidávány aditiva pro vyšší únosnost mazacího filmu.

5 Klasifikace a označování motorových a převodových olejů

Pro výběr optimálního motorového nebo převodového oleje z hlediska konečného uživatele jsou postačující pouze dvě základní specifikace, viskozitní a výkonnostní [2].

5.1 Viskozitní klasifikace

Pro dosažení vysoké účinnosti mazání je žádoucí, aby se viskozita oleje měnila v závislosti na teplotě co nejméně. Závislost viskozity na teplotě je vyjádřena viskozitním indexem (VI). Čím vyšší je VI, tím méně se mění viskozita oleje v závislosti na teplotě. Na změnu viskozity má také vliv stárnutí oleje. Proto se předepsaná viskozita stanovuje jako rozmezí hodnot, ve kterých se může pohybovat, a ne jako konkrétní hodnota. Tato rozmezí se označují pojmem viskozitní třídy a jejich označení a vlastnosti jsou normovány. O základní rozdělení do tzv. viskozitních tříd se postarala Společnost amerických inženýrů (Society of Automotive Engineers), známá pod zkratkou SAE. Roztříděním olejů do viskozitních tříd se zabývala již od roku 1926. [5]

5.1.1 Motorové oleje

Viskozitní třídy jsou podle normy SAE charakterizovány pomocí symbolu skládajícího se z číslic, případně v kombinaci s písmenem W (z anglického Winter = zima), pro oleje vztahující se k zimnímu období. Viskozitní klasifikace olejů určených pro zimní období (W) se vztahuje k měření dynamické viskozity oleje při teplotě dané stupnicí, kde tato stupnice nemá žádnou logiku [6]. Odečtením čísla -35 od oleje s označením W však dostaneme přibližnou teplotu použitelnosti. Číslo za písmenem W se vztahuje ke kinematické viskozitě při 100 °C. Viskozita je tím vyšší, čím vyšší hodnoty číselného označení olej nabývá. Klasifikace SAE rozděluje oleje do 6 tříd olejů zimních (0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W) a 5 tříd letních olejů (20, 30, 40, 50, 60). Pro mobilní stroje platí klasifikace SAE J-300, pro letadla SAE J-1966 a SAE J-1899 (nahradili dřívější specifikace MIL-L). Letecké a automobilové oleje nemohou být vzájemně zaměnitelné vzhledem k odlišným provozním podmínkám a palivu [19].

Hodnoty zimního značení určují chování použití oleje při nízkých teplotách a vymezují tzv. startovatelnost motoru při nízkých teplotách. Platí, že teplota okolí pro zachování tekutosti a snadné spuštění motoru může být tím nižší, čím vyšší je číslo zimní třídy oleje. [6]

Naopak hodnoty letního označení vyjadřují použití v letním období. Platí, že čím vyšší je číslo letní třídy, tím vyšší může být teplota okolí při zabezpečení dostatečného mazání motoru.

V případě, že je pro označení oleje použita pouze jedna třída, jedná se o olej monográdový neboli jednostupňový (letní nebo zimní). V našich klimatických podmínkách jsou optimální třídy 40 a 50. Třída 30 je považována za dolní mez, třída 6 je používána u speciálních olejů pro automobilové závody.

V současnosti je trendem používat moderní oleje celoroční (multigrádový resp. vícestupňový). Jedná se o olej splňující podmínky zimní a letní třídy současně a je možné jej používat v rozmanitých klimatických podmínkách během celého roku při zajištění požadovaného mazání. [5], [20]

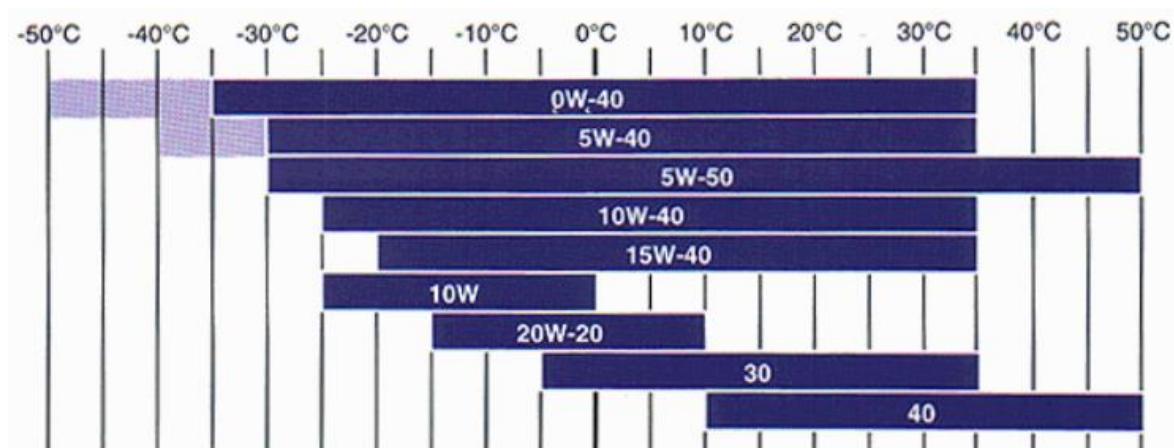
Tab. 4 Viskozitní klasifikace motorových olejů SAE J300 [20]

Viskozitní třída SAE	Vlastnosti za nízkých teplot				Vlastnosti za vysokých teplot		
	Dynamická viskozita		Čerpatelnost		Kinematická viskozita při 100 °C		Dynamická viskozita při 150 °C
	mPa.s	max. při °C	mPa.s	max. při °C (*)	min. mm ² /s	max. mm ² /s	min. mPa.s
0W	6200	-35	60.000	-40	3,8		
5W	6600	-30	60.000	-35	3,8		
10W	7000	-25	60.000	-30	4,1		
15W	7000	-20	60.000	-25	5,6		
20W	9500	-15	60.000	-20	5,6		
25W	13000	-10	60.000	-15	9,3		
20					5,6	< 9,3	2,6
30					9,3	< 12,5	2,9
40 a)					12,5	< 16,3	2,9
40 b)					12,5	< 16,3	3,7
50					16,3	< 21,9	3,7
60					21,9	< 26,1	3,7

Poznámka: a) 0W-40, 5W-40, 10W-40

b) 15W-40, 20W-40, 25W-40, 40

*) hraniční teplota čerpatelnosti



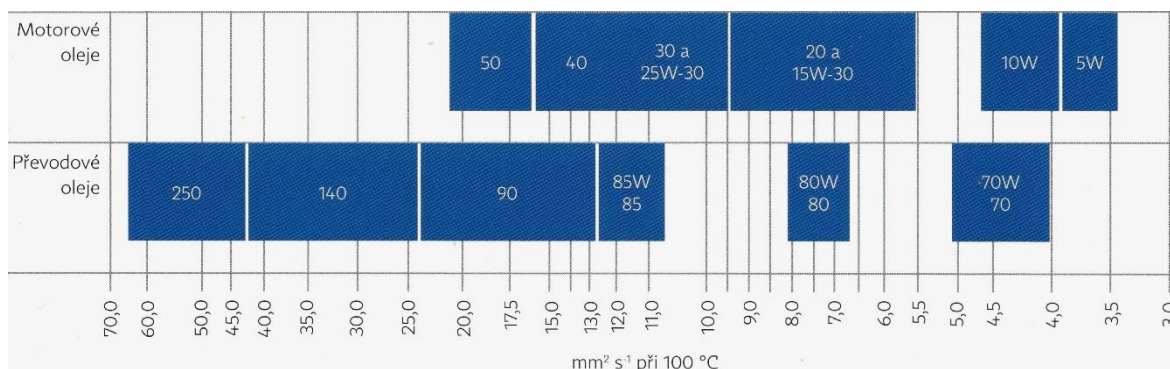
Obr. 9 Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnější teploty [11]

5.1.2 Převodové oleje

Podobně jako u motorových olejů, tak i u převodových se používá specifikace SAE. Norma klasifikuje 4 třídy zimních olejů, označených číslem a písmenem W, a 7 letních tříd značených pouze číslem. Olej je tím viskóznější, čím je číslo viskozity vyšší. [21]

Parametrem, který slouží k rozřídění převodových olejů do jednotlivých tříd, je kinematická viskozita. Pro každou viskozitní třídu je definována minimální viskozita při teplotě 100 °C, zaručující udržení oleje v mazacím prostoru. Pro oleje zimních období je navíc definována maximální hodnota viskozity garantující, že ani při nízkých teplotách nezduhnou.

