Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
TRIFOSERVIS s.r.o., Čelákovice
Asociace technických diagnostiků ČR, z.s., Ostrava

TRIBOTECHNIKA

V PROVOZU A ÚDRŽBĚ 2026

KOLEKTIV AUTORŮ

KNIHA PŘEDNÁŠEK
MEZINÁRODNÍ KONFERENCE 2026



OLOMOUC, 2026

Organizátoři :

- **Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava**
- **TRIFOSERVIS s.r.o.**, Čelákovice
- **Asociace technických diagnostiků ČR, z.s.**, Ostrava - Poruba

Hlavní partner :

- **CLASSIC OIL s.r.o.**, Buštěhrad

Partneři :

- **OMA CZ, a.s.**, Stráž pod Ralskem
- **TotalEnergies Marketing ČR s.r.o.**, Praha
- **ORLEN Oil**

Mediální partner :

- **Trade Media International s.r.o.**, Brno

Editor :

- **Ing. Ladislav HRABEC, Ph.D.**, VŠB - Technická univerzita Ostrava, FS

Nakladatel : **VŠB - Technická univerzita Ostrava, FS**
Počet výtisků : **on-line**
Vydáno : **listopad 2026**

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.
Za obsah jednotlivých článků plně zodpovídají uvedení autoři.

ISBN 978-80-248-4878-5 (on-line)

OBSAH

1. ÚVODNÍ SLOVO....4
2. SKOLIL Jan : LEDOBANKA A JINÉ NETRADIČNÍ APLIKACE HVAC KAPALIN....6
3. GAMBA Josef : OPOTŘEBENÍ MOTOROVÝCH OLEJŮ V OSOBNÍCH A LEHKÝCH UŽITKOVÝCH VOZECH....14
4. MUŽÍKOVÁ Zlata, MAXA Daniel : POLYETHERY JAKO SYNTETICKÉ KOMPONENTY MOTOROVÉ NAFTY....23
5. ŠVEC Ondřej : ALKYLÁTOVÁ PALIVA A JEJICH DIAGNOSTIKA....30
6. KROVAK Michal : TRIBODIAGNOSTIKA ROTAČNÍCH STROJŮ - ZPĚT K ZÁKLADŮM....36
7. RŮŽIČKA Pavel : PROVOZNÍ NÁPLNĚ VE STAVEBNÍCH STROJÍCH A VE STROJÍCH V TĚŽEBNÍM A DŮLNÍM PRŮMYSLU....40
8. GRUNT Jakub : PROČ ESTERY? VÍCE NEŽ JEN BIOLOGICKÁ ROZLOŽITELNOST....46
9. GRMELA Vladimír : DIGITÁLNÍ TRANSFORMACE V PRŮMYSLU - OD KONSTRUKCE PO VÝROBU....51
10. HROMKOVÁ Ivana, FROLICH Libor, ŠVEC Ondřej, GRUNT Jakub, KORČÁK Josef : SPOLUPRÁCE ŠKOL A PRŮMYSLU - INVESTICE DO BUDOUCNOSTI....52
11. UNIVERSAL Pavel : SPECIFIKA MAZÁNÍ LODNÍCH DVOUTAKTNÍCH MOTORŮ V PODMÍNKÁCH NÍZKÝCH PROVOZNÍCH TEPLOT....56
12. STRAKA Václav : „PROČ?“ - JAKOU POZICI MÁ DIAGNOSTIKA V ROZHODOVACÍCH PROCESECH A RŮZNÝCH INDEXECH....58
13. MAXA Daniel, ČERVENKOVÁ Lea, KESNER František : LZE NAHRADIT LABORATORNÍ ANALÝZU ROPNÝCH DESTILÁTŮ RAMANOVOU SPEKTROSKOPIÍ?....59
14. KLAPKA Jiří : BIOLOGICKY SNADNO ODBOURATELNÉ OLEJE....69
15. BALOGH Tomáš : ADBLUE - NÁROKY NA KVALITU....76
16. KLÍMA Tomáš : PRECIZNÍ MAZÁNÍ VALIVÝCH LOŽISEK JAKO SOUČÁST STRATEGIE ÚDRŽBY STROJNÍHO PARKU....77
17. ŠABACKÝ Ondřej : FT-IR A RAMANOVA SPEKTROSKOPIE V TRIBODIAGNOSTICE....83
18. POZNÁMKY :....87

ÚVODNÍ SLOVO

Vážení přátelé,

dovolte nám, abychom vás všechny přivítali na tradiční konferenci **Tribotechnika v provozu a údržbě 2026**.

Setkáváme se společně již po třiadvacáté a je skvělé, že zájem o problematiku tribotechniky je v odborné veřejnosti stále větší. Jsme rádi, že se setkáváme v takto velkém počtu, který umožňuje pestrou a fundovanou diskusi na odborná témata technické diagnostiky. Záměrně neříkáme pouze tribotechnické diagnostiky, protože se v rámci Asociace technických diagnostiků České republiky, z.s., snažíme zajistit průnik diagnostických oblastí.

Tribotechnická diagnostika má ale samozřejmě v rámci naší konference první a neochvějnou pozici. Snažili jsme se složit program konference s ohledem na moderní trendy a problematiku, která je aktuální. Konference není pouze místem příjmu informací ze zajímavých přednášek, ale zejména také prostorem pro výměnu zkušeností a diskusím k problematice tribodiagnostiky, a současně pak přátelským setkáním pracovníků podniků a firem stejného zaměření.

Letos se scházíme v novém prostředí hotelu Flora v Olomouci. Věříme, že se Vám zde bude líbit a na konferenci prožijete příjemné chvíle. Doufáme, že zde nasbíráte řadu nových a užitečných informací a konference bude pro všechny přínosem.

TRIFOSERVIS s.r.o.

Výtěžek tomboly bude opět věnován na konto organizace **Bolíto**.

Bolíto je nezisková organizace, ve formě Spolku, založená v roce 2003. Smyslem práce mnoha dobrovolníků je pomoci dětem s popáleninami překonávat jejich těžký životní úděl.

Popáleniny patří k nejtragičtějším a nejtěžším úrazům v každém věku, u dětí ale téměř vždy znamenají bezprostřední ohrožení života. Nezměrné duševní i tělesné utrpení, kterým je tento úraz provázen, je často nad dětské síly.

Každý takový úraz je spojen s dlouhodobým pobytem dítěte v nemocnici a mnoha náročnými a bolestivými operacemi. Ani následná, zdlouhavá rehabilitační péče není snadná.

Péče o pacienta s následky popáleninového úrazu prakticky nikdy nekončí. Po návratu do kolektivů dítě znovu navazuje kontakty s vrstevníky a všechny čeká každodenní, tvrdý boj s následky úrazu. Ten bohužel trvá dlouho, v podstatě celý život. Pomoci dětem v návratu do společnosti a usnadnit jim náročnou poúrazovou rehabilitaci není vůbec lehký úkol. My ale umíme ukázat dětem a rodičům, že péče neskončila propuštěním z nemocnice, že nejsou osamoceni ve svých starostech, a že společnými silami je možné všechno zvládnout.

K naší práci patří také prevence popáleninových úrazů. V přednáškách, brožurách nebo v komiksu se snažíme předejít tomu, aby se úraz stal. Cílovou skupinou preventivních programů jsou děti, adolescenti, ale i rodiče nebo pedagogové.

Třetím závazkem pro **Bolíto** je zpříjemnění pobytu pacientů i jejich doprovodu v nemocnici. Snažíme se pomocí získaných prostředků rekonstruovat a vybavovat jednotlivá oddělení popáleninové kliniky.

Zdroj: webové stránky bolito.cz

LEDOBANKA A JINÉ NETRADIČNÍ APLIKACE HVAC KAPALIN

Jan SKOLIL, CLASSIC OIL s.r.o., Buštěhrad [1]

Anotace

Teplosměnné tekutiny používané pro přenos tepla nebo chladu, ať už na bázi vody nebo s nemrznoucími vlastnostmi v kombinaci s alkoholem, podléhají výrazným změnám. Jedná se zejména o interakci s konstrukčním materiálem, ve kterém kolují, případně jde o vnitřní změny vlivem zátěže - degradace nebo mikrobiální kontaminace. Jak se tyto proměny dají na těchto tekutinách provozně sledovat, jak se jim dá předejít a zejména jak pomocí vhodné diagnostiky prodloužit životnost těchto médií, napoví tento příspěvek.

1 Úvod

Obor HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), v češtině se používá spíše označení TZB (technická zařízení budov), se vzrůstajícím civilizačním rozmachem stoupá na důležitosti. Jsou jimi také nároky na chlazení a topení, nejen kvůli pohodlí obyvatelů či pracovníků v příslušném objektu, ale také pro zlepšení kvality a produkce některých výrobních procesů. Ještě na počátku tohoto století se například pivo chladilo pomocí ledu, který bylo nutné v zimě nalámat v rybnících a uchovávat do horkého léta před použitím v ledárně. Dnes k mnohem efektivnějšímu chlazení stačí primární agregát, na který poté navazuje konstrukčně podstatně jednoduší sekundární okruh. Tím pak cirkuluje pomocí čerpadel potřebný chlad k požadovaným strojům, objektům nebo jednotkám. To se děje prostřednictvím tekutiny - buď kapaliny, nebo méně častěji - plynu.

V případě topení je celý proces ještě výrazně jednodušší. Zahřívaným médiem může být již příslušná tekutina, která je dále rozváděna do konečných aplikací (strojů, radiátorů a podobně). Systém si tedy může vystačit s jediným okruhem, který bude dle potřeby naplněn vodou, nemrznoucí směsí nebo teplonosným olejem.

Všechny tyto tekutiny však kromě svých fyzikálních omezení (teplota tuhnutí a bod varu) podléhají časem i změnám kvůli interakcím s konstrukčními materiály okruhu a je nutné jejich kvalitu pravidelně sledovat. V opačném případě může během několika let naší nečinnosti nastat fatální porucha chladicího nebo topného systému, na jejíž řešení nemusí stačit již i tak nákladná výměna celé (několika kubíkové) teplonosné náplně, ale rovnou náhrada zkorodovaných potrubí, čerpadel nebo zanesených výměníků.

