



HODNOCENÍ KARBONOVÉHO ZNEČIŠTĚNÍ MOTOROVÝCH OLEJŮ

THE EVALUATION OF CARBON IMPURITIES IN MOTOR OILS

Ivana Hurtová^{1,*}

Abstrakt *Obsah karbonového znečištění v motorovém oleji patří vedle dalších parametrů k základním diagnostickým veličinám, podle které se rozhoduje, zda je třeba provozovaný olej vyměnit. V příspěvku jsou prezentovány výsledky porovnání stanovení obsahu karbonových nečistot v motorovém oleji přístrojem REO-31 dle metodiky používané v Depu kolejových vozidel v České Třebové a dle metodiky laboratoře tribotechnické diagnostiky Dopravní fakulty Jana Pernera, Univerzity Pardubice.*

Klíčová slova *degradace, motorový olej, výměna oleje, tribotechnická diagnostika, karbonové znečištění, saze*

Summary *The content of carbon impurities in the engine oil is one of the basic diagnostic variables, according to which it is decided whether it is necessary to change the engine oil. The paper presents the results of a comparison of the determination of the content of carbon impurities in motor oil by the REO-31 device according to the methodology used in the rolling stock warehouse in Česká Třebová and according to the methodology of the laboratory of tribotechnical diagnostics of the Faculty of Transport Engineering, University of Pardubice.*

Keywords *degradation, engine oil, oil change, tribotechnical diagnostics, carbon impurities, soot*

1 ÚVOD

Nečistoty, úsady, tvrdé kaly v mazacích olejích jsou velmi často zdrojem havárií zařízení (Černý, 2010). Nečistoty v olejové náplni pocházejí z více zdrojů a během provozu se shromažďují v motorovém oleji. Jedná se o nečistoty mechanické (prach, kovový otěr, saze) a o produkty chemické degradace samotného oleje. Nečistoty zhoršují nejen vlastnosti oleje, ale i životnost mazaných součástí.

Zdrojem prachových částic je nasávaný vzduch, který je do spalovacího prostoru veden přes vzduchový filtr. Větší a střední prachové částice jsou zachycovány ve vzduchovém filtru, ale menší prachové částice se dostávají do spalovací části motoru, kde jsou později z prostoru válce spláchnuty do olejové náplně (většinou se jedná o tvrdé částice křemičitého prachu). Tyto částice jsou velmi abrazivní, jejich velikost je až několik mikrometrů.

¹ Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravních prostředků a diagnostiky, Studentská 95, 532 10 Pardubice, Česká republika

* korespondenční autor, e-mail: Ivana.Hurtova@upce.cz

Zdrojem nečistot jsou také otěrové částice běžné velikosti od desetin až po několik mikrometrů, které vznikají vždy i při správném mazání třecích povrchů částí. Olejové filtry zachycují částice okolo 10 μm .

Při spalování nafty ve vznětových motorech vznikají saze. Větší část sazí odchází ze spalovacího prostoru výfukovými plyny, ale část se jich dostane i do motorového oleje. Je-li v motoru zabudován EGR ventil, vrací se výfukové plyny zpět do válce a tím se zvyšuje množství sazí, které proniknou do motorového oleje. Jakóbiec a kol. (2007) uvádí, že saze generované v motoru mohou být příčinou vzniku tvrdých kalů, vysoké viskozity maziva nebo zgelovatění oleje. Saze jsou tvořeny téměř čistým uhlíkem, který je tvrdý, má ostré hrany a způsobuje zčernání oleje. Jako limitní hodnota koncentrace sazí v oleji se uvádějí 3 % hm. Velké množství sazí v motorovém oleji způsobuje nejen nárůst jeho viskozity a tím i opotřebení motoru (Vyavhare a kol., 2019), ale může mít za následek také vyčerpání disperzantních přísad. Saze se potom shlukují do větších rozměrů a hrozí ucpaní olejového filtru a poruchy dodávky oleje do celého systému.

Vlivem termicko-oxidační degradace olejů se mohou tvořit měkké úsady oxidačních produktů nebo i houževnaté pryskyřičnaté nánosy na některých mazaných místech zařízení. Úsady se vytvářejí také u spalovacích motorů, jestliže je motorový olej kontaminován rostlinným olejem nebo metylestery a vystaven neúměrně dlouhému provozu (Černý, 2010).

2 METODY STANOVENÍ ZNEČIŠTĚNÍ OLEJŮ

Ačkoliv je míra znečištění motorových olejů pevnými nečistotami jedním z nejdůležitějších ukazatelů jejich stavu, neexistuje žádný jednoznačný, obecně použitelný přípustný limit obsahu pevných nečistot. Důvodem je poměrně velké množství hodnotících technik založených na různých principech a z toho vyplývající široké spektrum výsledků stanovení.