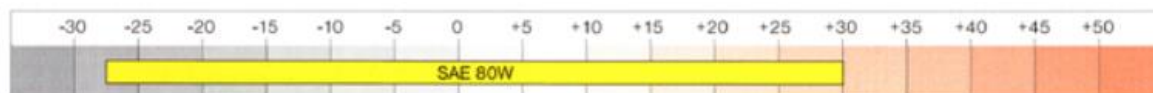
V případě, že je při označení použita pouze 1 třída, jedná se o olej monográdový (letní nebo zimní). Při použití kombinace obou tříd jde o olej celoroční neboli multigrádový. Na rozdíl od olejů motorových výrobci častěji požadují převodové oleje monográdové.



Obr. 10 Porovnání viskozitních tříd SAE převodových a motorových olejů [28]

Tab. 5 Viskozitní třídy převodových olejů podle SAE J306 [23]

viskozitní třída SAE	Max. teplota pro dynamickou viskozitu 150 Pa.s (°C)	Kinematická viskozita při 100 °C (mm ² /s)	
		min.	max.
70W	-55	4,1	-
75W	-40	4,1	-
80W	-26	7,0	-
85W	-12	11,0	-
80	-	7,0	< 11,0
85	-	11,0	< 13,5
90	-	13,5	< 18,5
110	-	18,5	< 24,0
140	-	24,0	< 32,5
190	-	32,5	< 41
250	-	41,0	-



Obr. 11 Doporučené viskozitní třídy SAE převodových olejů podle vnějších teplot °C [23]

5.2 Výkonnostní klasifikace

Norma SAE je při výběru oleje důležitá, avšak neříká nic o jeho kvalitě. O kvalitě zvoleného oleje vypovídají normy ACEA, vydána evropskými výrobci automobilů a API, vytvořená americkým petrolejářským institutem.

5.2.1 Motorové oleje

Výkonnostní specifikace popisuje okamžité i dlouhodobé vlastnosti motorového oleje při různých formách zatížení v provozu. Hodnotí se různé vlastnosti, např.: ochrana proti opotřebení a tvorbě úsad, oxidační stabilita, odparnost, úspora paliva apod. Pro označení výkonnostní kategorie motorových olejů jsou používány následující normy:

- klasifikace API (American Petroleum Institute, USA)
- klasifikace ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobile, EU)
- firemní normy výrobců motorů a vozidel
- klasifikace MIL-L (normy americké armády)
- ostatní klasifikace

5.2.1.1 Klasifikace API

Tato norma rozděluje motorové oleje podle typu motoru na oleje pro benzínové (zážehové) motory, označené písmenem „S“ (z angl. Service) a na oleje pro naftové (vznětové) motory, značené písmenem „C“ (z angl. Commercial). Velké množství olejů je použitelné pro oba typy motorů. V takovém případě se použije kombinace obou písmen s prioritou použití prvně napsaného písmena. Norma dále dělí motorové oleje podle jejich výkonnostní úrovně pomocí písmen v sestupném abecedním pořadí. Olej je tím kvalitnější, čím je písmeno dále v abecedě. Např. označení SG/CF – olej určen přednostně pro benzínové motory, ale použitelný i pro naftové motory. Číslo 4 za základním označením značí olej pro čtyřdobé motory, číslo 2 olej pro dvoudobý motor.

Díky své přehlednosti je často používána také v Evropě. S evropskou normou se však rozchází, zejména u naftových motorů. Americké a evropské motory jsou konstrukčně, výkonově a objemově odlišné. To se projevuje v rozdílných nárocích na obsah aditiv, které tvoří při spalování popel. Kvůli obsahu popela není možné nejvýkonnější evropské oleje odpovídající klasifikaci ACEA většinou zařadit výše než do třídy CF podle API. Americký a evropský olej označený stejně může mít zcela odlišné výkonnostní parametry. [6]

Tab. 6 Klasifikace API pro benzínové (zážehové) motory [22], [23]

Třída API	Popis olejů	Platnost od - do
SA*	Neaditivované minerální oleje pro motory pracující v mírných podmínkách s malým zatížením. Používání v moderních motorech může způsobit zhoršený výkon nebo poškození motoru.	1940-1950
SB*	Minerální oleje se zvýšenými požadavky na termooxidační, protioděrové a protikorozi vlastnosti.	1951-1963
SC*	Minerální oleje obsahující přísady proti tvorbě vysokoteplotních úsad, korozi, opotřebením a nízkoteplotních kalů.	1964-1967
SD*	Minerální oleje se zvýšenými požadavky, obsahující přísady skupiny SC, přísady vysokotlaké, protioděrové a viskozitní.	1968-1970
SE*	Motorové oleje pracující za nepříznivých podmínek. Obsahují přísady proti vysokoteplotním usazeninám, korozi a opotřebením.	1971-1979
SF*	Minerální oleje s přísadami snižující opotřebením motoru a korozi a zajišťující větší oxidační stabilitu. Vyhovují přísnějším požadavkům na zabránění tvorby usazenin.	1980-1988
SG*	Minerální oleje vyhovující přísnějším požadavkům na čistotu spalovacích prostorů a obsah látek, které by mohly poškodit katalyzátor. Vhodný právě pro vozidla s katalyzátorem.	1989-1993
SH*	Syntetické a polosyntetické oleje se SAE v rozmezí 0-10W/X. Vyznačují se nejvyšší kvalitou a parametry. Oleje mají stejné vlastnosti jako SG, ale jsou testovány podle přísnějších norem.	1994-1996

SJ	Syntetické a polosyntetické oleje s požadavky na úsporu paliva a zvýšené emisní limity. Oproti SH je kladen větší důraz na termooxidační stabilitu a odparnost.	od 1996
SL	Překonávají oleje třídy SJ zvýšenou úsporou paliva a prodloužením výměnných intervalů	od 2001
SM	Oleje nejvyšší kvality, které překonávají API SL zvýšenou oxidační stabilitou, vyšší ochranou proti úsadám a opotřebení.	od 2004
SN	Oleje pro moderní motory, jejichž cílem je ochrana turbodmychadla, regulace emisí a snížení spotřeby paliva. Jsou určeny pro vyšší kompatibilitu se systémem úpravy spalín a ochranu motorů spalujících palivo s obsahem etanolu.	od 2010

Poznámka: * v současnosti již nepoužívaná klasifikační třída motorových olejů

Tab. 7 Klasifikace API pro naftové (vznětové) motory [5],[22]

Třída API	Popis olejů	Platnost od - do
CA*	Minerální oleje pro středně namáhané vznětové nepřepřňované ⁴ motory pracující s palivem o nízkém obsahu síry. Obsahují přísady proti vysokoteplotním úsadám a proti korozi ložisek.	1940-1950
CB*	Minerální oleje vhodné pro nepřepřňované vznětové motory pracující s vyšším obsahem síry a za ztížených podmínek. Obsahují přísady proti vysokoteplotním úsadám a proti korozi ložisek jako třída CA.	1949-1960
CC*	Minerální oleje částečně přepřňovaných vznětových motorů pracujících při velkých zatíženích nebo za velmi těžkých podmínek. Obsahují přísady proti vysokoteplotním úsadám, nízkoteplotním kalům, korozi a rezivění.	od 1961
CD*	Minerální oleje pro přepřňované ⁵ vznětové motory pracující při velkém zatížení a vysokých otáčkách. Jsou aditivovány přísadami potlačující vznik opotřebení, koroze a vysokoteplotních úsad při používání paliv o různé kvalitě a vysokém obsahu síry.	od 1955
CD-II*	Oleje totožné se třídou CD určené pouze pro dvoudobé motory.	od 1987
CE*	Minerální oleje pro čtyřdobé přepřňované a vysoce přepřňované rychloběžné motory pracující v těžkém provozu.	od 1987
CF*	Motorové oleje zejména pro terénní vozidla. Lépe chrání motor proti vzniku vysokoteplotních úsad na pístech při použití paliv s obsahem síry. Zamezují korozi ložisek. Kvůli obsahu popela jsou do této kategorie zařazovány nejvýkonnější evropské oleje. Obsah síry v palivu nad 0,5 % hmotnosti.	od 1994
CF-2*	Oleje pro vysoce zatížené dvoudobé motory. Není vhodný pro většinu dieslových motorů vyrobených po roce 2009.	od 1994
CF-4*	Minerální a polosyntetické oleje pro motory pracující v nejnáročnějších podmínkách (nákladní vozy, tahače). Odolné vůči zahušťování oleje, korozi ložisek a opotřebení.	od 1990