2 Vzduch

Chlazení plynem, nebo v našich podmínkách spíše vzduchem, je také častým a na některé aspekty nenáročným způsobem, jak dosáhnout bezpečně nižší teploty. Jedním z takových příkladů je například adiabatické ochlazování přívodního vzduchu na datový sál jako jediný zdroj chladu. Ochlazování bylo pro dvě datová centra ve

[1] Ing. Jan Skolil, Ph.D., CTD
CLASSIC OIL s.r.o.
Třinecká 1124, 273 43 Buštěhrad
mobil: +420 602 624 928, e-mail: jskolil@classic-oil.cz, https://www.classic-oil.cz/

středních Čechách vymyšleno velmi progresivně a ekologicky pomocí vody získávané z obrovské retenční nádrže. Zmíněná akumulační nádrž se totiž pravidelně doplňuje pomocí dešťových srážek.

Bohužel již od počátku svého uvedení do provozu dochází k usazování bílé, tenké, křehké úsady na lamelách vzduchotechnické jednotky, která vodu využívá pro adiabatické ochlazování přívodního vzduchu. V podstatě je voda pod poměrně vysokým tlakem „rozprášena“ na lamely uvnitř jednotky a dochází k jejímu vypařování v proudu vzduchu. Na těchto lamelách právě dochází k úsadě a následnému uvolnění úsad do proudu vzduchu. Dochází k tomu na dvou na sobě nezávislých lokalitách vybavených stejnou technologií. Obě jsou relativně nové stavby, v provozu 1 ÷ 2 roky. Vymývání Ca a dalších látek z betonu retenčních nádrží se nepotvrdilo, protože nyní byl několik měsíců systém provozován pouze na vodu z vodovodního řadu.

Před samotným vstřikováním je instalována úpravna vody. Výňatek z TZ projektu: „Z nádrže bude voda čerpána pomocí automatické tlakové stanice (jedna pro každou úpravnu vody) na střechu ke chladícím jednotkám. Na rozvodu mezi ATS a jednotkami budou umístěny UV lampy pro dezinfekci vody a dávkování aditiv - zředěný alkalický roztok pro odstranění kyseliny uhličité a zvýšení hodnoty pH dešťové vody. Tlak vody pro adiabatické chlazení by měl být 2 až 3 bar. ATS stanice bude nastavena na výstupní tlak min 3 bar (požadavek na proplach filtru).“



Obr.1 Lamely a přívodní potrubí zanesené neznámou bílou úsadou

3 Voda

Voda jako teplonosné médium je relativně nenáročná tekutina. Pro její dlouhodobou životnost je nutné zajistit několik kvalitativních parametrů, z nichž stěžejní bývají obvykle tři: Tím prvním je měrná elektrická vodivost a s ní související tvrdost vody. Pro většinu teplosměnných aplikací je nutné použít vodou měkkou, avšak ne destilovanou. Ta je nutná naopak v procesech, kde dochází k ohřevu vody na úroveň jejího bodu varu, případně i přímo k její kondenzaci. Druhým zásadním požadavkem je minimální obsah chloridů a síranů, které výrazně přispívají ke korozní agresivitě

vody. To obvykle vyřeší použití pitné vody z řadu, která tyto složky na rozdíl od vody studniční nebo průmyslové významně neobsahuje. Třetím základním požadavkem je pak množství rozpuštěného kyslíku a dokonalé odvzdušnění systému, které je dobře řešitelné pomocí několika známých technik.

Voda vyhovující těmto parametrům dokáže po stabilizaci do rovnovážného stavu v nenáročné teplosměnné aplikaci vydržet i deset let. Nutné je pouze pravidelné doplňování jejího množství a udržování předepsaného tlaku v systému. U vybraných aplikací pak voda potřebuje navíc ošetřit inhibitory koroze, případně je nutné ji změkčit nebo aditivovat biocidním přípravkem.

Problematiku spojenou s vodou a její chemickou a mikrobiální kontaminací lze dobře popsat na výše zmíněném příkladu chlazení datového centra. V tab.1 níže jsou uvedeny stanovené parametry dešťové vody používané pro ochlazování vzduchu „foukaného“ na datový sál.

Tab.1 Příklad analýzy vody používané pro chlazení datového centra

Parametr	VODA PO FILTRACI, PÍSEK PO UV LAMPĚ	NÁDRŽ, FINÁLNÍ ROZSTŘIK	PO CHEMII PŘED VSTUPEM DO SKRÁPĚNÍ	VENKOVNÍ PODZEMNÍ NÁDRŽ	Požadovaný limit	Jednotka	Stanoveno dle PP
Vzhled	bezbarvá kapalina	bezbarvá, čirá kapalina	bezbarvá, čirá kapalina	bezbarvá, čirá kapalina	-	vizuálně	-
Nečistoty	ano	ne	ne	ne	ne	vizuálně	-
pH konc.	8,3	7,7	8,3	7,3	> 6,5	-	PP 45/006
Hustota	999	999	999	999	-	kg/m³	PP 45/001
Volná alkalita	0,1	0,1	0,1	0,1	**> 2**	ml	PP 45/007
Elektrická vodivost	89	97	89	61	100-400	µS/cm	PP 45/038
Stanovení kontaminace pomocí ISP Dip Snímků Combi Bakterie, kvasinky, houby	10^3/0/-	0/0/-	0/0/-	10^2/0/-	0/0/-	CFU/ml, CFU/ml, +	PP 45/036
Obsah prvků/Celkové kovy							
Al	0,639	0,102	0,109	< 0,100	< 1	mg/l	W-METAXDG1
B	0,149	0,462	0,309	0,326	-	mg/l	W-METAXDG1
Ca	10,1	11,2	11,1	6,70	< 50	mg/l	W-METAXDG1
Cr	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 0,1	mg/l	W-METAXDG1
Cu	0,199	< 0,0200	< 0,0200	< 0,0200	< 1	mg/l	W-METAXDG1
Fe	0,462	< 0,500	0,321	< 0,0500	< 4	mg/l	W-METAXDG1
K	9,97	9,58	9,55	4,77	-	mg/l	W-METAXDG1
Mg	0,370	0,375	0,397	0,241	< 30	mg/l	W-METAXDG1
Mo	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300	< 0,0300	-	mg/l	W-METAXDG1
Na	3,77	4,20	4,77	2,01	-	mg/l	W-METAXDG1
Ni	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 0,0500	< 1	mg/l	W-METAXDG1
P	< 0,500	< 0,500	< 0,500	< 0,500	-	mg/l	W-METAXDG1
Pb	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,1	mg/l	W-METAXDG1
Si	< 6,00	< 6,00	< 6,00	< 6,00	-	mg/l	W-METAXDG2
Sn	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 1	mg/l	W-METAXDG2
Zn	1,36	< 0,0300	0,0671	0,140	< 1	mg/l	W-METAXDG1
Anorganické parametry							
Celkový fosfor	< 1,53	< 1,53	< 1,53	< 1,53	-	mg/l	W-PO4-DG-CC
Chloridy	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 40	mg/l	W-CL-IC
Dusičnany	< 10,0	< 10,0	< 10,0	< 10,0	-	mg/l	W-NO3-IC
Dusitany	< 7,50	< 7,50	< 7,50	< 7,50	-	mg/l	W-NO2-IC
Rozpustné křemičitany jako SiO2	12,7	13,5	12,6	5,32	-	mg/l	W-SIO3-SPC
Sírany jako SO4 (2-)	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 15,0	< 40	mg/l	W-SIO4-IC
Dusičnanový dusík jako N-NO3	< 2,00	< 2,00	< 2,00	< 2,00	-	mg/l	W-NO3-IC
Dusitanový dusík	< 1,88	< 1,88	< 1,88	< 1,88	-	mg/l	W-NO2-IC
Rozpustné křemičitany jako SiO3	16,1	17,0	16,0	6,73	-	mg/l	W-SIO3-SPC
Rozpustné křemičitany jako H2SiO3	16,6	17,5	16,4	6,91	-	mg/l	W-SIO3-SPC

Na základě těchto parametrů bylo zákazníkovi navrženo řešení, které bude stručně popsáno při prezentaci tohoto příspěvku na konferenci *Tribotechnika v provozu a údržbě 2026*.

4 Nemrznoucí teplonosné kapaliny

V případě přenosu chladu pod bodem tuhnutí vody nebo při umístění části teplosměnného systému mimo objekt se používají teplonosné kapaliny obsahující nemrznoucí složku spolu s inhibitory koroze. Nejběžnější nemrznoucí složkou je zde alkohol, nejčastěji vícesytný na bázi glykolu. Ty jednoduší, jako je etanol, vylučuje z použití jejich vysoká těkavost a hořlavost. Ani jeden z těchto parametrů glykoly nemají, navíc nepatrně zvyšují bod varu směsi. Všechny nemrznoucí složky se totiž používají ředěné vodou, která má nejlepší teplosměnné a užitné vlastnosti jako viskozitu, tepelnou vodivost a tepelnou kapacitu. Možné je také použití nemrznoucích tekutin na bázi anorganických a organických solí, obvykle označovaných jako solanky. Ty první se možná ještě raritně mohou vyskytnout v nějakém potravinářském provozu, ty druhé se v průmyslu aplikují spíše výjimečně a nalezneme je obvykle na novějších zimních stadionech, kde již není chlazení čpavkem.

Velkou nevýhodou těchto nemrznoucích tekutin je jejich korozní agresivita, obvykle mírně akcelerovaná právě přítomností vody. Tento problém neřeší ani použití měkké vody s ideálními parametry popsanými výše. Nemrznoucí teplonosnou kapalinu je nutné vždy obohatit o inhibitory koroze pro použité konstrukční kovy. V opačném případě je možné očekávat rychlost koroze, která je uvedena v tab.2.

