
LIFETIME EXTENSION OF ENGINE OIL USING ADDITIVES

Kumbár V.¹, Severa L.¹, Glos J.², Čorňák Š.²

¹ Department of Technology and Automobile Transport, Faculty of Agriculture, Mendel University in Brno, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Czech Republic

² Department of Combat and Special Vehicles, Faculty of Military Technology, University of Defence, Kounicova 156/65, 662 10 Brno, Czech Republic

E-mail: vojtech.kumbar@mendelu.cz

ABSTRACT

Three experimental approaches, selected for analysis of the engine oils and described above, are surely sufficient for the needs of presented research. The spectrometry was used for determination of presence of selected chemical elements and especially metals in oil. Particles monitoring was employed in order to describe the amount, type, and size of friction particles. The temperature dependence of dynamic viscosity was evaluated by use of rotary viscometer. In case of all three approaches it is advantageous to compare the measured values with the results received for unused engine oil of the same marking and viscosity index. If the degradation of oil is classified as low or medium, it is possible to increase its service life for several thousands of kilometers.

Key words: engine oil, spectrometry, particle monitoring, dynamic viscosity, additives.

Acknowledgement: The research has been supported by the project IP 14/2011 financed by IGA FA MENDELU.

ÚVOD

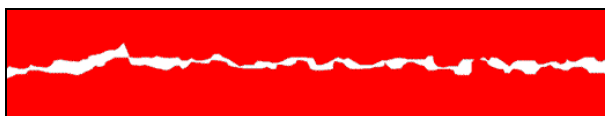
Úvodem je nutné konstatovat, že motorový olej je třeba chápat jako jeden z konstrukčních prvků motoru. Jak uvádí [1] vyžaduje vývoj nových motorů současně změny složení a vlastností motorových olejů. Tato změna je nutná nejen z důvodů zvyšování výkonů motorů, ale souvisí také se snahou o prodloužení intervalů výměny oleje při servisních prohlídkách. Prodloužení servisních intervalů je pro uživatele vozů velmi atraktivní zákaznickou výhodou, která přispívá ke snížení provozních nákladů. Jen při výměně motorového oleje a olejového filtru mohou být výlohy v porovnání s dosavadní lhůtou bezmála poloviční. Nezanedbatelná je také úspora času, neboť se s vozem nemusí zajíždět do servisu tak často než dosud a současně se tak omezí doba jeho odstavení kvůli servisním pracím. V neposlední řadě přispívá také k větší hospodárnosti, prodloužení životnosti vozidla a celkové mobility uživatele. Pro systém prodloužených servisních služeb je rozhodující současná kvalita oleje. Hodnocení je podloženo řadou provozních a laboratorních experimentů, které dávají dostatečnou záruku jakosti oleje v provozu různě namáhaného motoru.

U velkých dopravců se lze často setkat s praxí, že olejové náplně v motorech jsou pravidelně analyzovány a pozornost je zaměřena především na obsah kovů v oleji a na jeho viskozitní stabilitu. U mnoha dalších provozovatelů automobilů jsou podobné analýzy prováděny pouze v případě podezření na nenormální provoz a počátky možné závady motoru. Motor a tedy i všechny třecí povrchy jsou vyrobeny z určitých kovových materiálů. Většinou jde o železo zušlechťené přidávkem jiných kovů, o hliníkové či měděné součástky, nebo je určitý díl motoru potažen povrchovou vrstvičkou jiného kovu s cílem zvýšit tvrdost povrchu, zlepšit kluzné vlastnosti, zlepšit protikorozní ochranu apod. Díky těmto případům se kromě železa samotného musíme zajímat i o další kovy, například hliník, měď, chrom, olovo, cín, nikl, stříbro apod. Třecí povrchy kovů, ani ty pečlivě vysoustružené, nejsou nikdy naprosto hladké. Každý povrch má určitou morfologii, strukturu, kterou je možné znázornit jako zubatou čáru podobně jako na Obrázku 1. V normálním stavu jsou v motoru dva třecí povrchy odděleny vrstvičkou oleje. Viskóznější oleje vytvářejí při stejné teplotě silnější vrstvičku mazacího filmu než méně viskózní oleje. Povrchy tak nepřicházejí navzájem do kontaktu, nebo jen do minimálního díky některým větším nerovnostem na povrchu. [2]