⁴ Nepřepřňované (atmosférické) motory jsou takové motory, kde je dodávka směsi do válce zabezpečena podtlakem. [6]

⁵ Přepřňované motory jsou takové motory, u kterých je pomocí turbodmychadla zvyšován výkon motoru přiváděním vzduchu nebo směsi o vyšším tlaku, než je atmosférický. [6]

CG-4*	Oleje pro těžce namáhané rychloběžné vznětové motory spalující naftu s obsahem síry do 0,05 % v dálničním provozu a do 0,5 % v terénním provozu. Kvalitní ochrana proti hromadění karbonu, tvorbě úsad na pístech a opotřebením.	od 1995
CH-4	Oleje pro nejvíce zatěžované vysokootáčkové motory, které pracují v nejnáročnějších podmínkách. Hmotnostní obsah síry v palivu musí být do 0,5 %.	od 1998
CI-4	Oleje pro vysokootáčkové vysoce zatěžované motory se systémem EGR ⁶ . Musí splňovat emisní limity stanovené od roku 2004. Jedná se o oleje speciálního složení a trvanlivosti pro motory se systémem EGR. Obsah síry v palivu do 0,5 % hmotnosti.	od 2002
CJ-4	Oleje pro čtyřdobé přeplňované vznětové motory, které plní emisní normy výfukových plynů z roku 2010. Pro motory s filtrem pevných částic spalující nízký obsah síry (do 500 ppm).	od 2010
CK-4	Oleje pro čtyřdobé vysokorychlostní vznětové motory splňující emisní limity z roku 2017. Hmotnostní obsah síry v palivu musí být od 15 do 500 ppm. Mají zvýšenou ochranu proti oxidaci, opotřebením motoru a tepelné degradaci.	od 2017

*Poznámka: * v současnosti již nepoužívaná klasifikační třída motorových olejů*

5.2.1.2 Klasifikace ACEA

Asociace evropských konstruktérů vozidel (ACEA) nahradila v roce 1996 Sdružení konstruktérů automobilů (CCMC). Klasifikace ACEA byla vytvořena v reakci na to, že specifikace API plně nevyhovuje evropským typům motorů. Od roku 2004 jsou dle této klasifikace motorové oleje rozděleny do 3 skupin [20]:

- Oleje pro zážehové (A) a lehké vznětové motory (B), značené „A/B“
- Oleje kompatibilní s katalyzátory pro zážehové a lehké vznětové motory, značené „C“
- Oleje pro vznětové motory nákladních automobilů, značené „E“

Porovnávacím údajem klasifikace ACEA je viskozita HTHS, která běžně není udávána. HTHS viskozita (High Temperature High Shear) je dynamická viskozita, která se měří při teplotě 150 °C a vysokém smykovém spádu (10^6 s^{-1}). Informuje o tloušťce (síle) mazacího filmu. S rostoucí hodnotou viskozity HTHS roste tloušťka mazacího filmu. Normální hodnota HTHS je 3,5 mPa.s. Číslo u písmena vyjadřuje výkonnostní stupeň. Čím je větší číslo, tím je jeho hodnota viskozity HTHS větší.

⁶ EGR je systém recirkulace výfukových plynů. EGR ventil přepouští spaliny do sání v režimu částečného zatížení motoru. Dochází tak ke snížení emisí oxidů dusíků a podílu pevných částic. [6]

Tab. 8 Oleje pro zážehové a lehké vznětové motory dle ACEA [24], [25]

Třída ACEA	Popis olejů
A1/B1*	Lehkoběžné ⁷ oleje s přísadami proti tvorbě úsad na pístu, tvorbě kalů, opotřebením a oxidaci za vysokých teplot. Vhodné jen pro některé motory.
A2/B2*	Standartní oleje s normálním intervalem výměny.
A3/B3	Stabilní oleje pro použití v osobních automobilech a lehkých užitkových vozidlech se zážehovými i vznětovými motory pracujících za těžkých podmínek. Oleje mají prodloužený výměnný interval.
A3/B4	Stabilní oleje určené pro zážehové motory vysokých výkonů a pro vznětové motory s přímým vstřikem paliva. Oleje mají prodloužený výměnný interval.
A5/B5	Stabilní oleje vhodné pro prodloužené výměnné intervaly vysoce zatěžovaných motorů (zážehových i vznětových). Podporují lehký běh motoru (oleje s malou viskozitou zmenšující tření) a úsporu paliva. Oleje s nízkou viskozitou.

Poznámka: * v současnosti již nepoužívaná klasifikační třída motorových olejů

Tab. 9 Oleje kompatibilní s katalyzátory [24]

Třída ACEA	Popis olejů
C1	Stabilní oleje určené pro vysokovýkonné vznětové i zážehové motory s katalyzátory TWC ⁸ a DPF ⁹ s požadavky na oleje nízké viskozity, nízkého obsahu SAPS ¹⁰ (nízký obsah sulfátového popela „SA“, fosforu „P“ a síry „S“) a viskozity vyšší než 2,9 mPa.s při vysokém namáhání na stříh a při vysoké teplotě. Prodloužují životnost katalyzátorů a snižují spotřebu paliva.
C2	Stabilní oleje určené pro vysokovýkonné vznětové i zážehové motory s katalyzátory TWC a DPF s požadavky na oleje nízké viskozity a HTHS vyšší než 2,9 mPa.s. Dochází k prodloužení životnosti katalyzátorů TWC a DPF a snížení spotřeby paliva.
C3	Stabilní oleje určené pro vysokovýkonné vznětové i zážehové motory s katalyzátory TWC a DPF. Životnost těchto katalyzátorů je prodloužována. HTHS vyšší než 3,5 mPa.s.
C4	Stabilní oleje určené pro vysokovýkonné vznětové i zážehové motory s katalyzátory TWC a DPF požadující nízký obsah SAPS a HTHS vyšší než 3,5 mPa.s. Napomáhají prodloužit životnost DPF a TWC.
C5	Stabilní olej určený pro vznětové i zážehové motory. Jedná se o oleje s prodlouženým intervalem výměny snižující spotřebu paliva. HTHS vyšší než 2,6 mPa.s.

⁷ Lehkoběžné oleje označují motorové oleje, které snižují spotřebu paliva v porovnání se standardními oleji. [38]

⁸ TWC (Three Way Catalyst) je trojčinný katalyzátor zážehových motorů likvidující oxid uhelnatý, nespálené uhlovodíky a oxidy dusíku. [40]

⁹ DPF (Diesel Particulate Filter) neboli filtr pevných částic je zařízení naftových motorů odstraňující karcinogenní částice z výfukových plynů. [41]

¹⁰ Tzv. Low SAPS oleje jsou motorové oleje se sníženým obsahem sulfátového popela (SA), fosforu (P) a síry (S). Tyto oleje je nutné používat, pokud je na motoru DPF, aby nedocházelo k jeho zanášení. [38]

Tab. 10 Oleje pro vznětové motory nákladních automobilů dle ACEA [24], [26]