Tab.2 Porovnání rychlosti koroze vody a glykolů s i bez inhibitorů [1, 2]

Materiál	**Rychlost koroze v cm za rok***				
	Voda	Ethylenglykol	Propylenglykol	Ethylenglykol s inhibitory koroze	Propylenglykol s inhibitory koroze
Měď	0,02	0,04	0,04	0,03	0,05
Pájka	0,80	14,4	8,81	0,04	0,01
Mosaz	0,06	0,12	0,05	0,03	0,04
Ocel	2,46	11,3	2,49	0,01	0,01
Litina	5,38	14,1	4,11	0,03	0,04
Silumin	3,35	5,03	0,46	0,11	0,07

* Založeno na korozním testu dle normy ASTM D1384 při 88 ºC, během 336 hodin s probublávání. Všechny glykoly byly testovány jako 33 obj.% roztok demineralizované vody.

5 Analýza teplonosné kapaliny

Základní otázkou při posuzování kvality a životnosti teplonosné kapaliny je míra jejího vystavení nadměrné tepelné zátěži, která způsobuje termickou degradaci glykolové složky a zároveň postupné zvyšování její koncentrace odparem vody. Další zásadní hledisko je korozní stav náplně. Ten lze zjednodušeně poznat pomocí hodnot pH a volné alkality, případně podle obsahu sušiny nebo přítomnosti železa.

Příklad analýzy nemrznoucí náplně z potravinářského provozu je uveden v tab.3, kde nalezneme hodnoty laboratorní analýzy glykolu odebraného u výrobce tyčinek nedaleko Olomouce. Tekutina vykazovala nevyhovující hodnotu pH, volné alkality, ale také vysokou míru kontaminace konstrukčními kovy. V tomto případě pak

musela, bohužel, následovat výměna celé nemrznoucí náplně, ačkoliv stav kapaliny na kvalitu tyčinek neměl doposud žádný přímý vliv, jak je zřejmé také z obr.2.



Obr.2 Chladící agregát na výrobu energetických tyčinek

Tab.3 Příklad analýzy nemrznoucí teplonosné kapaliny s chlazení výrobce tyčinek

Parametr	Jednotka	10/2024	05/2025	Změna
Železo	mg/l	246	**1630**	6,6 x
Nikl	mg/l	0,34	**1,06**	3,1 x
Olovo	mg/l	0,12	**1,51**	13,1 x
Zinek	mg/l	0,75	**7,77**	10,3 x
Hodnota pH	-	6,6	**6,1**	pokles
Volná alkalita (1:9)	ml	0,2	**0,1**	pokles

6 Likvidace nemrznoucí kapaliny

V některých případech nemusí odborná firma stát na straně toho, kdo teplosměnný okruh doplňuje nebo ošetřuje (po předchozí analýze) [3], ale může být zákazníkem vyzvána naopak k likvidaci předchozí náplně spojené s odstavením příslušného systému chlazení nebo topení.

Jedním z nejzvláštnějších případů se pro autora tohoto článku dosud staly tzv. ledobanky. Jedná se o starší, až 20 let staré systémy, využívající v té době levného

nočního proudu ke genezi chladu akumulovaného v kuličkách. Tento naakumulovaný chlad byl potom prostřednictvím nemrznoucí směsi za dne distribuován k potřebným místům chlazení. Zjednodušeně by se to asi dalo přirovnat k přečerpávací vodní elektrárně, např. Dlouhé Stráně v Jeseníkách. Tam ovšem toto zařízení slouží ke kumulaci energie, která je spotřebovávána mimo lokalitu. Ledobanka akumuluje chlad, který je spotřebováván ve stejném objektu, jako se chlad generuje a uchovává. Autorovi tohoto článku jsou známy pouze tři místa s tímto zařízením v Čechách.

V tomto konkrétním případě jde o objekt Tokovo v Praze Holešovicích, vlastněný společností CPI. Jedná se o kancelářskou budovu ze 70. let 20. století, která prošla v roce 2004 rekonstrukcí a pravděpodobně v té době také aplikací ledobanky. Ta byla zrušena v zimě letošního roku, kdy byl objekt za vyšší stovky miliónů rekonstruován a pronajat MO za mediálně propíraný nájem 103 mil. Kč ročně na dobu minimálně 7 let. [4]

Ledobanka se skládala z velké akumulační nádrže, kde se nacházelo 65 m^3 nemrznoucí kapaliny na bázi solanky a 105 m^3 kuliček, které sloužily k samotné akumulaci chladu. Ve své podstatě šlo o plastové, asi 0,5 kg míčky, naplněné vodou a krystalizačním médiem, jodidem stříbra. Získání těchto informací ovšem předcházelo velmi nákladné a obtížné získání vzorků jak tekutiny, tak samotné kuličky z příslušné obrovské akumulační nádrže. A následné pitvání a analýza obsahu kuličky. Je totiž řádový ekonomický rozdíl, zda likvidujete vodný roztok anorganické nebo organické soli, glykol, nebo neznámou tekutinu.



Obr.3 Akumulační nádrž druhé známé ledobanky, nacházející se v Praze Břevnově o objemu 25 m^3, naplněná ze 2/3 kuličkami

Zatímco v jiných aplikacích vyjde plnění okruhu nemrznoucí směsí o standardním objemu několik desítek m^3 na několik stovek tisíc korun, zde vyšla na částku přesahující milion korun pouhá likvidace této staré unikátní solankové náplně s kuličkami.

7 Diskuze a závěr

Moderní laboratorní analytické prostředky poskytují velkou škálu informací, které mohou u používaných náplní teplosměnných okruhů ušetřit významné výdaje na případný servis chlazení nebo topení. Týká se to jak obyčejných náplní ústředního topení, tak složitějších průmyslových a HVAC aplikací obsahujících glykol. V kombinaci se znalostmi chemického inženýra pak lze velmi dobře predikovat, kdy je používaná kapalina v dobré kondici, kdy je nutná aplikace konzervantu, inhibitorů, odpěňovadla a jiných aditiv, nebo kdy již nezbývá jiný zásah než nákladné čištění okruhu od korozních úsad, ekologická likvidace staré náplně a časově náročné plnění nové tekutiny. Jak ukazuje případ ledobanky, analytický přístup k okruhu není nutný pouze pro případ vzniku nebo prodloužení provozu něčeho nového, ale velmi často také v případě jeho zániku, protože uživatel systému po uběhlých desítkách let často neví, co má v okruhu za tekutinu. V případě ledobanky pak ani to, co se nachází v jejích unikátních kuličkách.

Literatura

[1] *Dowtherm vs. Dowfrost - A comparison Ethylene glycol and Propylene glycol*. Firemní materiál The Dow Chemical Company, USA, 1999. 8 s.

[2] *ASTM D1384 - 05 - Standard Test Method for Corrosion Test for Engine Coolants in Glassware*. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2005. 8 s.

[3] *ASTM E745-80 (2009) Standard service testing for corrosion of metallic containment materials for use with heat-transfer fluids in solar heating and cooling systems*. West Conshohocken, Pennsylvania: ASTM International, 2009. 8 s.

[4] Břešťan R. *Mrakodrap pro ministerstvo obrany za 103 milionů ročně. NKÚ se diví, zváží kontrolu*. 11.3.2026, In Hlídací Pes (Mrakodrap pro ministerstvo obrany za 103 milionů ročně. NKÚ se diví, zváží kontrolu - HlídacíPes.org) [21-10-2026]


CLASSIC
OIL
ČESKÝ VÝROBCE CHLADICÍCH
A TEPLONOSNÝCH KAPALIN
Vlastní výroba • Laboratoř • Recyklace

OPOTŘEBENÍ MOTOROVÝCH OLEJŮ V OSOBNÍCH A LEHKÝCH UŽITKOVÝCH VOZECH

Josef GAMBA, P Automobil Import s.r.o., Emil Frey Group CZ, Praha [2]

Anotace

Moderní motorový olej je vystaven vysokému tepelnému, mechanickému a chemickému zatížení. Příspěvek sleduje souvislosti mezi konstrukcí motoru, provozním režimem, emisními systémy, degradací oleje a tvorbou úsad. Zaměřuje se na diagnostiku podle stavu oleje, praktická doporučení pro údržbu a otázku, zda současné servisní přístupy dostatečně zohledňují skutečné podmínky provozu.

Klíčová slova: motorový olej, provozní praxe, emisní systémy, úsady, degradace oleje, diagnostika, údržba, servisní interval

1 Moderní motor a nároky na olej

Moderní spalovací motor dosahuje vyššího měrného výkonu a často pracuje s menší relativní olejovou náplní než starší konstrukce. Vyšší tepelné a mechanické zatížení kompenzují nové materiály, povrchové úpravy a přesně formulovaná maziva. Třecí dvojice musí krátkodobě odolávat vysokým teplotám, smykovým rychlostem a kontaktním tlakům, včetně přechodu z hydrodynamického nebo elastohydrodynamického mazání do režimu smíšeného až mezního mazání, zejména při studeném startu a vysokém zatížení.

Nižší viskozity a vyšší provozní teploty pomáhají omezovat mechanické ztráty, spotřebu paliva a emise CO_2. Stav oleje však zásadně ovlivňují studené starty, krátké jízdy, městský provoz, zatížení, teplotní režim, emisní systémy a průnik paliva, vody či nečistot. Pevný interval výměny proto nemusí u každého vozidla přesně vystihnout skutečnou zbytkovou životnost náplně.

Systémy odhadu životnosti oleje pracují zpravidla s modelovým výpočtem z provozních dat, nikoli s přímým měřením jeho složení. U vznětových motorů mohou zohlednit regenerace DPF, odhad ředění palivem a teplotní zatížení; u zážehových motorů zejména dobu provozu, počty startů, teploty a zatížení. Podle výrobce se používá flexibilní ukazatel nebo pevný interval pro normální a ztížené podmínky, elektronický odhad však nenahrazuje analýzu skutečného stavu oleje.