2.1 Kapkový test

Nejstarší způsob odhadu množství nečistot v motorovém oleji je tzv. kapkový test. Tento test je velmi jednoduchý, spočívá ve vyhodnocení zbarvení a charakteru skvrny, která se vytvoří po nanesení kapky oleje na chromatografický papír. Po nanesení kapky dochází k řadě fyzikálních a fyzikálně-chemických procesů (difuze, adsorpce aj.), jejichž důsledkem je rozvrstvení nečistot (Machalíková a Sejkorová, 2013).

Míru znečištění oleje karbonovými úsadami lze usuzovat na základě transparentnosti centrální zóny.

2.2 Obsah látek nerozpustných v HEO-směsi

Zkouška je určena pro stanovení množství nerozpustných látek v exploatovaných aditivovaných motorových olejích. Nerozpustné látky podle této zkoušky jsou všechny tuhé částice obsažené ve vzorku, které jsou nerozpustné ve směsi HEO (n hexan, etanol a kyselina olejová).

Zkouška je založena na principu ředění vzorku oleje směsí HEO a separaci NRL odstředěním až do vyčeření roztoku. Vyčeřený roztok se slije a nerozpustný zbytek se vysuší, zváží a výsledek se vyjádří v % hm. Z výsledku zkoušky lze usuzovat na stupeň degradace oleje a možnost jeho další exploatace.

2.3 Conradsonův karbonizační zbytek

Karbonizační zbytek charakterizuje zkoušený olej z hlediska jeho náchylnosti k tvorbě uhlíkatých zbytků při vysokých teplotách. Za limitní hodnotu se z pravidla považují hodnoty okolo 3,5 % hm. (Klapka, 2012).

U motorových olejů se vysoká hodnota karbonizačního zbytku projeví zvýšenou tvorbou uhlíkatých úsad; udává se u nich snížená o hmotnostní podíl popela (Machalíková a Sejkorová, 2013).

Je to množství zbytku v %hm., které vznikne termickým rozkladem oleje bez přístupu vzduchu za podmínek předepsaných metodikou normy. Zbytek vzniklý během spalovací doby krakovacími (štěpnými) a koksovacími reakcemi se vyžihá a zváží.

Hodnota karbonizačního zbytku základových mazacích olejů poskytuje údaj o sklonu oleje ukládat úsady ve spalovacích komorách nebo o relativním chemickém složení olejů s podobnou viskozitou.

U olejů vznětových motorů je nárůst množství karbonizačního zbytku způsoben především sazemi, příp. i jinými nečistotami. U olejů ze zážehových motorů způsobují nárůst karbonizačního zbytku hlavně produkty oxidační a termické degradace oleje.

2.4 Obsah popela

Ropné rafináty prakticky neobsahují popelné látky, jejich obsah bývá pod tisícinu procenta. Zdrojem popelovin v motorových olejích jsou organicko-kovová aditiva (hlavně detergenty). Dále existuje přímá souvislost obsahu popela a množství nečistot v oleji. U opotřebených olejů je vyšší následkem otěrů, znečištění a vzniku látek, které se vytvořily chemickými reakcemi oleje s kovy v průběhu provozu.

Postupem předepsaným normou se odvážený vzorek spálí (podle potřeby za spolupůsobení oxidačních činidel) a zjistí se hmotnost vyžíhaného zbytku. Výsledek se vyjadřuje v % hm.

2.5 Semikvantitativní metody

Pro stanovení obsahu nečistot v oleji bylo vyvinuto několik semikvantitativních metod. Např. denzimetr REO 31 umožňuje stanovení tzv. celkového znečištění oleje. Přístroj pracuje na principu měření intenzity světla odraženého od vzorku oleje naneseného na proužek chromatografické fólie. Shoda výsledků s výsledky stanovení Conradsonova karbonizačního zbytku je dle údajů výrobce min. 82 % (ověřeno v rozsahu do 4 %) (Machalíková a Sejkorová, 2013), (Stodola a Machalíková, 2006). Na stejném principu jako REO 31 pracuje přístroj TCM-U. Korelačního koeficient mezi stanovením celkového znečištění na přístroji REO 31 a TCM-U dosahuje hodnoty 0,9–1 (Hurtová, 2012).

Další možnost stanovení obsahu nečistot je přístrojem ÖGP (Ölgrobprüfgerät). Při měření se využívá skutečnosti, že znečištění, stárnutí a degradace oleje v provozu jsou spojeny s jeho tmavnutím – měří se úbytek intenzity světelného paprsku procházejícího vrstvou oleje definované tloušťky ve srovnání s intenzitou světla dopadajícího (Machalíková a Sejkorová, 2013), (Stodola a Machalíková, 2006).