Třída ACEA	Popis olejů
E1*	Oleje vhodné pro nákladní automobily s nepřepřehňovanými a nízkopřepřehňovanými motory s normální délkou výměny oleje. Pracují v mírných až středně těžkých podmínkách. Kvalitní ochrana proti tvorbě úsad na pístu a vaček proti opotřebení.
E2*	Oleje vhodné pro nákladní automobily s nepřepřehňovanými a nízkopřepřehňovanými motory s normální délkou výměny oleje. Pracují ve středně těžkých až těžkých podmínkách. Méně opotřebené a čistější než E1.
E3*	Oleje pro nákladní automobily vyšších výkonů pro prodloužené intervaly výměny. Velmi dobrá čistota oleje a ochrana motoru proti opotřebení, vzniku sazí.
E4	Oleje pro motory vysokých výkonů pracující v těžkých podmínkách a splňující emisní limity EURO ¹¹ I až EURO V. Udržují čistotu válců, dochází jen k malému opotřebení a je potlačen vznik sazí. Možné prodloužení výměnného intervalu. Vhodné pro motory bez DPF, motory s EGR a SCR ¹² .
E5*	Oleje pro motory vysokých výkonů nákladních automobilů pracující za těžkých podmínek. Možnost prodloužení intervalu výměny oleje. Efektivně chrání vložky válců proti oleštění a píst.
E6	Oleje, které udržují vynikající čistotu válců, dochází k malému opotřebení a je potlačen vznik sazí. Určen pro motory s velkými výkony splňující požadavky na emisní limity EURO I až EURO V. Možné prodloužení výměnného intervalu. Oleje jsou zvláště doporučeny pro motory s DPF spalující palivo s nízkým obsahem síry (max. 50 ppm). Vhodné i pro motory bez DPF, motory s EGR a SCR.
E7	Oleje, které udržují písty v čistotě a účinně je chrání proti oleštění. Oproti E6 zabezpečují lepší ochranu proti opotřebení, sazím a úsadám vznikajících v turbodmychadlu. Určen pro motory pracující za těžkých podmínek s velkým zatížením. Musí splňovat požadavky na emisní limity EURO I až EURO V. Jsou vhodné pro motory bez DPF, motory s EGR a SCR.
E9	Oleje pro motory vysokých výkonů pracující v těžkých podmínkách a splňující emisní limity EURO I až EURO VI. Udržují písty v čistotě a účinně je chrání proti oleštění. Zlepšená ochrana proti opotřebení, úsadám a sazím oproti předchozí kategorii. Vhodné pro motory s EGR a SCR. Doporučeny jsou především pro motory s DPF spalující nízkosírná paliva (max. 1 % sulfátového oleje z celkové hmotnosti).

Poznámka: * v současnosti již nepoužívaná třída motorových olejů

¹¹ Emisní normy EURO stanovují limitní hodnoty výfukových plynů. Omezuje množství CO (oxidu uhelnatého), HC (uhlovodíků), NO_x (oxidů dusíku) a PM (pevných částic). [34]

¹² SCR (Selective Catalyst Reduction) je selektivní katalytická redukce, díky níž je snižováno množství oxidů dusíku (NO_x) ve výfukových plynech močovinou (čínidlo AdBlue = 32,5% vodný roztok močoviny). [36]

5.2.1.3 Normy výrobců automobilů a motorů

Množství výrobců automobilů a motorů od motorových olejů požadují splnění dodatečných požadavků, které nejsou obsaženy v metodice předešlých klasifikací API a ACEA. Mezi výrobce osobních automobilů, jejichž normy jsou uváděny nejčastěji patří Volkswagen, BMW, Volvo a Porsche. V kategorii užitkových automobilů se pak jedná o značky Mercedes, MAN či Volvo. Je možné se také setkat s klasifikacemi dalších výrobců jako Tatra, Caterpillar, Cummins nebo Iveco. V následujících tabulkách jsou uvedeni pouze výrobci Volkswagen (Tab. 11) a Mercedes Benz (Tab. 12).

Tab. 11 Specifikace Volkswagen [27]

Norma VW	Popis olejů
500.00	Vícerozsahové oleje pro benzínové a nepřepřlňované naftové motory s klasifikací SAE 5W-X/10W-X. Platí pro motory vyrobené do roku 2000.
501.01	Konvenční motorové oleje pro benzínové a nepřepřlňované naftové motory. Platí pro motory vyrobené do roku 2000.
502.00	Lehkoběžné oleje pro benzínové motory pracujících za těžkých podmínek. Nesmí být použity pro motory s proměnným intervalem výměny.
503.00	Lehkoběžné oleje s prodlouženou dobou výměny pro benzínové motory. Splňují specifikace ACEA A1, SAE 0W-30 nebo 5W-30.
503.01	Oleje určené speciálně pro modely AUDI RS4, AUDI TT, AUDI S3 a AUDI A8 6.0 V12 s výkonem větším než 135 kW. Jedná se o oleje s prodlouženým intervalem výměny (30 000 km nebo 2 roky).
504.00	Oleje pro benzínové motory splňující požadavky emisních standardů EURO IV. Lze jimi nahradit oleje VW 503.00 a VW 503.01
505.00	Oleje pro osobní automobily s naftovým motorem. Podle klasifikace SAE se jedná o oleje 5W-50, 10W-50/60, 15W-40/50, 20W-40/50 s maximální ztrátou 13% objemu odpařováním a 5W-30/40, 10W-30/40 50 s maximální ztrátou 15% objemu odpařováním.
505.01	Speciální olej pro turbodieselové motory se vstřikováním čerpadlo-tryska ¹³ a turbodieselové motory V8 se systémem CommonRail ¹⁴ . Splňuje požadavky olejů dle ACEA B4 a SAE 5W-40.
506.00	Lehkoběžné oleje vhodné pro vznětové motory s prodlouženým intervalem výměny (50 000 km nebo 2 roky). Nejsou vhodné pro motory s jedním vstřikovacím čerpadlem. Odpovídá SAE 0W30.
506.01	Oleje určené pro naftové motory se systémem čerpadlo-tryska. Mají prodloužený výměnný interval (50 000 km nebo 2 roky).
507.00	Lehkoběžné oleje s prodlouženým intervalem výměny určené naftovým motorům, vyrobené po roce 2000, které splňují limity EURO IV. Motory bez filtrace pevných částic musí použít normu VW 506.01.

¹³ Systém přímého vstřikování paliva naftových motorů. Na každém válci je umístěna sdružená jednotka čerpadlo-tryska, poháněná váčkovým hřídelem. [37]

¹⁴ Systém vstřikování paliva využívající vysokotlaký zásobník. Tvorba tlaku a vstřikování paliva probíhá odděleně. Nárůst vstřikovacích tlaků zvyšující objem vstříknutého paliva. Zlepšuje se výkon, snižují se emise a spotřeba paliva. [37]

508.00/509.00	Specifikace 508.00 je určena pro benzínové motory, 509.00 pro motory naftové. Oleje předepisují viskozitu SAE 0W20 s úsporou paliva a prodlouženým intervalem výměny. Specifikace není zpětně kompatibilní a je vhodná pro nové VW/Audi motory 2.0 TFSI 140 kW a 3.0 TDI CR 160 kW.
---------------	---

Tab. 12 Specifikace Mercedes Benz [27]

Norma MB	Popis olejů
226.5	Specifikace je vyžadována u vozidel Mercedes s benzínovými motory vyrobených aliancí Renault-Nissan. Požadavky podobné jako u normy 229.5.
226.51	Specifikace založena na RN0720 (olej od společnosti Renault). Doporučen pro vozidla Mercedes s naftovými motory, disponující filtrem pevných částic, dodávaných společností Renault. Oleje s dobrou tepelnou stabilitou.
229.1	Oleje pro benzínové i naftové motory, u kterých je požadována minimální kvalita na úrovni olejů ACEA A2/B2.
229.3	Oleje pro benzínové i naftové motory, u kterých je požadována minimální kvalita na úrovni olejů ACEA A3/B3/B4 a MB 229.1. Pod touto normou mohou být certifikovány pouze oleje 0/5W-X.
229.31	Vícerozsahové oleje s požadavkem na nízký obsah SAPS, doporučené pro benzínové i naftové motory automobilů Mercedes Benz, Smart a Chrysler. Touto normou mohou být označeny pouze oleje o nízké viskozitě dosahující úspory alespoň 1 % paliva. Úspora paliva je zjišťována během porovnávacích testů s referenčním olejem SAE 15W-40.
229.5	Energeticky úsporné oleje pro osobní a užitková vozidla s naftovými i benzínovými motory. Oleje musí splňovat klasifikace ACEA A3, B3 a B4 a některé další požadavky společnosti DaimlerChrysler AG.
229.51	Oleje s nízkým obsahem SAPS s prodlouženým intervalem výměny, které jsou určeny pro naftové motory s filtrem pevných částic.
229.52	Oleje této normy musí obsahovat méně popelu, mít alespoň o 1 % lepší spotřebu a lepší oxidační stabilitu pro kompatibilitu s biopalivy než oleje MB 229.31 a MB 229.51. Oleje mají prodlouženou dobu výměny.