Obrázek 1 Kovové plochy odděleny vrstvou oleje (převzato z [2])

Jak dále [2] uvádí, může nastat situace, kdy na třecí plochy působí nějaká přtláčná síla. Potom může být vrstvička oleje vytlačena a dva povrchy se do kontaktu dostanou. Dochází k tzv. meznímu tření, kdy oba povrchy nejsou mazány vrstvou oleje, ale pouze jeho mazivostními aditivy, která na povrchu kovu ulpěla. Tato situace je znázorněna na Obrázku 2. Jestliže se takové dva povrchy navzájem pohybují, dochází k vzájemnému odírání jejich nerovností a oddělování mikroskopických částíček konstrukčního kovu. Tyto částičky pak přecházejí do oleje. Následně je potom možné stanovit množství určitého kovu v oleji a na základě jeho množství také odhadnout významnost tření v motoru. Tak lze předpovídat počátek zvýšeného opotřebení nebo dokonce zadírání. Touto diagnostikou lze předcházet velkým závadám a haváriím motorů mnohem dříve, než by se na závadu přišlo díky jejím dalším projevům (hluk nebo vibrace motoru či zvýšená teplota oleje).



Obrázek 2 Kovové plochy s těsným kontaktem (převzato z [2])

Nejen obsah kovů v motorovém oleji je velmi významným ukazatelem jeho stavu. Další z důležitých vlastností je také stabilita teplotní závislosti dynamické viskozity oleje. [3] uvádí, že viskozita je měřítkem tekutosti kapalin. Oleje s nižší viskozitou jsou tekutější (řidší) a mají menší vnitřní odpor proti proudění, proti toku. Vyšší viskozita olejů (hustější oleje) naopak znamená vyšší odpor a tím také pomalejší tok, přeneseně pak i vyšší odpor proti vzájemnému pohybu dvou mazaných součástí.

V praxi se většinou povoluje provoz motorového oleje v rozmezí viskozity max. $\pm 20\%$. Tato hodnota však byla stanovena pro velkoobjemové vznětové motory. Pro zážehové motory lze připustit větší odchylku směrem k nižším hodnotám, i vzhledem ke stříhové nestabilitě moderních olejů. Pokles viskozity je proto možné připustit odhadem až o 30 %. Příliš nízká viskozita, většinou díky závadě na vstřikování a nadbytku paliva v oleji, může vést k příliš tenkému mazacímu filmu. Důsledkem potom při vyšším zatížení může být i porušení mazacího filmu a zvýšené opotřebení nebo i zadírání třecích dílů. [3]

MATERIÁL A METODIKA

Materiál

K jednotlivým analýzám a měřením byl použit motorový olej MOGUL FELICIA, výrobcem charakterizován jako univerzální celoroční olej pro moderní benzinové a naftové motory, speciálně formulovaný pro automobily Škoda. Další vlastnosti jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 Vlastnosti motorového oleje MOGUL FELICIA

Označení	Viskozitní index	Norma ACEA	Norma API	Norma VW
MOGUL FELICIA	15W40	A3/B3	SH/CF	501.01/505.00

Mobilní energetický prostředek, ve kterém byl motorový olej sledován, byl osobní automobil Škoda Felicia, 1.3MPI (50 kW), rok výroby 1999. Sledován byl nový nepoužitý motorový olej, použitý motorový olej s nájездem 15000 km, olejové aditivum OIL TREATMENT a jejich směsy. Olejové aditivum od amerického výrobce charakterizují tyto vlastnosti: chrání proti přehřátí oleje, pomáhá udržovat tlak oleje, brání proti ztrátě výkonu, snižuje hlučnost ventilů a pístů, snižuje spotřebu oleje a tvorbu emisí. Doporučený poměr aditiva v motorovém oleji je 1:10.

Metody

Měření byla prováděna pomocí tří přístrojů a metod:

- spektrometrie – přístroj Spectroil Q100,
- monitoring částic – přístroj LaserNet FinesTM-C,
- měření teplotní závislosti dynamické viskozity – přístroj Anton Paar DV-3P.