Řada dnešních uživatelů spoléhá především na elektronická upozornění, která však sledují jen vybrané měřené nebo vypočtené stavy. Moderní motory ani kapaliny nejsou obecně horší než dříve, změnily se však technické nároky, provozní podmínky a vztah uživatele k automobilu. Pravidelnou kontrolu a odborné posouzení proto nelze elektronikou plně nahradit.

[2] Josef Gamba, CTD
technický poradce DTR, Environmentální řízení
P Automobil Import s.r.o., Emil Frey Group CZ
Kolbenova 3, 190 00 Praha 9
mobil: +420 724 009 707, e-mail: josef.gamba@p-automobil-import.cz, https://www.emilfrey.cz/

2 Olej v reálném provozu

Životnost oleje hodnotí uživatel, servis, výrobce i laboratoř odlišně. Uživatel sleduje kilometry a upozornění vozidla, servis předpis a technický stav, výrobce stanovuje univerzální rámec pro široké spektrum podmínek a laboratoř posuzuje konkrétní fyzikálně-chemické vlastnosti, kontaminaci a otěrové prvky. Spolehlivé rozhodnutí proto vyžaduje kombinaci těchto pohledů.

Samotný kilometrový proběh nevystihuje zatížení náplně. Krátké trasy, studené starty, volnoběh a časté změny zatížení brání prohřátí oleje a podporují hromadění paliva, vody a produktů spalování. Naopak delší ustálené jízdy mohou být pro olej příznivější, třebaže vozidlo ujede více kilometrů.

Další zatížení přináší jízda s přívěsem, vysoký výkon, prašné prostředí a dlouhý volnoběh. U lehkých užitkových vozů jsou významné vysoké zatížení, časté rozjezdy, rozvážkový režim a počet motohodin, který nemusí odpovídat kilometrickému proběhu. Tyto podmínky urychlují oxidaci, vyčerpání aditiv, změny viskozity a tvorbu úsad.

Významnou roli hraje rovněž kvalita předchozí údržby. Použití oleje nesprávné specifikace, překročení intervalu, nedostatečná kontrola hladiny, nevhodný olejový filtr nebo neodstraněná technická závada mohou ovlivnit nejen právě používanou náplň, ale také stav motoru v dalších servisních cyklech. Nový olej totiž nepůsobí v čistém laboratorním systému; po výměně přichází do kontaktu se zbytkovým starým olejem, úsadami, produkty spalování a povrchy, jejichž stav je výsledkem celé předchozí provozní historie.

Laboratorní kontrola použitého oleje není v běžném servisu osobních vozidel standardem. Přitom kombinace viskozity, kontaminace, úsad, otěrových kovů a stavu aditiv může při trendovém sledování upozornit na opotřebení kluzných uložení, pístní skupiny, rozvodů, turbodmychadla a dalších mazaných částí dříve, než se projeví běžnou závadou.

Největší potenciál má tento přístup ve flotilách, kde lze porovnávat obdobná vozidla a sledovat vztah mezi mazivem, servisem, provozem a poruchovostí. Úspora založená pouze na levnějším oleji, filtru nebo službě může při nesprávné specifikaci či kvalitě vést k násobně vyšším nákladům na opravy, odstávkám a omezení provozu. Analýza oleje tak může kontrolovat kvalitu dodávek i podpořit ekonomicky odpovědné řízení údržby.

3 Emisní systémy a jejich vliv na olej

Recirkulace výfukových plynů EGR omezuje tvorbu oxidů dusíku, ale u vznětových motorů může zvyšovat množství sazí a produktů spalování pronikajících kolem pístních kroužků do oleje. Rostoucí koncentrace sazí může zvyšovat viskozitu, zhoršovat čerpatelnost a podporovat opotřebení; společně s olejovou mlhou rovněž vytváří úsady v sacím traktu.

Při aktivní regeneraci DPF se u řady motorů používá dodatečné nebo opožděné vstřikování. Nespálené palivo může pronikat do klikové skříně, ředit olej a snižovat tloušťku mazacího filmu [8]. Riziko roste při krátkých jízdách a přerušovaných regeneracích. Zanesený filtr navíc zvyšuje protitlak a může podle konstrukce EGR a řídicí strategie zhoršit spalování i průnik sazí do oleje. Nejde o automatický důsledek každého zaneseného DPF, ale o možný výsledek souběhu vysokého protitlaku, poruchy EGR a nevhodného provozu.

Ředění palivem nemusí být zřejmé pouze z hladiny oleje. Současně může probíhat spotřeba oleje, takže se oba děje částečně kompenzují a hladina zůstává zdánlivě normální. Zvýšení hladiny nad dovolenou mez je již varovným signálem, ale jeho nepřítomnost nevylučuje zhoršení vlastností náplně. Pro posouzení je proto nutné spojovat kontrolu hladiny s diagnostickými údaji o regeneracích, provozním režimem a v odůvodněných případech s laboratorním stanovením obsahu paliva a viskozity.

Na stárnutí oleje působí také oxidační a nitrační procesy. Vyšší teploty urychlují oxidaci základového oleje, růst kyselosti a tvorbu laků a úsad. Produkty oxidů dusíku mohou podporovat nitraci, zejména při vysokém zatížení, zvýšeném průniku spalin do klikové skříně a nevhodném teplotním režimu. Účinnost detergentních, dispergačních, antioxidačních a neutralizačních přísad se v průběhu provozu postupně snižuje. Olej tak může ještě splňovat kilometrový nebo časový limit, ale jeho rezerva pro další zachycování nečistot a neutralizaci kyselých produktů již může být omezená.

Systém selektivní katalytické redukce SCR obvykle neovlivňuje olej přímo, protože dávkování roztoku močoviny probíhá ve výfukové soustavě. Je však součástí celkové emisní strategie motoru. Porucha SCR, snímačů oxidů dusíku, EGR, filtru pevných částic nebo souvisejících teplotních a tlakových snímačů může změnit řízení spalování, četnost regenerací, teplotní zatížení a nouzové provozní režimy. Nepřímý dopad na olej proto může vzniknout právě změnou provozních podmínek motoru. U zážehových motorů se obdobné souvislosti týkají filtru pevných částic GPF, práce s bohatostí směsi, studených startů a strategií ohřevu katalyzátoru.

U zážehových motorů s přímým vstřikováním zachycuje GPF částice vznikající zejména při studeném startu a obohacené směsi. Jeho regenerace bývá převážně průběžná, avšak krátké jízdy a nedostatečné prohřátí mohou podporovat ředění oleje benzínem, nízkoteplotní úsady a vyčerpání aditiv. Nehořlavý popel z oleje se současně ve filtru dlouhodobě hromadí a zvyšuje jeho protitlak.

V mild-hybridních a dalších hybridních pohonech motor často střídá provozní stavy. Proměnným časováním ventilů může přecházet mezi režimem blízkým Ottovu a Millerovu či Atkinsonovu cyklu. Tato strategie zvyšuje účinnost, ale spolu s častým vypínáním a spouštěním přidává přechodové režimy. Při krátkých jízdách se olej nemusí dostatečně prohřát, hromadí se v něm palivo a voda a roste podíl smíšeného až mezního mazání. Zatížení oleje je proto vhodné hodnotit také podle počtu startů, doby chodu motoru a dosažených teplot.

Správná specifikace oleje je důležitá nejen pro ochranu mechanických částí motoru, ale také pro životnost zařízení následného zpracování výfukových plynů. Oleje určené pro motory s filtry pevných částic mají řízený obsah sulfátového popela, fosforu a síry. Nevhodný olej může zvyšovat množství nehořlavého popela zachycovaného ve filtru, zkracovat jeho využitelnou životnost a nepříznivě působit na katalytické vrstvy. Nízký obsah popelotvorných složek však sám o sobě nezaručuje vhodnost oleje; rozhodující je úplná shoda s viskozitní třídou, výkonovou specifikací a konkrétním schválením výrobce vozidla.

4 Vznik úsad a jejich důsledky

Úsady se liší složením i mechanismem vzniku. Nízkoteplotní kal tvoří oxidovaný olej, voda, palivo, saze a další nerozpustné produkty; na tepelně zatížených povr-

ších vznikají laky, pryskyřičné vrstvy a tvrdý karbon. Anorganický popel pochází z nehořlavých zbytků některých aditiv a nečistot. Tvorbu úsad urychlují vysoké teploty, krátké jízdy, dlouhé intervaly, ředění palivem, průnik vody a spalin, saze a nevhodná specifikace oleje. Po vyčerpání detergentní, dispergační a antioxidační rezervy se částice shlukují a ulpívají na površích.

Kritickými místy jsou sací koš a mazací kanály, regulační ventily, hydraulické napínáky, pístní kroužky a ložiskové těleso turbodmychadla. Kal omezuje průtok, lakové vrstvy pohyb přesných prvků a karbon odtok oleje či pohyblivost kroužků. Opožděné vytvoření tlaku pak může zasáhnout více částí motoru a zakrýt prvotní příčinu poruchy.

Zvláštní pozornost vyžaduje pístní skupina. Úsady v drážkách pístních kroužků mohou omezit jejich pohyblivost a těsnicí schopnost. Tím se zvyšuje průnik spalin do klikové skříně, spotřeba oleje a množství oleje vstupujícího do spalovacího prostoru. Vzniká tak zpětná vazba: větší průnik spalin urychluje oxidaci a kontaminaci oleje, zatímco zvýšené spalování oleje podporuje tvorbu dalších úsad na pístech, ventilech, ve spalovacím prostoru a v systému následného zpracování výfukových plynů. Úsady proto nejsou pouze pasivním důsledkem stárnutí oleje, ale mohou se stát aktivním činitelem dalšího zhoršování technického stavu motoru.