5.2.1.4 Ostatní klasifikace

Klasifikace olejů pro zážehové dvoutaktní motory

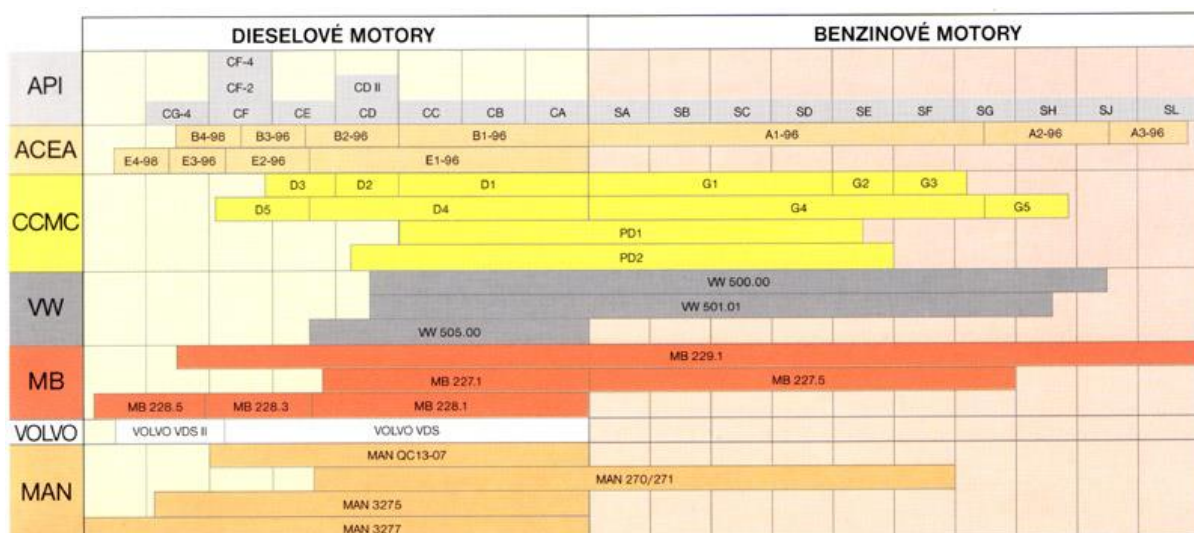
Do této kategorie spadají motorové oleje pro dvoutaktní motory motocyklů, mopedů, skútrů, sekaček na trávu a motorových pil. Rozdělení olejů pro dvoutaktní motory (Tab. 13) se nejčastěji provádí podle norem API (USA) a JASO (Japonsko).

Existují také výkonnostní třídy dle NMMA (National Marine Manufacturers Association – Národní asociace výrobců námořních plavidel) označující oleje pro lodní motory. V současnosti je aktuální klasifikace s označením NMMA TC-W 3. [26]

Tab. 13 Klasifikace olejů pro zážehové dvoutaktní motory [20]

Třída	Popis olejů
API TA/ JASO FA	Oleje pro mopedy a jiné malé motory.
API TB/ JASO FB	Oleje pro skútry a jiné vysokozatížené motory 50 až 200 ccm.
API TC/ JASO FC	Oleje pro vysokozatížené a vysokootáčkové motory.
JASO FD	Oleje pro vysokootáčkové motory s extrémním tepelným zatížením se zvýšenou čistící schopností palivového a spalovacího prostoru.
JASO MA	Oleje pro mazání čtyřdobých motocyklových motorů. Obsahuje dvě podskupiny JASO MA 1 a JASO MA 2.

Mezi další výkonové klasifikace motorových olejů patří např. ILSAC (International Lubricant Standardisation Advisory Committee – Mezinárodní výbor pro standardizaci maziv), která je úzce spjata s klasifikačním systémem API.



Obr. 12 Porovnání výkonostních klasifikací motorových olejů [26]

5.2.2 Převodové oleje

Výkonostní kategorie pro převodové oleje jsou rovněž jako pro oleje motorové klasifikovány podle API (Tab. 14). Výkonostní třída je označena pomocí písmen „GL“ (z angl. Gear Oil) a čísel udávajících jeden ze šesti výkonostních stupňů. Podle klasifikace API lze poznat, do jaké míry jsou základové oleje obohaceny aditivy. Stejně jako u motorových olejů existují normy výrobců automobilů a převodových ústrojí. Jedná se například o značky Man, Volvo, Mercedes Benz nebo ZF.

Tab. 14 Výkonnostní klasifikace pro mechanické převodovky dle API [22]

Výkonnostní třída API	Popis olejů
GL-1*	Oleje pro manuální převodovky pracujících za mírných podmínek. Mohou se přidávat některá aditiva (odpěňovače, inhibitory koroze) pro zlepšení vlastností, naopak se nemohou přidávat aditiva zlepšující tření a odolnost proti vysokým tlakům.
GL-2*	Oleje pro nápravové převody se šnekovým ozubením, které pracují při velkém zatížení a teplotě. Obsahují přísady proti opotřebení a pro zvýšení odolnosti olejového filmu.
GL-3*	Oleje pro manuální převodovky pracující za mírných až těžkých podmínek (zatížení a rychlosti) a pro nápravy s kuželovým ozubením pracující za mírných až středních podmínek. Nejsou určeny pro nápravy s hypoidním ¹⁵ ozubením. Využití oleje je požadováno při překročení provozních podmínek GL-1 a nedosažení požadavků GL-4.
GL-4	Oleje pro nápravy s kuželovým soukolím pracujících při mírných a až těžkých zátěžích a rychlostech a pro málo zatížené nápravy s hypoidním soukolím. Oleje je možné použít i ve vybraných manuálních převodovkách a u hnacích náprav spojených s diferenciálním převodem.
GL-5	Oleje určené zejména pro hypoidní převody a nápravy, které pracují při různých kombinacích zátěže (vysoké a nízké rychlosti, nárazové zatížení, vysoký točivý moment).
GL-6*	Oleje pro hypoidní převodovky s velkým přesazením pastorku pracující v nejtěžších podmínkách. Poskytují ochranu proti opotřebení.
MT-1	Oleje pro nesynchronizované manuální převodovky autobusů a nákladních automobilů pracujících za těžkých podmínek. Poskytují ochranu proti tepelné degradaci a opotřebení. Neodpovídají výkonnostním požadavkům synchronizovaných převodovek a transaxlů ¹⁶ v osobních automobilech. Oleje této třídy by se neměly míchat s motorovými oleji.

Poznámka: * v současnosti již nepoužívaná třída převodových olejů

Díky vysokým nárokům a specifickému užití se výkonnostní třídy pro automatické převodovky výhradně určují na základě specifikací jednotlivých výrobců. Celosvětově jsou nejvíce uznávány specifikace firem Ford (MERCON) a General Motors (DEXRON). Setkat se však můžeme s výkonovou úrovní převodových olejů od výrobců jako jsou Allison, Voith, či ZF.

¹⁵ Hypoidní soukolí je typ soukolí s kuželovými koly a mimoběžnými osami.