Zjištění přítomnosti vody v motorovém oleji bylo provedeno na objednávku společností ALS Laboratory, s.r.o.

Spektrometrie

Spectroil Q100 je kompletně polovodičový spektrometr, specificky navržen pro analýzu olejových vzorků. Měří stopové obsahy prvků rozpuštěných nebo nanesených jako jemné částice v minerálních nebo syntetických výrobcích na bázi ropy za použití dlouhodobě ověřené a spolehlivé techniky s rotační diskovou elektrodou. Dále přístroj splňuje požadavky standardní metody ASTM D6595 pro stanovení ořetrových kovů a kontaminantů použitých v mazacích olejích nebo hydraulických směsích. [4]

Monitoring částic

Analyzátor částic LaserNet FinesTM-C se používá k vyhledání a charakteristice ořetrových částic. Ve většině případů kovových. Protože existuje několik typů namáhání třecích dílů, existuje i několik mechanismů opotřebení, které se většinou pojmenovávají anglickými názvy a v češtině nemají svoje pojmenování (únnavové opotřebení, pitting, scuffing, abrazivní opotřebení apod.). Částice vzniklé odlišným mechanismem opotřebení mají různé tvary a velikost. Velikost částic z normálního opotřebení se pohybuje v řádu několika mikrometrů, obvykle do 5 mikrometrů. Čím jsou ořetrové částice větší (většinou desítky, někdy až více než sto mikrometrů) a čím je jejich četnost vyšší, tím je opotřebení motoru větší. [2]

Teplotní závislost dynamické viskozity

Měření teplotní závislosti dynamické viskozity motorového oleje bylo provedeno na rotačním viskozimetru Anton Paar DV-3P, který měří krouticí moment rotujícího vřetena ponořeného do vzorku. Tento viskozimetr pracuje na principu měření krouticí síly nutné k překonání odporu u rotujícího válce nebo disku ponořeného v měřeném materiálu. Rotující válec nebo vřeteno jsou propojeny přes pružinu s hřídelí motoru, která se točí definovanou rychlostí. Úhel pootočení hřídele je měřen elektronicky a poskytuje přesnou informaci o poloze hřídele, potažmo vřetene. Z měřených hodnot je na základě interních výpočtů přímo zobrazena hodnota dynamické viskozity v *mPa.s*. Pro kapaliny konstantní viskozity odpor vůči pohybu roste s velikostí vřetena. Rozsah měření pro stanovení reologických vlastností materiálu může být přizpůsoben zvolením vhodné kombinace vřetene a rychlosti otáčení. Pro získání relevantních výsledků měření je nezbytné znát nejdůležitější reologické vlastnosti vzorku. Je tedy třeba vyhodnotit, o jaký typ materiálu se jedná, a správně jej klasifikovat. [5]

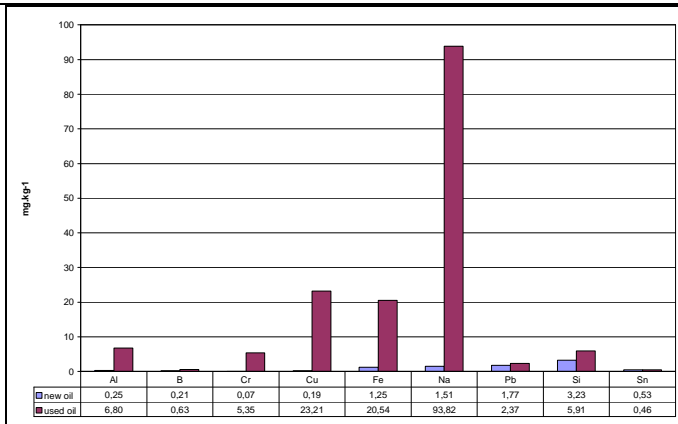
Pro měření motorového oleje bylo zvoleno standardizované vřeteno s označením R3, které je nejvhodnější pro měření kapalin podobných viskozit. Rychlost otáčení vřetene byla nastavena na 30 otáček za minutu. Teplotní závislost motorových olejů byla dále modelována pomocí polynomu 6. stupně v programu Microsoft® Excel 2002 (10.6871.6870) SP3.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Cílem tohoto článku je vyhodnotit, zda je možné pomocí olejového aditiva prodloužit životnost motorového oleje. K tomuto vyhodnocení byly použity tři metody (viz podkapitola 2.2 Metody). Nejprve byl porovnáván nový (nepoužitý) motorový olej s olejem použitým, abychom zjistili, zda je ještě možné použít motorový olej aditivovat. Dále byla měřena teplotní závislost dynamické viskozity nového (nepoužitého) motorového oleje, použitého motorového oleje a směs použitého motorového oleje a nového (nepoužitého) aditiva.