U přeplňovaných zážehových motorů s přímým vstřikováním se nověji sleduje také souvislost mezi olejem, úsadami a předčasným zapálením směsi při nízkých otáčkách a vysokém zatížení, označovaným LSPI. Za možný iniciátor jsou považovány kapky směsi oleje a paliva nebo částice a horké úsady uvolněné ze spalovacího prostoru. Sklon k LSPI ovlivňuje konstrukce motoru, provozní podmínky, palivo i formulace oleje; některé detergentní složky mohou četnost tohoto jevu zvyšovat, jiné složky ji naopak potlačují [13]. LSPI může vyvolat mimořádně vysoký tlak ve válci a v krajním případě poškodit píst, ojnici nebo ložiska; tento jev bývá označován také jako superklepání. Současné výkonové specifikace olejů pro vybrané moderní zážehové motory proto zahrnují zkoušky ochrany proti LSPI [2].

Další významnou vazbou je opotřebení rozvodových řetězů u motorů s přímým vstřikováním. Jemné částice sazí a dalších produktů spalování mohou společně se změnami viskozity a vyčerpáním protiopotřebovacích přísad zvyšovat abrazivní zatížení čepů a pouzder řetězu. Zdánlivé „vytažení“ řetězu je ve skutečnosti převážně výsledkem opotřebení jeho kloubových spojů. Zvětšená vůle následně zhoršuje přesnost časování, zatěžuje napínák a vodicí lišty a může přispět k dalšímu uvolňování částic do oleje. Také tato oblast je dnes součástí výkonových požadavků některých moderních olejových specifikací.

Úsady mohou ovlivnit rovněž turbodmychadlo a jeho regulační prvky. V ložiskovém uzlu a zejména v odtokovém vedení se může při vysoké teplotě vytvářet karbon, který omezuje odvod oleje, podporuje jeho průnik přes těsnicí oblasti a zvyšuje riziko poškození ložisek. Na straně kompresoru mohou olejová mlha a nečistoty vytvářet povlaky zhoršující proudění a funkci regulačních mechanismů. Moderní olejové specifikace proto neposuzují pouze základní ochranu proti opotřebení, ale stále více také čistotu turbodmychadla, odolnost proti kalům a úsadám, ochranu rozvodového řetězu a chování oleje v podmínkách podporujících LSPI.

5 Diagnostika podle stavu oleje

Diagnostika začíná kontrolou hladiny, zápachu, vzhledu, filtru a okolí motoru. Tmavá barva sama o sobě neznamená nevyhovující olej a světlý vzhled není důkazem zachované kvality. Varovnými znaky jsou zápach paliva, mléčné zakalení, kovový třpyt, neobvyklé zhoustnutí nebo náhlá změna hladiny; jde však pouze o orientační indicie.

Před vypuštěním je vhodné zaznamenat hladinu nebo množství oleje v motoru. Odchylka od předepsané náplně může ukázat na spotřebu, netěsnost či ředění jinou kapalinou. Při výměně je třeba sledovat výtok od otevření zátky po závěrečné odkapávání; voda, kal, hrubé nečistoty nebo kovové částice jsou důležitými diagnostickými indiciemi a pomáhají zvolit reprezentativní vzorek.

Laboratorní výsledek musí být spojen s provozními daty: proběhem a dobou používání oleje, motohodinami, počtem studených startů, krátkými jízdami, teplotní historií, zatížením, doplňováním oleje, regeneracemi DPF a evidovanými závadami. Stejná koncentrace kovu či paliva může mít jiný význam po krátkém a jiný po dlouhém intervalu.

Vzorek se odebírá z provozně zahřátého a promíchaného oleje, do čisté nádoby a opakovatelně ze stejného místa. Při vypouštění se nepoužívá první ani závěrečný proud. Protokol musí uvádět typ a specifikaci oleje, proběh náplně a vozidla, množství doplněného oleje, provozní režim, opravy a známé závady; jinak může být i přesná laboratorní metoda nesprávně interpretována.

Kinematická viskozita při 40 °C a 100 °C odhaluje ředění palivem, střihovou degradaci, oxidaci, saze nebo nevhodný olej [4]. Výsledek se porovnává s novým olejem a rozsahem viskozitní třídy; sám však neurčuje příčinu, protože několik procesů může působit současně.

FTIR sleduje zejména oxidaci, nitraci a sulfataci a může sloužit ke screeningu vody, glykolu, paliva nebo sazí [7]. TAN vyjadřuje kyselost a TBN zbývající alkalickou rezervu. Rozhodující je trend vůči čerstvému oleji a předchozím vzorkům, protože hodnoty závisejí na konkrétní formulaci.

Palivo snižuje viskozitu a bod vzplanutí; přesněji se stanovuje plynovou chromatografií. Vodu lze určit metodou Karl Fischer [6]. Glykol, sodík, draslík či bor mohou ukazovat na chladicí kapalinu, křemík na prach nebo těsnicí materiál. Protože některé prvky pocházejí také z aditiv či oprav, musí být každý nález ověřen dalšími parametry a technickou prohlídkou.

Prvková analýza ICP-OES nebo jiskrová emisní spektrometrie stanovuje otěrové kovy, kontaminanty a prvky aditiv [5]. Železo může souviset s ocelovými částmi, chrom s kroužky a povlaky, hliník s písty a skříněmi a měď, olovo či cín s ložiskovými vrstvami nebo pouzdry. Jeden prvek neurčuje konkrétní závadu; význam má jejich kombinace, provozní kontext a nárůst v čase.

Spektrometrie zachycuje především rozpuštěné kovy a velmi jemné částice; větší částice z akutního poškození může podhodnotit. Při podezření je vhodné doplnit počet a velikost částic, ferromagnetický index, ferrografii, mikroskopii úsad nebo kontrolu rozříznutého filtru.

Nejvyšší hodnotu má trendové hodnocení. Jednorázový vzorek může odhalit výraznou kontaminaci, ale bez referenčního nového oleje a předchozích výsledků se obtížně odlišuje běžný stav od počínající změny. Silnou indicií je náhlá změna tren-

du, souběžný nárůst souvisejících prvků nebo kombinace kovů s palivem, sazemi, změnou viskozity či chladicí kapalinou.

Výsledek rozboru oleje nelze chápat jako samostatnou diagnózu ani jako náhradu mechanické kontroly. Je to soubor indicií, které je nutné propojit s tlakem oleje, kompresí a těsností válců, stavem vstřikování, teplotami, kouřivostí, spotřebou oleje, funkcí turbodmychadla, emisními systémy a případně s endoskopickou prohlídkou. Správně použitá analýza však umožňuje přejít od reaktivní opravy po vzniku závady k preventivnímu zásahu podle skutečného vývoje stavu oleje a motoru. Největší přínos má tam, kde se vzorkování provádí opakovaně, jednotnou metodikou a výsledky vedou ke konkrétnímu rozhodnutí o kontrole, opravě nebo úpravě intervalu údržby.

6 Zásady správné údržby

Základním předpokladem správné údržby je použití motorového oleje odpovídajícího přesné specifikaci a schválení výrobce vozidla. Viskozitní třída sama o sobě nestačí, protože oleje stejné viskozity se mohou lišit složením aditiv, obsahem popelotvorných látek, ochranou proti předčasnému zapálení LSPI, odolností proti tvorbě úsad i kompatibilitou s filtrem pevných částic. Při výběru je proto nutné vycházet z aktuální technické dokumentace pro konkrétní motor, nikoli pouze z obecného označení na obalu, ceny nebo předchozí zkušenosti s jiným typem vozidla.

Interval výměny oleje je třeba chápat jako hranici stanovenou pro definované podmínky, nikoli jako automatickou záruku zachování optimálních vlastností náplně za všech okolností. Maximální interval nemusí být vhodný zejména při častých studených startech, krátkých jízdách, vysokém podílu městského provozu a volnoběhu, opakovaných nebo přerušovaných regeneracích filtru pevných částic, vysokém zatížení, provozu s přívěsem, v prašném prostředí nebo při malém kilometrovém proběhu spojeném s dlouhou dobou používání oleje. V takových případech je vhodné postupovat podle režimu ztížených podmínek stanoveného výrobcem, případně podložit dřívější výměnu diagnostickými a laboratorními výsledky.

Pravidelná kontrola hladiny oleje zůstává jednoduchým, ale důležitým úkonem. Má být prováděna způsobem předepsaným výrobcem, na vhodném místě a za srovnatelných podmínek. Hladina se musí nacházet v povoleném rozsahu a nesmí překročit značku MAX. Dlouhodobý pokles může upozornit na spotřebu oleje nebo netěsnost, zatímco růst hladiny může signalizovat pronikání paliva či jiné kapaliny do olejové náplně. Určitá spotřeba oleje je přirozeným důsledkem konstrukce a provozu spalovacího motoru a sama o sobě nemusí znamenat závadu. Její velikost ovlivňují provozní vůle, zatížení, otáčky, teplota, jízdní režim i vlastnosti použitého oleje, takže u některých motorů a způsobů používání je mezi výměnami nutné olej doplňovat. Doplňovaný olej musí odpovídat předepsané specifikaci a hladina nesmí překročit povolenou mez. Údaj výrobce o maximální přípustné spotřebě však nelze chápat jako běžnou očekávanou hodnotu; rozhodující je dlouhodobý trend konkrétního motoru. Náhlé nebo postupné zvýšení spotřeby, případně potřeba nápadně častého doplňování, vyžaduje kontrolu těsnosti, spalování oleje a souvisejících systémů motoru.

Při výměně je vhodné zaznamenat kilometrový proběh, dobu používání náplně, zjištěnou hladinu, případné množství doplňovaného oleje a neobvyklé projevy při vypouštění. Olejový filtr má být měněn společně s olejem a musí odpovídat požadavkům daného motoru. Při podezření na opotřebení nebo tvorbu úsad lze rozříznutý filtr odborně zkontrolovat na přítomnost kovových částic, karbonu a dalších nečistot. Samotné proplachování znečištěného motoru nelze považovat za univerzální řešení;

u silně zanesené soustavy může rychlé uvolnění úsad zvýšit riziko omezení průtoku oleje. Postup musí vycházet z rozsahu znečištění, konstrukce motoru a doporučení výrobce.