¹⁶ Transaxle je uspořádání hnacího ústrojí, kdy motor a spojka jsou uloženy vpředu, zatímco převodovka s rozvodovkou jsou umístěny na zadní části poháněné nápravy. Točivý moment je přenášen prostřednictvím dlouhého spojovacího hřídele. [39]

6 Příklad současného sortimentu a postup při volbě oleje

V dnešní době je na trhu nabízeno široké spektrum jak motorových, tak převodových olejů. Mezi nejznámější výrobce mazacích olejů, jejichž produkty jsou dostupné na tuzemském trhu, určitě patří Castrol, Shell, Mobil, Total, OMV, Petronas, Koramo nebo Paramo. Právě sortiment převodových a motorových olejů výrobce Paramo, v čele s oleji Mogul, je v této kapitole přiblížen. V následujících tabulkách je uveden pouze úzký výběr olejů z velkého množství touto firmou nabízených. Jedná se především o nejmodernější používané oleje, odpovídající nejnovějším normám API, resp. ACEA. Mimo oleje pro moderní vysoce výkonné motory (Tab. 15), oleje pro vysoce výkonné motocykly (Tab. 16), oleje pro mechanické převody (Tab. 17) a automatické převody (Tab. 18) firma dále nabízí oleje pro: výkonné motory osobních a lehkých užitkových vozů, vysoce výkonné naftové motory, plynové motory, traktory a stavební techniku, dvoudobé motory, ale také třeba zahradní techniku.

Oleje Mogul jsou využívány např. v autobusech Dopravního podniku hlavního města Prahy, ale třeba i ve vozidlech účastnících se náročného závodu Rally Dakar. [28]

6.1 Motorové oleje

Tab. 15 Oleje pro moderní vysoce výkonné motory [28]

Obchodní název	Popis olejů
MOGUL 0W-30 EXTREME LF II	Syntetický vysoce výkonný lehkoběžný motorový olej, speciálně určený pro automobily VW/Audi s prodlouženým intervalem výměny. Efektivní především za velmi nízkých teplot, vysokém zatížení a tam, kde se žádá úspora paliva.
MOGUL 5W-30 EXTREME LF III	Syntetický vysoce výkonný lehkoběžný motorový olej, speciálně určený pro automobily VW/Audi s prodlouženým intervalem výměny. Vhodný pro motory spalující LPG, motory s katalyzátorem včetně DPF.
MOGUL 5W-30 EXTREME F	Syntetický vysoce výkonný lehkoběžný motorový olej, speciálně určený pro automobily Ford. Umožňuje úsporu paliva a omezení emisí. Vhodný také pro motory s LPG.
MOGUL 5W-30 EXTREME C2	Syntetický vysoce výkonný lehkoběžný motorový olej, speciálně určený pro automobily PSA. Umožňuje úsporu paliva a omezení emisí. Vhodný také pro motory s LPG.
MOGUL 5W-50 EXTREME Sport	Syntetický motorový olej extrémní výkonnosti. Vhodný pro použití u vysoce teplotně namáhaných motorů, kde je kladen požadavek na vysokou viskozitu (sportovní a soutěžní vozy).
MOGUL 10W-60 EXTREME Sport	
MOGUL 5W-40 EXTREME PD	Syntetický motorový olej nejvyšší výkonnosti s vynikající startovatelností za velmi silných mrazů. Určen i pro motory se vstřikováním čerpadlo-tryska. Vhodný také pro motory spalující LPG a pro motory s DPF.

MOGUL 10W-40 EXTREME	Polosyntetický motorový olej nejvyšší výkonnosti zajišťující mimořádně dobrou startovatelnost za silných mrazů, minimální opotřebení motoru a úsporu pohonných hmot. Vhodný také pro motory spalující LPG a pro motory s katalyzátorem výfukových plynů.
MOGUL 15W-40 EXTREME	Univerzální celoroční ropný olej pro moderní vysoce výkonné benzínové a naftové motory. Vhodná i pro motory spalující LPG a motory a katalyzátorem výfukových plynů.

Tab. 16 Oleje pro vysoce výkonné moderní motocykly [28]

Obchodní název	Popis olejů
MOGUL MOTO 4T 5W-40	Celoroční motorové oleje určené zejména k mazání moderních vysoce výkonných benzínových čtyřdobých motorů sportovních motocyklů a čtyřkolek, kde je použita společná náplň pro mazání motoru, převodovky a spojky. MOGUL MOTO 4T 10W-50 a MOGUL MOTO 4T 20W-50 jsou vhodné pro vysoce tepelně zatěžované motory díky své vysoké kinematické viskozitě.
MOGUL MOTO 4T 10W-40	
MOGUL MOTO 4T 10W-50	
MOGUL MOTO 4T 15W-40	
MOGUL MOTO 4T 20W-50	
MOGUL MOTO 2T FD	Plně syntetický olej na bázi esterů určený pro dvoudobé vysokootáčkové silně namáhané motory skútrů, motocyklů a ostatní techniky, která je mazána směsí olej-benzín nebo pomocí dávkovacího čerpadla.
MOGUL MOTO TRANS 75W-90	Celoroční syntetický převodový olej pro mazání extrémně zatížených převodových ústrojí moderních motocyklů a čtyřkolek. Zajišťuje dlouhodobou kvalitní viskozitní a teplotní stabilitu, ochranu proti opotřebení a korozi. Zaručuje bezchybné řazení spojky.
MOGUL MOTO TRANS 80W-90	Celoroční převodový olej pro mazání silně zatížených převodových ústrojí moderních motocyklů a čtyřkolek. Zajišťuje dlouhodobou kvalitní viskozitní a teplotní stabilitu, ochranu proti opotřebení a korozi. Zaručuje bezchybné řazení spojky.

6.1.1 Jak vybrat správný motorový olej?

Existuje několik zásad pro výměnu a dolévání motorového oleje, které se musí dodržovat. Pouze v případě dodržování těchto zásad je možné zaručit dlouhodobou životnost pohonné jednotky. Pro výběr motorového oleje konkrétně platí [28]:

1. Při výběru motorového oleje by se uživatel měl řídit pokyny výrobce konkrétního dopravního prostředku, které jsou obsažené v příručce každého stroje. Právě výrobce motoru či dopravního prostředku je jediný, kdo může odpovědně posoudit vhodnost použití konkrétního oleje. V podstatě žádní výrobci by neměli doporučovat konkrétní značku oleje, jelikož je to v rozporu se zákonem o hospodářské soutěži platné

v Evropské unii. Pouze doporučují oleje podle výkonnostní a viskozitní specifikace. U takto doporučených olejů jsou poté určeny výměnné intervaly. Jedná se o maximální povolený interval, který by neměl být nikdy překročen.

2. Olejům stejné výkonnostní specifikace je doporučen stejně dlouhý výměnný interval. V současné době je pro benzínové i naftové motory osobních automobilů výrobcem nastaven proměnlivý interval výměny motorových olejů (dle palubní diagnostiky) až 30 000 km nebo 2 roky provozu [29]. Oleje v leteckých motorech bez filtru by se měly měnit po 25 hodinách, s filtrem po 50 hodinách nebo 4 měsících provozu [31]. Interval pro výměnu motorového oleje v menších lodích se pohybuje od 50 do 200 hodin provozu dle velikosti motoru [33]. U vznětových motorů velkých trajektů vybavených olejovými filtry mohou být intervaly pro dobu provozu při použití nejkvalitnějších olejů prodlouženy až na 1500 hodin [35]. Pokud je olej silně zatěžován je vhodné doporučený interval zkrátit.
3. V případě, že není dostupná příručka k dopravnímu prostředku, je nutné se zeptat u výrobce nebo dovozce.
4. Pokud olej vyhovuje výkonnostní i viskozitní specifikaci, lze ho použít. Je možné použít i olej o vyšší výkonnostní úrovni, která je povýšena nad vše ostatní. Bývá však dražší a vlastnosti zlepšuje jen zanedbatelně málo.
5. Když je olej nízké výkonnostní specifikace měněn za olej vyšší výkonnosti, je žádoucí zkrátit výměnnou lhůtu u první výměny. Dochází k uvolnění úsad, které by mohly ucpat mazací kanálky.
6. Uživatel by neměl za žádnou cenu míchat minerální oleje (SAE 15W-40, 15W-50, 20W-30, -40) s oleji syntetickými (SAE 0W, 5W-30, -40, -50).

6.2 Převodové oleje

Tab. 17 Oleje pro mechanické převody [28]

Obchodní název	Popis olejů
MOGUL SYNTRANS 75W-90 PLUS	Syntetický olej k mazání extrémně zatížených převodových ústrojí moderních nákladních automobilů a mobilní techniky, kde je předepsána úroveň GL-4 nebo GL-5.
MOGUL SYNTRANS 75W-140 H	Syntetický olej k mazání extrémně zatížených převodových ústrojí hypoidního typu včetně vysoce namáhaných převodových skříní sněžových fréz. Určen pro široké spektrum klimatických podmínek a provozního namáhání.