2.6 Pokročilé instrumentální metody

Pro stanovení obsahu sazí v motorovém oleji se dnes hojně využívá FTIR spektrometrie. Vzhledem k tomu, že saze a další mechanické nečistoty jsou tmavé a nepropouštějí světlo, způsobují při měření infračerveného spektra v oblasti 2000 cm^{-1} posun tzv. základní linie. Toto zvýšení základní linie k vyšším hodnotám absorpance je tím větší, čím vyšší je obsah sazí a dalších nečistot.

Množství prachových nečistot z nasávaného vzduchu se běžně stanovuje analýzou množství křemíku v oleji. Křemík se stanovuje spektrometricky současně s otěrovými kovy, podle jejichž množství se hodnotí intenzita opotřebenosti motoru.

Znečištění oleje je také možné hodnotit ferrografickou analýzou. Tou se hodnotí především otěrové částice železa, metoda je však částečně citlivá i na další nečistoty.

Jedním z nedávno vyvinutých nástrojů pracujících na principu počítání částic v kombinaci s analyzátozem tvaru zachycených částic je LaserNet Fines (LNF). Laserový analyzátor částic je analytický přístroj, který při analýze opotřebených olejů využívá principů umělé inteligence. Umožňuje klasifikaci tvarů a stanovení počtu částic nacházejících se v mazacích olejích (Machalíková a Sejkorová, 2013), (Glos a Sejkorová, 2012).

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Na vzorcích motorových olejů požívaných v drážních vozech byla ověřována shodnost výsledků metodiky stanovení celkového množství nečistot na přístroji REO 31 (viz obr. 1) používané v laboratoři Depa

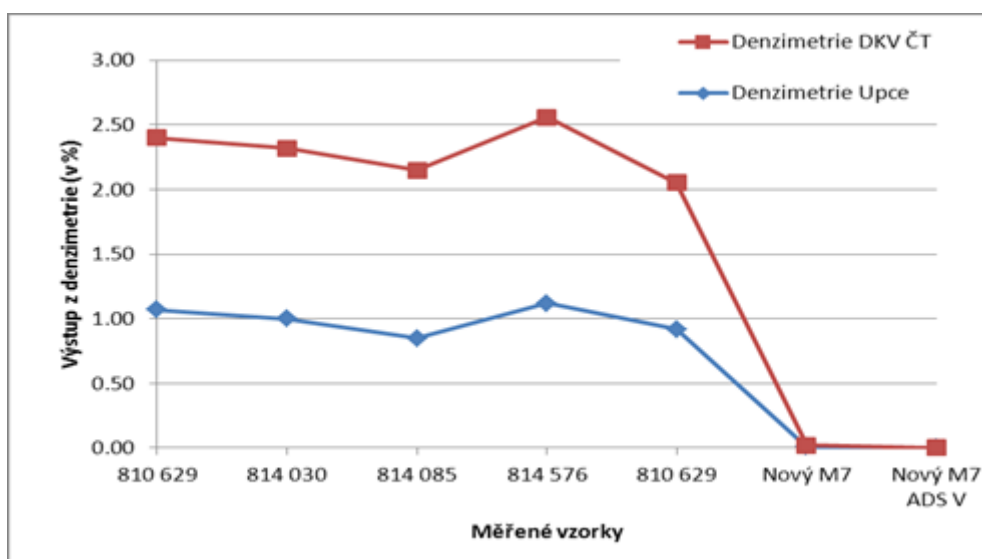
kolejových vozidel Česká Třebová (DKV ČT) a v laboratořích tribotechnické diagnostiky Dopravní fakulty Jana Pernera (DFJP), Univerzity Pardubice (Upce). Přístroj REO 31 pracuje na principu měření intenzity odraženého světla od vzorku oleje na chromatografické fólii.



Obr. 1 Denzimetr REO 31; vlastní zpracování

Obě zmíněná pracoviště pro měření používají proužek chromatografické fólie o rozměrech 9 x 100 mm. Proužek fólie se ponoříme na 3 minuty do zkumavky, kde je smíchán 1 ml zkoušeného oleje s 19 ml (DKV ČT) či 24 ml (UPce) technického benzínu. Po vytažení se proužek opláchneme krátkým ponořením do zkumavky s čistým technickým benzínem a následně ve svislé poloze usuší. Po uplynutí 20 min. od usušení je připravený proužek zasunut aktivní vrstvou nahoru do přístroje a vsunovací otvor je zvednut do horní krajní polohy. Elektronika přístroje vyhodnotí intenzitu světla, převede ji na napětí a na displeji se zobrazí hodnota znečištění v % (Hřivnáč, 2009).