Údržba olejové náplně musí být propojena s kontrolou systémů, které její stav ovlivňují. Patří sem zejména vstřikování a zapalování, odvětrání klikové skříně, chlazení motoru, přeplňování, těsnost sacího traktu, stav vzduchového filtru, EGR a systémy následného zpracování výfukových plynů. Opakované nedokončené regenerace, porucha termostatu, netěsný vstřikovač nebo závada odvětrání mohou nový olej znehodnotit dříve, než uplyne běžný servisní interval. Pouhá výměna oleje bez odstranění příčiny proto často pouze dočasně zakryje problém.

7 Otázky k zamyšlení

- Nestarali jsme se o motory dříve lépe, než je tomu dnes?
- Nestala se délka servisního intervalu důležitějším argumentem než skutečný technický stav oleje?
- Odpovídají běžně používané servisní intervaly reálným provozním podmínkám vozidla?
- Dokáže uživatel nebo servis včas rozpoznat, že emisní strategie nepříznivě ovlivňuje olej?
- Neměla by být diagnostika oleje častěji součástí preventivní údržby?

8 Závěrečné shrnutí

Moderní motory a oleje nejsou horší než jejich předchůdci, pracují však s vyšším měrným výkonem, menší relativní náplní, nižšími viskozitami a náročnějšími režimy. Spolehlivost proto závisí na správné specifikaci oleje, technickém stavu motoru a údržbě odpovídající skutečnému provozu.

Životnost náplně neurčují jen kilometry, ale také starty, krátké jízdy, zatížení, teploty, kontaminace a funkce EGR, DPF či GPF. Pevný interval je nezbytným rámcem, nikoli měřením skutečného stavu; ve ztížených podmínkách může být odůvodněna dřívější výměna oleje a filtrů.

Úsady přitom nejsou pouze estetickým projevem znečištění. Mohou omezovat průtok oleje, pohyb pístních kroužků a regulačních prvků, ovlivňovat chlazení a tlakové poměry, urychlovat opotřebení rozvodových řetězů a turbodmychadel nebo spolupůsobit při vzniku abnormálního spalování. Jejich přítomnost je proto nutné chápat jako možný článek širšího poruchového řetězce a vždy hledat příčinu jejich vzniku, nikoli pouze způsob jejich odstranění.

Analýza použitého oleje může při spojení s provozními daty, servisní historií a mechanickou kontrolou odhalit změny před vznikem poruchy. Zvláštní význam má trendové sledování ve flotilách, kde pomáhá ověřovat kvalitu olejů a služeb, zpřesňovat údržbu a omezovat neplánované odstávky.

Základní odpovědnost však zůstává u člověka. Elektronická upozornění nenahradí pravidelnou kontrolu, správné doplňování ani odborné posouzení provozu. Otázka, zda jsme o motory dříve pečovali lépe, nemá odmítat moderní techniku, ale připomenout, že s její složitostí roste potřeba rozhodovat podle skutečného stavu, nikoli pouze podle ceny, kilometrů nebo displeje vozidla.

Součástí prevence musí být také základní technická edukace řidičů a provozovatelů. Měli by znát význam provozních kapalin, správně kontrolovat jejich hladinu, respektovat předepsané specifikace a včas rozpoznat neobvyklé změny. Tím lze omezit spoléhání pouze na elektronická upozornění a přispět k delší životnosti motoru i hospodárnějšímu provozu vozidla.

Literatura

[1] ACEA - EUROPEAN AUTOMOBILE MANUFACTURERS' ASSOCIATION. ACEA *Oil Sequences 2023: Light-Duty Engines* [online]. Brussels: ACEA, 2023 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: ACEA Oil Sequences 2023 - Light-Duty Engines

[2] AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. *API 1509: Engine Oil Licensing and Certification System* [online]. 24th ed. Washington, D.C.: American Petroleum Institute, 2026, amended 23 September 2026 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: API 1509 - 24th Edition

[3] SAE INTERNATIONAL. *SAE J300_202405: Engine Oil Viscosity Classification* [online]. Warrendale, PA: SAE International, 2024 [cit. 2026-10-04]. DOI 10.4271/J300_202405. Dostupné z: SAE J300

[4] ASTM INTERNATIONAL. *ASTM D445-26: Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity)* [online]. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2026 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: ASTM D445

[5] ASTM INTERNATIONAL. *ASTM D5185-26: Standard Test Method for Multielement Determination of Used and Unused Lubricating Oils and Base Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES)* [online]. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2026 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: ASTM D5185-26

[6] ASTM INTERNATIONAL. *ASTM D6304-25: Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration* [online]. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2025 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: ASTM D6304-25

[7] ASTM INTERNATIONAL. *ASTM E2412-23a: Standard Practice for Condition Monitoring of In-Service Lubricants by Trend Analysis Using Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectrometry* [online]. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2023 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: ASTM E2412-23a

[8] Ito, T., Kitamura, T., Kojima, H., Kawanabe, H. Prediction of Oil Dilution by Post-injection in DPF Regeneration Mode. *SAE Technical Paper* [online]. 2019, č. 2019-01-2354 [cit. 2026-10-04]. DOI 10.4271/2019-01-2354. Dostupné z: SAE Mobilus

[9] Zhang, Z., Dong, R., Lan, G., Yuan, T., Tan, D. Diesel particulate filter regeneration mechanism of modern automobile engines and methods of reducing PM emissions: a review. *Environmental Science and Pollution Research* [online]. 2023, 30, 39338–39376 [cit. 2026-10-04]. DOI 10.1007/s11356-023-25579-4. Dostupné z: Europe PMC

[10] Agocs, A., Besser, C., Dörr, N., et al. Engine Oils in the Field: A Comprehensive Tribological Assessment of Engine Oil Degradation in a Passenger Car. *Tribo-*

logy Letters [online]. 2022, 70(1), čl. 28 [cit. 2026-10-04]. DOI 10.1007/s11249-022-01566-7. Dostupné z: Springer

[11] Peskoe-Yang, Lynne. Used oil analysis. *Tribology & Lubrication Technology* [online]. November 2020 [cit. 2026-10-04]. Dostupné z: Society of Tribologists and Lubrication Engineers

[12] STELLANTIS. *Korporátní informační systém Stellantis* [interní informační systém]. [cit. 2026-10-04]. Interní zdroj s omezeným přístupem

[13] Fletcher, K. A., Dingwell, L., Yang, K., Lam, W. Y., Styer, J. P. Engine Oil Additive Impacts on Low Speed Pre-Ignition. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants* [online]. 2016, 9(3), 612–620 [cit. 2026-10-04]. DOI 10.4271/2016-01-2277. Dostupné z: SAE Mobilus

POLYETHERY JAKO SYNTETICKÉ KOMPONENTY MOTOROVÉ NAFTY

Zlata MUŽÍKOVÁ, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [3]
Daniel MAXA, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [4]

Anotace

Polyoxymethylen-dimethylethery (OME) patří do skupiny chemických látek označovaných jako polyethery a představují skupinu syntetických kyslíkatých (oxygenovaných) paliv s vysokým cetanovým číslem. OME jsou syntetickými palivy, jejichž uhlíková stopa závisí na původu vstupních surovin a na energii použité při výrobě [1, 9, 10, 11]. Díky kyslíku zabudovanému přímo v molekule mohou při spalování přispívat k nižší tvorbě pevných uhlíkatých částic (sazí) [1, 4, 8]. Pro praktické použití však není rozhodující pouze průběh spalování, ale také chování kapalné směsi při skladování, dopravě a provozu. Tento článek se proto zaměřuje na vlastnosti čistých OME i jejich směsí s běžnými složkami motorové nafty - uhlovodíky, metylestery mastných kyselin (FAME) a hydrogenačně upravenými rostlinnými oleji (HVO). Problematická může být zejména mísitelnost OME s vodou a její vliv na fázovou stabilitu celé palivové směsi. Publikované práce ukazují, že vzájemná mísitelnost OME s dalšími složkami paliv závisí na délce řetězce OME, složení uhlovodíkové matrice, teplotě a přítomnosti vody [2, 3, 4]. U některých systémů OME–HVO může i malé množství vody vyvolat fázový rozpad; u směsí obsahujících FAME může esterová skupina ovlivnit polaritu a fázové chování směsi [3, 6]. Technická norma DIN/TS 51699:2023-11 poskytuje technický rámec pro čisté OME, nepředstavuje však automatické schválení směsí s motorovou naftou [12]. Pro směsi OME s motorovou naftou není v současnosti k dispozici samostatná norma; pokud je směs uváděna jako motorová nafta, musí být posouzena jako celek podle ČSN EN 590:2026, která stanovuje požadavky na vlastnosti paliva určeného pro vznětové motory [13].

1 Úvod

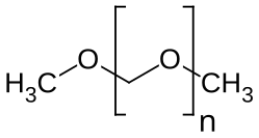
K dekarbonizaci silniční dopravy nevede pouze jedna technologie nahrazující konvenční výrobu z fosilních zdrojů. Vedle elektrifikace a obnovitelných uhlovodíkových paliv zůstává pro část vozového parku relevantní hledání syntetických komponent kompatibilních se vznětovými motory. OME jsou zajímavé tím, že jejich molekula obsahuje vysoký podíl kyslíku a díky tomu mohou při spalování přispívat k nižší tvorbě pevných uhlíkatých částic (sazí) [1, 4, 8]. Současně se jejich polární etherová struktura liší od převážně nepolární uhlovodíkové matrice běžné nafty a HVO [2, 3]. Pokud má být OME použito jako složka motorové nafty, musí být zajištěna jeho mísitelnost s dostupným palivem a ověřena fázová stabilita výsledné směsi, včetně jejího chování v přítomnosti vody [2, 3, 4].