MOGUL SYNTRANS 75W-90 HYP	Celoroční syntetický olej k mazání extrémně zatížených převodových ústrojí hypoidního typu pro široký rozsah provozních teplot.
MOGUL SYNTRANS 75W-90	Syntetický olej pro mechanické převodovky a rozvodovky moderních automobilů s velkým rozsahem provozních teplot.
MOGUL TRANS 80W-90 PLUS	Celoroční víceúčelový převodový olej pro mazání extrémně zatížených převodových ústrojí moderních nákladních automobilů a mobilní techniky, kde je předepsána úroveň GL-4 nebo GL-5.
MOGUL TRANS 85W-140H	Celoroční víceúčelové převodové oleje pro mazání extrémně zatížených převodových ústrojí moderních nákladních automobilů a mobilní techniky, kde je předepsána úroveň API GL-5. Zejména pro hypoidní a šnekové převody.
MOGUL TRANS 80W-140H	
MOGUL TRANS 80W-90H	
MOGUL TRANS 90H	Jednostupňové převodové oleje k mazání extrémně zatížených převodových ústrojí moderní techniky, zejména hypoidních a šnekových převodů.
MOGUL TRANS 80H	
MOGUL TRANS 90HT	Převodové oleje pro silně zatížené převodovky, zejména převodové skříně s hypoidním ozubením. Použití např. u tramvají.
MOGUL TRANS 85W-140	Celoroční převodové oleje pro mechanické převodovky a rozvodovky moderních automobilů a jiné techniky vyžadující výkonovou úroveň API GL-4.
MOGUL TRANS 80W-90	
MOGUL TRANS 90	Jednostupňové převodové oleje k mazání mechanických převodů moderních osobních, dodávkových a nákladních automobilů. Popřípadě mohou být využity pro průmyslové aplikace.
MOGUL TRANS 80	
MOGUL TRANS 75W	

Tab. 18 Oleje pro automatické převodovky [28]

Obchodní název	Popis olejů
MOGUL TRANS ATF D III	Syntetický převodový olej pro automatické převodovky osobních a nákladních automobilů a dalších mobilních strojů, vyžadujících specifikaci GM DEXRON III G.
MOGUL TRANS ATF D II	Syntetický převodový olej pro automatické převodovky osobních a nákladních automobilů a dalších mobilních strojů, vyžadujících specifikaci GM DEXRON II D.

6.2.1 Jak vybrat správný převodový olej?

Při výběru převodového oleje platí téměř stejné zásady, jako při výběru oleje motorového. Platí následující zásady [28]:

1. V první řadě by se při výběru převodového oleje mělo dbát na pokyny výrobce konkrétního dopravního prostředku. Tyto pokyny, podle nichž by se měl uživatel řídit, jsou obsaženy v příručce každého stroje. Právě výrobce převodovky či dopravního prostředku je jediný, kdo může odpovědně posoudit vhodnost použití konkrétního oleje. V podstatě žádní výrobci by neměli doporučovat konkrétní značku oleje, jelikož je to v rozporu se zákonem o hospodářské soutěži platné v Evropské unii. Pouze doporučují oleje podle výkonnostní a viskozitní specifikace.
2. Pro synchronizované převodovky jsou téměř vždy používány oleje API GL-4, pro hypoidní převodovky API GL-5. V případě záměny olejů těchto tříd může dojít k poškození synchronizace, respektive hypoidních převodů.
3. U takto doporučených olejů jsou poté určeny výměnné intervaly. U manuálních převodovek se ve většině případů používají celoživotní náplně.
4. V případě absence příručky je nutné se zeptat u výrobce, popřípadě v české centrále dovozce konkrétního dopravního prostředku.

7 Závěr

Výroba a vývoj moderních motorových a převodových olejů, kterým se tato práce věnuje, jsou úzce spjaty s trendem zdokonalování motorů a převodů motorových vozidel. Musí především reagovat na požadavky výrobců na stále nižší tření a odpory v motorech a převodech kvůli stále se zpřísnujícím normám na produkci škodlivin ve výfukových plynech. Produkce škodlivin je omezována stále přísnějšími normami Euro.

Mimo snižování negativního dopadu provozu vozidel na životní prostředí je snahou výrobců neustále zvyšovat výkony motorů, snižovat spotřebu paliva a prodlužovat servisní intervaly. Když k tomuto výčtu současných trendů dále přičteme uživatelské požadavky na co nejmenší náklady na provoz a údržbu, máme zde opravdu velké množství požadavků, které musí výrobci olejů splnit minimálně do takové míry, aby motory a převodové soustavy pracovaly spolehlivě po dobu jejich předpokládané životnosti.

Kvůli emisním systémům DPF a SCR musí být v motorových olejích co nejnižší obsah sulfátového popelu, fosforu a síry. Snižování spotřeby paliva napomáhá ke snižování viskozity u moderních motorových a převodových olejů. Oleje nízké viskozity zároveň umožňují rychlejší cirkulaci maziva v mazaných systémech, snižují tření a do jisté míry tak přispívají ke zvýšení výkonu motoru. Prodloužené servisní intervaly přispívají k šetrnosti vůči životnímu prostředí hlavně tím, že není nutné řešit problémy s likvidací oleje tak často jako tomu bylo ještě před pár lety a ušetří čas, který by strávilo vozidlo v servisu.

K dosažení nejvyšší hranice variabilního servisního intervalu výměny oleje uvedeného výrobcem přispívá zejména ekonomický způsob jízdy na co možná nejdélší vzdálenosti. Naopak nevhodné krátké jízdy v městském provozu tento interval zkracují.

Při výběru oleje je nutné respektovat požadavky na olej uvedené výrobcem konkrétního stroje v návodu k obsluze. Pokud daný olej splňuje potřebné požadavky, konečné rozhodnutí o volbě konkrétního druhu oleje už je plně na představách a finančních možnostech uživatele. Je však nutné brát v potaz, že u oleje není rozhodující značka oleje, ale jeho výkonnostní třída, popřípadě specifikace daného výrobce.

8 Seznam použitých zdrojů

- [1] STRAKA, Bedřich. *Motorové oleje a tribotechnická diagnostika naftových motorů*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1986, 248 s.
- [2] BLAŽEK, Josef a RÁBL, Vratislav. *Základy zpracování ropy a ropných frakcí*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 255 s. ISBN 80-7080-473-4.
- [3] ČERNÝ, Jaroslav. *Když se řekne: základové oleje* [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Kdyz-se-rekne--zakladove-oleje>
- [4] STOPKA, Josef. *Tribotechnické infromace: Syntetické mazivá* [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.cz/images/casopis/2010-1.pdf>
- [5] HRDLIČKA, Zdeněk. *Automobilové kapaliny*. Praha: Grada, 1996, 128 s. ISBN 80-716-332-4.
- [6] VLK, František. *Paliva a maziva motorových vozidel*. Brno: František Vlk, 2006, 225 s. ISBN 80-239-6461-5.
- [7] ČERNÝ, Jaroslav. *Mazivářské mýty, Mýtus první - kdo a jak vyrábí základové oleje* [online]. [cit. 2018-01-11]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Mazivarske-myty-Mytus-prvni---kdo-a-jak-vyrabi-zakladove-oleje>
- [8] ŠTĚPINA, Václav a VESELÝ, Václav. *Maziva a speciální oleje: (Základy tribotechniky)*. Bratislava: VEDA, 1980, 695 s.
- [9] ŠTĚPINA, Václav a VESELÝ, Václav. *Maziva v tribologii*. Bratislava: VEDA, 1985, 405 s.
- [10] DYK, Antonín. *Paliva a maziva pro automobily*. Vyd. 2., upr. a dopl. Praha: SNTL, 1976, 184 s. Knižnice motoristy (Státní nakladatelství technické literatury).
- [11] ČERNÝ, Jaroslav. *Vlastnosti motorových olejů - Základní funkce olejů* [online]. [cit. 2018-01-14]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---Zakladni-funkce-oleju?phone=1>
- [12] HEJHÁLEK, Jiří. *Nejčastější příčinou poruchy motorů je fyzické opotřebení vzniklé v důsledku nesprávného mazání* [online]. [cit. 2018-01-18]. Dostupné z: <https://www.stavebni-technika.cz/clanky/nejcastejsi-pricinou-poruchy-motoru-je-fyzicke-opotrebeni-vznikle-v-dusledku-nespravneho-mazani>
- [13] VUT. *Přednáška 4 - Konstruování strojů* [online]. [cit. 2018-01-19]. Dostupné z: http://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/5KS/_prednasky/prednaska4.pdf
- [14] PEKÁREK, Stanislav. *Technologie oprav 1*. 2016. Nový Jičín: Střední škola technická a zemědělská. ISBN 978-80-88058-23-6.
- [15] Oleje.cz. *Motorové oleje pro 4-dobé motory* [online]. [cit. 2018-01-28]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Motorove-oleje-pro-4-dobe-motocykly>
- [16] ELKINS, Michael. *Automotive Oil vs. Marine Oil* [online]. [cit. 2018-01-30]. Dostupné z: <https://itstillruns.com/automotive-oil-vs-marine-oil-6946294.html>
- [17] THE FLIGHT BLOG. *Can automotive engine oil be used in aircraft piston engines?* [online]. [cit. 2018-02-05]. Dostupné z: <http://theflightblog.com/can-automotive-oil-be-used-in-aircraft/>
- [18] BEČKA, Jan. *Tribologie*. Praha: České vysoké učení technické, 1997, 212 s. ISBN 80-01-01621-8.