Před vlastním stanovením je třeba denzimetr nastavit na hodnotu 0,00 % odpovídající čistému chromatografickému proužku. Jak je patrné z výsledků analýz (viz obr. 2 a tab. 1), stanovení znečištění na přístroji REO 31 poskytuje metodikou používanou v DKV ČT vyšší hodnoty oproti hodnotám získaným metodikou používanou na pracovišti Univerzity Pardubice. Tento rozdíl plyne z množství použitého technického benzínu při měření vzorku motorového oleje. Korelační koeficient (R) lineární regrese mezi hodnotami znečištění oleje, získanými výše uvedenými metodikami, dosáhl hodnoty 0,99. Lze tedy vyvodit závěr, že obě metody jsou stejně průkazné.



Obr. 2 Stanovení hodnot znečištění na přístroje REO 31 různými metodikami

Tab. 1 Výsledky porovnání metodiky DKV Česká Třebová a Univerzity Pardubice

Testované olejové vzorky	Denzimetrie UPce (%)	Denzimetrie DKV ČT (%)
810 629	1,07	1,33
814 030	1,00	1,32
814 085	0,85	1,30
814 576	1,12	1,44
810 629	0,92	1,13
Nový olej M7	0,00	0,00
Nový olej M7 ADS V	0,00	0,00
Korelační koeficient R	0,99	

Způsob hodnocení celkového znečištění na přístroji REO 31 je oproti jiným normovaným metodám velice jednoduchý a rychlý. Hodnocení motorových olejů pomocí densimetru je plně dostačující v provozních podmínkách.

4 ZÁVĚR

V malých provozních laboratořích tribotechnické diagnostiky se pro svou přijatelnou pořizovací cenu, jednoduchost a rychlost osvědčují denzimetry. Při mezilaboratorním porovnání výsledků analýz stanovení obsahu nečistot denzimetrickou metodou je třeba dbát na to, aby metodika stanovení byla na pracovištích provádějících analýzy identická, v opačném případě může dojít k chybné interpretaci výsledků.

Poděkování

Příspěvek je publikován v rámci řešení projektu Studentské grantové soutěže 09_2020 „Vybraná výzkumná témata z dopravních prostředků a infrastruktury“. Autorka děkuje Univerzitě Pardubice za finanční podporu.

Literatura

Černý, J. **2010**. Kompatibilita mazacích olejů a přísad. *Tribotechnika v provozu a údržbě*. Sborník přednášek 16. ročníku konference REOTRIB 2010 - Kvalita paliv a maziv. Sněžné – Milovy, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, s. 63–68.

Glos, J., Sejkorová, M., **2012**. Monitoring an Engine Condition based on Tribological Diagnostics in Military Vehicles. *Machines, Technologies, Materials*, 6, s. 19–22.

Hřivnáč, J. **2009**. Měření obsahu nečistot v použitých motorových olejích. *Tribotechnika*, 1/2009 [online]. Dostupné z: <http://www.reotrade.cz/data/reo31clanek2009.pdf> [cit. 11. 08. 2020].

Hurtová, I. **2012**. Optimalizace výměnných intervalů motorových olejů v autobusech DP Zlína. *Bakalářská práce*. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Pardubice, s. 101.

Jakóbiec, J., Budzik, G. **2007**. Czynniki mające wpływ na stopień degradacji oleju silnikowego w okresie eksploatacji. *Archiwum Motoryzacji*, 3, s. 209–216.

Klapka, J. **2012**. Mazání a tribotechnická diagnostika motorových olejů v plynových motorech. *Sborník přednášek 18. ročníku konference REOTRIB 2012 - Kvalita paliv a maziv*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, s. 96–101.

Machalíková, J., Sejkorová, M. **2013**. Diagnostika a kontrola jakosti provozních hmot. *Učební opora – část I*. Univerzita Pardubice, Dopavní fakulta Jana Pernera. Pardubice.

Stodola, J., Mahalíková, J. **2006**. Spolehlivost a diagnostika BSV. *Provozní hmoty a materiály pro MVT*. Skriptum. Brno. Vydavatelství skupina UO, Brno. Univerzita obrany.

Vyavhare, K., Bagi, S., Patel, M., Aswath, P. B. **2019**. Impact of Diesel Engine Oil Additives–Soot Interactions on Physiochemical, Oxidation, and Wear Characteristics of Soot. *Energy & Fuels*, 33(5), s. 4515–4530. <<http://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b03841>>