[3] Ing. Zlata Mužíková, Ph.D.
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav udržitelných paliv a zelené chemie
Technická 5, 166 28 Praha 6
tel.: +420 220 444 254, e-mail: zlata.muzikova@vscht.cz, https://www.vscht.cz/
[4] Ing. Daniel Maxa, Ph.D.
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav udržitelných paliv a zelené chemie
tel.: +420 220 444 254, e-mail: daniel.maxa@vscht.cz

2 Vlastnosti OME

OME jsou oligomery ze skupiny chemických látek označovaných jako polyethery a jsou tvořené jednotkami $–CH_2O–$ propojenými etherovými vazbami a zakončenými methylovými skupinami; zjednodušený strukturní zápis je $CH_3O–(CH_2–O)_n–OCH_3$. Pro kapalná motorová paliva je hlavní pozornost věnována sloučeninám s počtem jednotek $n = 3 \div 5$. S rostoucím n roste podíl kyslíku v řetězci a mění se těkavost, viskozita, hustota, teplota tuhnutí i mísitelnost s uhlovodíky [1, 7, 14].

Chemický vzorec OME je následující:



Výhodou OME je vysoké cetanové číslo a kyslík zabudovaný přímo v molekule. Emisní testy na motorech obecně potvrzují snížení kouřivosti a tvorby pevných uhlíkatých částic (sazí) při zvyšování podílu OME [1, 4, 8, 15]. Zjednodušeně lze říci, že kyslík v molekule OME nahrazuje část uhlíkového řetězce typického pro uhlovodíková paliva. Absence vazby uhlík-uhlík podstatně snižuje možnost vzniku stabilních molekul s narůstající velikostí. Při spalování tak vzniká méně černých uhlíkatých částic - sazí [1, 8].

3 Mísitelnost OME s dalšími dieselovými palivy

Mísitelnost OME s jednotlivými složkami paliva daná rozdílem v polaritě, přítomnosti vody a teplotou [2, 3]. V pomyslném rozmezí od téměř čistě polární vody po prakticky nepolární uhlovodíky (nafta, HVO) mají OME díky etherově vázaným atomům kyslíku střední polaritu. S rostoucím počtem oxymethylenových jednotek může mísitelnost OME_n s dieselovou matricí klesat [2, 3]. Ve srovnání s téměř čistě parafinickým HVO může být motorová nafta obsahující polárnější složky, například FAME, pro OME příznivějším prostředím; konkrétní chování však závisí na složení celé směsi [2, 3, 6, 15].

Omezená mísitelnost jednotlivých složek vede ke vzniku teplotně závislých oblastí použitelnosti směsí. U některých směsí HVO/OME_{3-5} byly popsány nízkoteplotní limity: při vyšším podílu OME se směs bez pomocného kosolventu může rozdělit již přibližně při $15 \div 20$ °C [3, 4]. V jiné studii byla směs obsahující 30 obj.% $OME_{3–5}$ v HVO při laboratorním měřítku fázově nestabilní a vyžadovala temperovanou nádrž s mícháním. Nižší podíl OME a vhodný kosolvent zlepšily její mísitelnost a vedly k provozně použitelnějšímu výsledku [4]. Z uvedených studií vyplývá, že mísitelnost různých druhů paliv s OME je nutné ověřovat experimentálně [2, 3, 4].

4 OME v přítomnosti FAME

FAME jsou methylestery mastných kyselin s dlouhým uhlovodíkovým řetězcem a polární esterovou skupinou. V motorové naftě podle ČSN EN 590 mohou tvořit až 7% obj. (motorová nafta B7) [13]. Přídavek OME do takové nafty proto nevytváří

pouze systém OME–uhlovodík, ale minimálně systém OME–uhlovodík–FAME. Jeho chování se může dále měnit v důsledku přítomnosti vody a aditiv [6, 13].

FAME mohou díky esterové skupině zvyšovat polaritu kapalné fáze a v některých formulacích působit jako prostředník mezi OME a uhlovodíky. Tento předpoklad je však třeba ověřit pro konkrétní složení směsi. Přímých publikovaných dat o úplném fázovém diagramu komerční směsi OME–B7–voda je zatím omezené množství. Studie s methyl-dekanoátem, methyl-dodekanoátem a methyl-tetradekanoátem poskytují užitečná data o hustotě a viskozitě modelových systémů OME–FAME, samy o sobě však neprokazují dlouhodobou fázovou stabilitu komerčního paliva na bázi OME [6].

Z praktického hlediska proto nelze předpokládat, že přítomnost 7% FAME automaticky stabilizuje libovolný podíl OME. Při návrhu směsi je třeba ověřit podíl a typ FAME, zastoupení OME podle počtu jednotek n, teplotu, obsah vody a vlastnosti celé směsi podle ČSN EN 590. Současně je třeba ověřit dopad OME na hustotu, viskozitu, mazivost a nízkoteplotní parametry [6, 13].

5 Voda a fázová stabilita

Voda je pro směsi s OME kritická z dvojího důvodu. OME mají k vodě větší afinitu než nepolární uhlovodíky, a mohou proto přijmout nebo rozpustit větší množství vody než uhlovodíky. Voda se do paliva může dostat kondenzací, při manipulaci, nebo nedostatečným vysušením jednotlivých komponent. Při změně teploty a složení pak ovlivňuje rozdělení jednotlivých složek mezi fáze podle jejich vzájemné afinity [3, 14]. Pro praktické použití směsí s OME je fázová stabilita zásadní. Směs musí zůstat homogenní během manipulace a skladování při běžných okolních teplotách. Vznik oddělených fází mimo jiné zvyšuje riziko koroze a tvorby usazenin.

U směsí OME–uhlovodík–voda bylo zjištěno, že právě příjem malého množství vody může vyvolat pozorované fázové rozdělení. Fázovým rozpadem homogenní směsi paliva pak vznikají uhlovodíková a vodná fáze. Rozdělení OME mezi obě fáze závisí na více parametrech, zejména na složení systému a teplotě [3]. V tab.1 jsou uvedeny hlavní typy směsí, které je vhodné při hodnocení mísitelnosti a fázové stability uvažovat.

Tab.1 Přehled hlavních typů směsí [3, 4, 6]

Systém	Očekávaný mechanismus
OME + voda	Fázová stabilita v závislosti na teplotě.
OME + HVO + voda	Parafinická uhlovodíková báze a OME mají odlišnou afinitu vůči vodě. Riziko separace fází je proto větší než u fosilní motorové nafty.
OME + FAME + voda	Esterová skupina může zvyšovat polaritu směsi a ovlivnit její fázovou stabilitu v přítomnosti vody.
OME + fosilní motorová nafta + voda	Kompatibilita závislá na uhlovodíkovém složení nafty.
OME + motorová nafta B7 + voda	Reálná vícesložková formulace s uhlovodíky, FAME, OME a vodou.

6 Normativní dokumenty vztahující se na kvalitu paliva

DIN/TS 51699:2023-11 „Fuels - Polyoxymethylene dimethylether (OME) - Requirements and test methods“ je technická norma, která specifikuje vlastnosti a zkušební metody pro OME určené jako složka motorového paliva. Přehled důležitých parametrů je uveden v tab.2. Norma představuje důležitý krok ke specifikaci čistých OME pro použití ve vznětových motorech, nejde však o harmonizovanou evropskou normu a může být dále revidována [12].

Je-li OME použito jako složka motorové nafty, musí být výsledná směs posouzena jako celek podle požadavků aktuálně platného vydání ČSN EN 590. Při uvádění směsi jako motorové nafty podle ČSN EN 590 rozhoduje shoda finální formulace s požadavky této normy [12, 13]. Přehled vybraných požadavků je uveden v tab.3 a tab.4.

Tab.2 Požadavky na 100% OME podle DIN/TS 51699:2023-11 [12]

Vlastnost	Limit	Jednotka	Norma stanovení
Cetanové číslo	min. 65	–	DIN EN 17155
Hustota při 15 ºC	1 045 ÷ 1 070	kg/m³	DIN EN ISO 12185
Bod vzplanutí P.M.	min. 60	°C	DIN EN ISO 2719
Kinematická viskozita při 40 ºC	0,900 ÷ 1,500	mm²/s	DIN EN ISO 3104; DIN EN 16896; ISO 23581
Mazivost HFRR	max. 460	µm	DIN EN ISO 12156-1
Obsah síry	max. 5	mg/kg	DIN EN ISO 20846
Obsah dusíku	uvést v protokolu	mg/kg	DIN 51444
Obsah vody	max. 0,020	% (m/m)	DIN EN ISO 12937
Celková kontaminace	max. 15	mg/kg	DIN EN 12662
Oxidační stabilita při 120 ºC	min. 240	min	DIN EN 16091
Bod tuhnutí	max. 20	°C	ASTM D 6660
CFPP	uvést v protokolu	°C	DIN EN 116
Celkový formaldehyd	max. 200	mg/kg	Příloha B
Trioxan	max. 1 000	mg/kg	Příloha A
Peroxidové číslo	max. 10	meq O/g	DIN EN ISO 3960
Číslo kyselosti	uvést v protokolu	mg KOH/g	DIN EN 12634
Koroze oceli, metoda A	nejvýše lehká koroze	stupeň koroze	DIN ISO 7120
Výhřevnost	uvést v protokolu	MJ/kg	DIN 51900-1; DIN 51900-2

Tab.3 Obecně použitelné požadavky pro finální směs podle ČSN EN 590:2026 [13]