Spektrometrie

Při porovnání množství ořevých kovů v novém a použitém motorovém oleji byly zjištěny hodnoty, které jsou uvedeny a graficky znázorněny na Obrázku 3. Společností ALS Laboratory, s.r.o. byla potvrzena přítomnost nepatrného množství vody v motorovém oleji.



Obrázek 3 Množství otěrových kovů v motorovém oleji

Z výsledků spektrometrie lze konstatovat, že použitý motorový olej vykazuje nízký až střední stupeň degradace. Zvýšený obsah hliníku, chromu, mědi a železa je přípustný pro použitý typ motoru. Zvýšený obsah sodíku a pozitivní výsledek obsahu vody v motorovém oleji mohou detekovat únik chladicí kapaliny do olejové náplně.

K prodloužení životnosti aditivací je dle výsledků spektrometrie použitý motorový olej vhodný, jelikož množství otěrových kovů v použitém oleji nepřesahuje orientační hranice pro daný typ motoru, viz literatura [2].

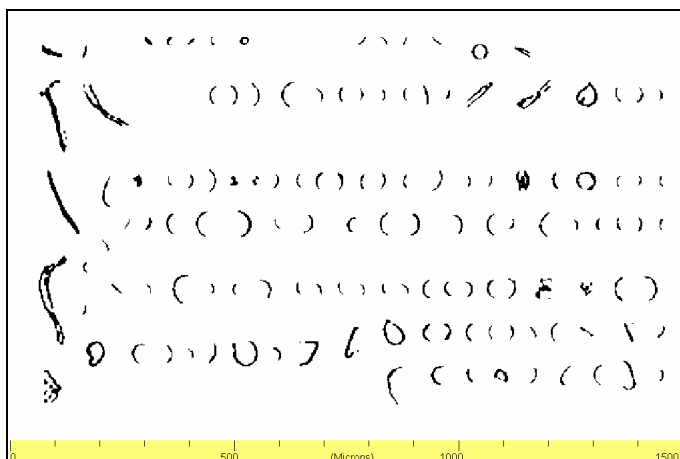
Monitoring částic

Jelikož existuje několik typů namáhání třecích dílů, existuje i několik mechanismů opotřebení. Částice vzniklé odlišným mechanismem opotřebení mají různé tvary a velikost. Jak uvádí [2] je velikost částic z normálního opotřebení v řádu několika mikrometrů, obvykle do 5 mikrometrů. Čím jsou otěrové částice větší (většinou desítky, někdy až více než sto mikrometrů) a čím je jejich četnost vyšší, tím je opotřebení motoru větší.

V novém nepoužitém motorovém oleji bylo analyzováno cca 39,500 částic v jednom *ml* vzorku. U nových olejů se jedná spíše o mazací částičky než o otěrové kovy. V použitém motorovém oleji bylo analyzováno cca 98,600 částic v jednom *ml* vzorku. Nejvíce zastoupené částice a jejich průměrné a maximální velikosti jsou uvedeny v Tabulce 2. Na Obrázku 4 jsou vyobrazeny některé částice detekované v použitém oleji.