- [19] Shell.com. *Aviation specifications guide* [online]. [cit. 2018-02-10]. Dostupné z: https://www.shell.com/business-customers/aviation/aeroshell/knowledge-centre/the-aeroshell-book/_jcr_content/par/textimage_1433441235.stream/1445043376729/d946b564f9770ff0f40e7b870cbcac68ff6db3627f4be911ba6c9f0753a6d3d5/aeroshell-book-abritspecs.pdf
- [20] PARAMO. *Katalog výrobků*. 2012.
- [21] Tribology-abc.com *Viscosity classification* [online]. Dostupné z: <http://www.tribology-abc.com/abc/viscosity.htm>
- [22] API. *Lubricant Service Designations for Automotive Manual Transmissions, Manual Transaxles, and Axles* [online]. [cit. 2018-02-18]. Dostupné z: <http://www.api.org/~media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/1560-Eighth-Edition-April-2013.pdf>
- [23] Pneu-asistent.cz. *Specifikace motorových olejů* [online]. [cit. 2018-02-21]. Dostupné z: <http://www.pneu-asistent.cz/oleje/specifikaceOLEJU.pdf>
- [24] Acea.be. *ACEA EUROPEAN OIL SEQUENCES* [online]. [cit. 2018-02-24]. Dostupné z: http://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_European_oil_sequences_2016_update.pdf
- [25] Oleje.cz. *Výkonnostní třídy automobilových motorových olejů* [online]. Dostupné z: <http://www.oleje.cz/clanek/Vykonnostni-tridy-automobilovych-motorovych-oleju>
- [26] Oleje.cz. *Porovnání klasifikací automobilových motorových olejů* [online]. [cit. 2018-02-27] Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Porovnani-klasifikaci-automobilovych-motorovych-oleju>
- [27] Oilspecifications.org. *ACEA Engine Oil Sequences* [online]. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.oilspecifications.org/acea.php>
- [28] PARAMO. *Automobilová maziva*. 2016.
- [29] MAREK, Vladislav a HRABEC, Ladislav. *Prodloužené intervaly výměny olejů v provozu osobních automobilů* [online]. [cit. 2018-03-03]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Prodlouzene-intervaly-vymeny-oleju-v-provozu-osobnich-automobilu>
- [30] GENT, Allan Neville. *Elastomer* [online]. [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/elastomer>
- [31] VISSER, Ben. *The No. 1 question of oil experts: How often should oil be changed?* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://generalaviationnews.com/2004/12/24/the-no-1-question-of-oil-experts-how-often-should-oil-be-changed/>
- [32] Vsb.cz. *Poruchy a údržba hlavních konstrukčních skupin u dopravních prostředků MHD* [online]. Dostupné z: <http://kds.vsb.cz/mhd/poruchy-prevodovky.htm>
- [33] BURDEN, Tom. *Maintaining Your Diesel Engine* [online]. Dostupné z: <https://www.westmarine.com/WestAdvisor/Diesel-Engine-Maintenance>
- [34] SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO* [online]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/emisni-norma-euro/>
- [35] MOSSEY, Bill. *Regular maintenance of marine diesel engines is key to more uptime and lower life-cycle costs* [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: http://www.mtu-online.com/fileadmin/fm-dam/mtu-usa/mtuinnorthamerica/white-papers/WhitePaper_PrevMaintenance_Marine.pdf
- [36] SAJDL, Jan. *SCR (Selective Catalytic Reduction)* [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/scr-selective-catalytic-reduction/>

- [37] DUSIL, Tomáš. *Vstřikování dieselů včera a dnes: Proč máme common-rail a čerpadlo-tryska je mrtvé?* [online]. [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/vstrikovani-dieselu-vcera-a-dnes-proc-mame-common-rail-a-cerpadlo-tryska-je-mrtve-105083>
- [38] ČERNÝ, Jaroslav. *Vlastnosti motorových olejů - HTHS viskozita a lehkoběžné oleje* [online]. [cit. 2018-03-14]. Dostupné z: <https://www.oleje.cz/clanek/Vlastnosti-motorovych-oleju---HTHS-viskozita-a-lehkobezne-oleje>
- [39] SAJDL, Jan. *Transaxle* [online]. [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/transaxle/>
- [40] Audiklub.cz. *Katalyzátor* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://audiklub.cz/techwiki/katalyzator>
- [41] Audiklub.cz. *DPF* [online]. [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <https://audiklub.cz/techwiki/dpf>

Seznam obrázků

Obr. 1 Atmosférická kolona ropy	14
Obr. 2 Vakuová destilace ropy	16
Obr. 3 Stribeckova křivka.....	23
Obr. 4 Vznik olejového klínu	23
Obr. 5 Kapalinné tření	24
Obr. 6 Polosuché tření	24
Obr. 7 Suché tření.....	24
Obr. 8 Závislost viskozity na teplotě oleje	30
Obr. 9 Doporučené viskozitní třídy SAE motorových olejů podle vnější teploty.....	36
Obr. 10 Porovnání viskozitních tříd SAE převodových a motorových olejů.....	36
Obr. 11 Doporučené viskozitní třídy SAE převodových olejů podle vnějších teplot	37
Obr. 12 Porovnání výkonnostních klasifikací motorových olejů	45

Seznam tabulek

Tab. 1 Rozdělení základových olejů podle API	17
Tab. 2 Použití jednotlivých aditiv v olejích.....	21
Tab. 3 Požadavky na motorové oleje čtyřdobých motorů automobilů.....	26
Tab. 4 Viskozitní klasifikace motorových olejů SAE J300.....	35
Tab. 5 Viskozitní třídy převodových olejů podle SAE J306.....	37
Tab. 6 Klasifikace API pro benzínové (zážehové) motory	38
Tab. 7 Klasifikace API pro naftové (vznětové) motory	39
Tab. 8 Oleje pro zážehové a lehké vznětové motory dle ACEA.....	41
Tab. 9 Oleje kompatibilní s katalyzátory.....	41
Tab. 10 Oleje pro vznětové motory nákladních automobilů dle ACEA	42
Tab. 11 Specifikace Volkswagen	43
Tab. 12 Specifikace Mercedes Benz	44
Tab. 13 Klasifikace olejů pro zážehové dvoutaktní motory.....	44
Tab. 14 Výkonnostní klasifikace pro mechanické převodovky dle API	46
Tab. 15 Oleje pro moderní vysoce výkonné motory	47
Tab. 16 Oleje pro vysoce výkonné moderní motocykly.....	48
Tab. 17 Oleje pro mechanické převody.....	50
Tab. 18 Oleje pro automatické převodovky	51