Tabulka 2 Nejvíce zastoupené částice ve vzorku použitého motorového oleje

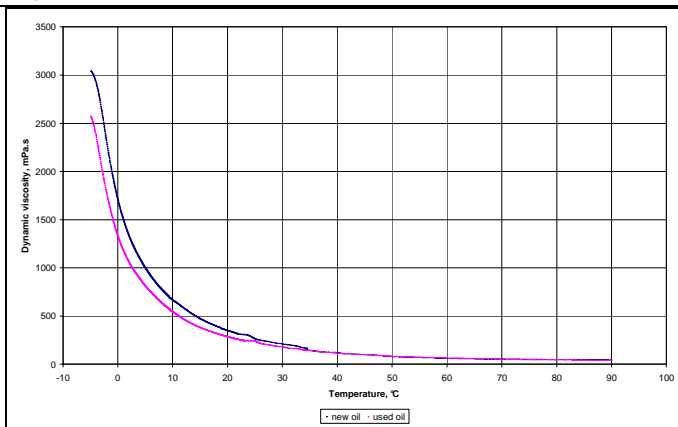
částice	počet v ml	střední velikost (μm)	maximální velikost (μm)
řezné	87,4	30,6	65,0
otěrové	10,8	52,0	158,2
únavové	1,9	26,7	26,7
nekovové	39,3	44,5	68,8
nespecifikované	21,2	25,6	29,6
vlákna	80,0		

**Obrázek 4** Detekované částice v použitém motorovém oleji

K prodloužení životnosti aditivací je dle výsledků monitoringu částic použitý motorový olej vhodný, jelikož neobsahuje vysoké množství velkých kovových částic.

Teplotní závislost dynamické viskozity

Teplotní závislost dynamické viskozity motorových olejů byla sledována v rozmezí teplot od -5 °C do +90 °C. Nejprve byla porovnána teplotní závislost dynamické viskozity nového a použitého motorového oleje. Na Obrázku 5 lze sledovat pouze mírný pokles teplotní závislosti dynamické viskozity u použitého motorového oleje oproti novému oleji, a to především při teplotách pod +30 °C.



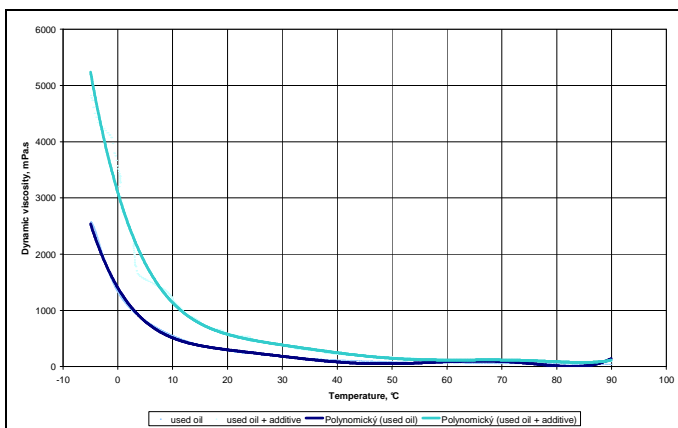
Obrázek 5 Dynamická viskozita nového a použitého motorového oleje

K prodloužení životnosti aditivací je dle výsledků měření teplotní závislosti dynamické viskozity použitý motorový olej vhodný, jelikož použitý olej viskozitně téměř nedegradoval.

Aditivace použitého motorového oleje

Žádná z použitých metod nevyloučila možnost ani vhodnost použitý motorový olej aditivovat, proto bylo do olejové náplně motoru přidáno olejové aditivum v poměru 1:10. Poté byl sledován vliv aditiva na teplotní závislost dynamické viskozity vzniklé směsi.

Na Obrázku 6 je patrné, že po přidání aditiva do použitého motorového oleje stoupne dynamická viskozita směsi z cca 2,500 mPa.s na cca 5,200 mPa.s při -5 °C. Při teplotách nad +50 °C jsou rozdíly dynamické viskozity u použitého oleje bez aditiva a s aditivem minimální.



Obrázek 6 Dynamická viskozita směsi použitého motorového oleje a aditiva

Pro teplotní závislost dynamické viskozity použitého oleje a směsi použitého oleje a aditiva byly (v souladu s literaturou [6] a [7]) vytvořeny matematické modely pomocí polynomu 6. stupně, dle obecného vztahu:

$$y = a_6 \cdot x^6 + a_5 \cdot x^5 + a_4 \cdot x^4 + a_3 \cdot x^3 + a_2 \cdot x^2 + a_1 \cdot x + a_0 \quad (1)$$

Korelační koeficienty R^2 obou závislostí dosahovaly velmi vysokých hodnot 0,98.

ZÁVĚR

Motorový olej musí v motoru splňovat mnoho funkcí. Žádná vlastnost oleje nesmí být preferována nebo zvýrazněna na úkor jiné vlastnosti. Do toho všeho navíc zasahují požadavky na splnění emisních limitů. Zabezpečení požadovaných vlastností motorového oleje je vždy výsledkem kompromisu, který musí brát ohled na všechny požadavky kladené na olej. Cílem při výrobě každého motorového oleje je proto především snaha, aby olej zaručil co nejdélší životnost a zachoval všechny vlastnosti motoru co nejdéle. [8]

Tři zvolené metody k ověření stavu motorového oleje, které byly v tomto článku publikovány, jsou pro automobilový motorový olej zcela dostačující. S obdobnými závěry je možné se setkat i v literatuře [9] a [10]. Spektrometrie určí množství vybraných chemických prvků v oleji, především pak kovů. Monitoring částic detekuje množství, typ a velikost otěrových částic v oleji. Pomocí rotačního viskozimetru doplníme analýzu o určení teplotní závislosti dynamické viskozity oleje. Pro všechny tři metody je vždy vhodné srovnání s novým (nepoužitým) motorovým olejem stejného označení a viskozitního indexu. Je-li vyhodnocen stupeň degradace motorového oleje jako nízký či střední, dá se jeho životnost prodloužit o několik tisíc kilometrů. Je ovšem nutné tento olej nadále sledovat ve vhodně zvoleném intervalu, například každých 3000 km. Je-li vyhodnocen některou z popsanych metod stupeň degradace oleje jako vyšší či vysoký, je nutné motorový olej ihned vyměnit. Samozřejmě spolu s olejovým filtrem.

5 LITERATURA

- [1] MAREK V., HRABEC L. *Prodloužené intervaly výměny olejů v provozu osobních automobilů* [on-line], [cit. 13. července 2011]. Dostupné na WWW: <http://www.oleje.cz/index.php?left=main&page=clanky_5>.
- [2] ČERNÝ J., Díl desátý – Otěrové kovy, *Vlastnosti motorových olejů*. [on-line], [cit. 21. červen 2011]. Dostupné na WWW: <http://www.oleje.cz/index.php?left=main&page=clanky_vlastnosti_oleju10>.
- [3] ČERNÝ J., Viskozita, *Vlastnosti motorových olejů*. [on-line], [cit. 12. červenec 2011]. Dostupné na WWW: <http://www.oleje.cz/index.php?left=main&page=clanky_vlastnosti_oleju2>.

-
- [4] *SPECTROIL Q100 – SPEKTOMETR PRO ANALÝZU OLEJŮ*. [on-line], [cit. 22. červen 2011]. Dostupné na WWW: <http://www.spectro.cz/download/spectroil_q100_cz.pdf>.
- [5] SEVERA L. *Tixotropní chování vybraných druhů potravin*. [habilitační práce], Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008, 113 p.
- [6] MAGGI C. Advantages of Kinematic Viscosity Measurement in Used Oil Analysis. *Practicing Oil Analysis Magazine*, 2006, No. 5, pp. 38–52.
- [7] SEVERA L., HAVLÍČEK M., KUMBÁR V. Temperature dependent kinematic viscosity of different types of engine oils, *Acta Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně*, 2010, svazek LVII, No. 4, pp. 95-102. ISSN 1211-8516.
- [8] ČERNÝ J., Základní funkce olejů, *Vlastnosti motorových olejů*. [on-line], [cit. 17. července 2011]. Dostupné na WWW: <http://www.oleje.cz/index.php?left=main&page=clanky_vlastnosti_oleju1>.
- [9] LUCAS M., ANDERSON D. Metody laboratorních rozborů olejů. *Příručka mazání a tření*. SPECTRO Inc., 1997, Littleton, Massachusetts, U.S.A.
- [10] GUO B., LYONS W., GHALAMBOR A. *Petroleum production engineering*. Elsevier Science and Technology Books, 2007, ISBN 0750682701.