Vlastnost	Limit	Jednotka	Norma stanovení
Cetanové číslo	min. 51,0	–	EN ISO 5165:2020; EN 15195:2023; EN 16715:2015; EN 16906:2023; EN 17155:2018
Cetanový index	min. 46,0	–	EN ISO 4264
Hustota při 15 °C	815,0 ÷ 845,0	kg/m³	EN ISO 3675:1998; EN ISO 12185:2024
Polycyklické aromatické uhlovodíky	max. 8,0	% (m/m)	EN 12916:2024
Obsah síry	max. 10	mg/kg	EN ISO 20846:2019; EN ISO 20884:2019; EN ISO 13032:2024
Obsah manganu	max. 2,0	mg/l	EN 16576:2014
Bod vzplanutí	nad 55,0	°C	EN ISO 2719
Karbonizační zbytek	max. 0,30	% (m/m)	EN ISO 10370
Obsah popela	max. 0,010	% (m/m)	EN ISO 6245
Obsah vody	max. 0,020	% (m/m)	EN ISO 12937
Celkový obsah nečistot	max. 24	mg/kg	EN 12662-1
Korozivní působení na měď	třída 1	stupeň koroze	EN ISO 2160
Viskozita při 40 °C	2,0 ÷ 4,5	mm^2/s	EN ISO 3104; EN ISO 23581; EN ISO 18335
Destilační zkouška	250 °C: <65 %; 350 °C: min. 85 %; 95% při max. 360 °C	% (V/V), °C	EN ISO 3405:2019; EN ISO 3924:2019; EN 17306:2023

Tab.4 FAME, stabilita a nízkoteplotní požadavky podle ČSN EN 590:2026 [13]

Vlastnost	Limit	Jednotka	Norma stanovení
Obsah FAME	max. 7,0	% (V/V)	EN 14078:2014
Oxidační stabilita, všechny motorové nafty	max. 25	g/m³	EN ISO 12205
Oxidační stabilita při FAME >2,0 %	min. 20,0 nebo 60,0	h nebo min	EN 15751 nebo EN 16091
Mazivost, průměr WSD při 60 °C	max. 460	µm	EN ISO 12156-1
CFPP, mírné klima	A +5; B 0; C −5; D −10; E −15; F −20	°C, max.	EN 116; EN 16329
CFPP, arktické nebo extrémně studené klima	0 −20; 1 −26; 2 −32; 3 −38; 4 −44	°C, max.	EN 116; EN 16329
Bod zákalu, arktické nebo extrémně studené klima	0 −10; 1 −16; 2 −22; 3 −28; 4 −34	°C, max.	EN ISO 3015; EN ISO 22995
Počet částic ≥4 µm	max. 10 000	počet/ml	IP 630

7 Závěr

OME mohou být slibnou kyslíkatou komponentou motorové nafty. Vysoké cetanové číslo a kyslík zabudovaný v molekule mohou podpořit čistší spalování s nižší tvorbou sazí [1, 4, 8]. Pro provozní použitelnost však musí být současně zajištěna fázová stabilita směsí. Za klíčové riziko nelze považovat pouze binární mísitelnost OME s uhlovodíky, ale především chování celé vícesložkové formulace při změnách teploty, po absorpci vody a dlouhodobém skladování. Pro 100% OME je zatím k dispozici pouze tzv. norma DIN/TS 51699:2023-11, která však poskytuje dostatečný výčet klasifikovaných parametrů.

Literatura

[1] Pitsch, H. et al. Potential of oxymethylene ethers as renewable diesel substitute. In *Progress in Energy and Combustion Science, 104 (2024)*, 101173. DOI: 10.1016/j.pecs.2024.101173

[2] Yu, M., Chen, Y., Jiang, B. Understanding the miscibility of polyoxymethylene dimethyl ethers (OMEn) and diesel blend using molecular dynamics simulation. In *Fuel, 323 (2022)*, 124348. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.124348

[3] Breitkreuz, C., Holzer, A., Fuchs, S., Günthner, M., Hasse, H. Miscibility in systems containing poly(oxymethylene) dimethyl ethers (OME) + hydrocarbons + water. In *Fuel, 338 (2023)*, 127337. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.127337

[4] Holzer, A., Günthner, M., Jung, H. Performance of pure OME and various HVO–OME fuel blends as alternative fuels for a diesel engine. In *Automotive and Engine Technology, 7 (2022)*, 369–383. DOI: 10.1007/s41104-022-00122-8

[5] Bullermann, M., Meyer, K., Krafft, M., Wirz, M. Comparison of fuel properties of alternative drop-in fuels with standard marine diesel and the effects of their blends. In *Fuel, 357 (2024)*, 129937. DOI: 10.1016/j.fuel.2023.129937

[6] Jin, C. et al. Densities and viscosities of polyoxymethylene dimethyl ether with methyl decanoate, methyl dodecanoate, and methyl tetradecanoate. In *International Journal of Thermophysics, 46 (2025)*, 34. DOI: 10.1007/s10765-025-03506-8

[7] Lucas, A. et al. Fuel properties of oxymethylene ethers with terminating groups from methyl to butyl. In *Energy & Fuels, 36 (2022)*, 10213–10225. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.2c01414

[8] Preuß, J., Münch, K., Denbratt, I. Performance and emissions of a heavy-duty diesel engine operated with OME1 and OME3–5. In *Fuel, 303 (2021)*, 121275. DOI: 10.1016/j.fuel.2021.121275

[9] Deutz, S. et al. Cleaner production of cleaner fuels: ... OME as a diesel substitute. In *Energy & Environmental Science, 11 (2018)*, 331–343. DOI: 10.1039/C7EE01657C

[10] Hank, C. et al. Comparative well-to-wheel life cycle assessment of OME production pathways. In *Sustainable Energy & Fuels, 3 (2019)*, 3219–3233. DOI: 10.1039/C9SE00658C

[11] Drexler, M. et al. Production of oxymethylene ethers (OME) as sustainable fuels. In *RSC Sustainability (2025)*. DOI: 10.1039/D4SU00818A

[12] DIN/TS 51699:2023-11. *Fuels - Polyoxymethylene dimethylether (OME) - Requirements and test methods*. DIN, November 2023. https://www.dinmedia.de/en/pre-standard/din-ts-51699/371240381

[13] ČSN EN 590:2026. *Motorová paliva - Motorové nafty - Požadavky a metody zkoušení*. Česká verze EN 590:2025

[14] Elsener, M. et al. OME chemistry, stability and reaction pathways relevant to fuel use. In *Topics in Catalysis (2022)*. DOI: 10.1007/s11244-022-01725-z

[15] Richter, S. et al. Influence of oxymethylene ethers (OMEn) in mixtures with a diesel surrogate. In *Energies, 14 (2021)*, 7848

ALKYLÁTOVÁ PALIVA A JEJICH DIAGNOSTIKA

Ondřej ŠVEC, OMA CZ, a.s., Stráž pod Ralskem [5]

1 Úvod

Alkylátová paliva představují moderní alternativu ke klasickým motorovým benzínům, zejména v oblasti zahradní, lesnické a komunální techniky. Využívají se například v motorových pilách, křovinořezech, sekačkách a dalších zařízeních se zážehovými spalovacími motory. Jejich hlavními přednostmi jsou vysoká chemická čistota, nízký obsah aromatických uhlovodíků a velmi nízký obsah benzenu a olefinů.

Význam alkylátových paliv spočívá nejen v jejich vlivu na životní prostředí a zdraví obsluhy, ale také v provozních vlastnostech a dlouhodobé stabilitě při skladování. Pro správné využití těchto paliv je důležitá diagnostika, která umožňuje ověřit jejich složení, kvalitu, vhodnost pro konkrétní motor a případné změny způsobené stárnutím nebo nevhodným skladováním.

2 Charakteristika alkylátových paliv

Alkylátová paliva jsou tvořena převážně rozvětvenými nasycenými uhlovodíky, zejména izoparafiny. Vyrábějí se rafinérskými procesy, při kterých dochází k reakci lehkých uhlovodíků za vzniku vysoce kvalitních kapalných složek benzinu. Výsledkem je palivo s poměrně úzkým a kontrolovaným složením.

Na rozdíl od běžného automobilového benzinu obsahují kvalitní alkylátová paliva výrazně méně aromatických uhlovodíků, olefinů a dalších složek, které mohou přispívat k tvorbě nežádoucích emisí nebo ke zhoršování skladovací stability. Jejich přesné složení závisí na výrobním procesu a případných přidaných složkách.

Na trhu se nejčastěji setkáváme se dvěma základními kategoriemi:

- **Alkylátový benzin pro čtyřtaktní motory:** používá se v motorech, u kterých se mazání zajišťuje samostatně, například olejem v klikové skříni.
- **Alkylátové palivo pro dvoutaktní motory:** obsahuje přimíchaný mazací olej v poměru stanoveném výrobcem paliva nebo motoru.

3 Hlavní vlastnosti a výhody

Mezi nejvýznamnější vlastnosti alkylátových paliv patří jejich chemická čistota a dobrá skladovací stabilita. Nízký obsah některých reaktivních složek omezuje vznik pryskyřičných a oxidačních produktů, které mohou při dlouhodobém skladování zanášet palivovou soustavu.

Další důležitou vlastností je nízký obsah benzenu a dalších aromatických uhlovodíků. Při manipulaci a používání paliva to může přispívat ke snížení expozice některým zdravotně rizikovým látkám. Skutečná míra snížení emisí však závisí na konstrukci motoru, jeho technickém stavu a provozních podmínkách.

[5] Ondřej Švec, DiS., CTD
technický ředitel
OMA CZ, a.s.
Borová 103, 471 27 Stráž pod Ralskem
mobil: +420 737 388 729, e-mail: osvec@omacz.cz, https://omacz.cz/cs/

Výhodou bývá také snadnější opětovné uvedení některých strojů do provozu po delší odstávce, pokud bylo palivo správně skladováno. Alkylátové palivo ale není zcela imunní vůči stárnutí a jeho použitelnost vždy závisí na konkrétním výrobku a doporučení výrobce.

Z technického hlediska je důležité sledovat také těkavost, tlak par, destilační charakteristiku, oktanové číslo a kompatibilitu s materiály palivové soustavy. Tyto parametry ovlivňují startování, chod motoru, spotřebu i provozní spolehlivost.

4 Význam diagnostiky alkylátových paliv

Diagnostika alkylátových paliv zahrnuje soubor metod, kterými se posuzuje jejich identita, fyzikálně-chemické vlastnosti, čistota a vhodnost pro zamýšlené použití. Jejím cílem je zjistit, zda palivo odpovídá požadovaným specifikacím a zda nedošlo k jeho kontaminaci, degradaci nebo záměně.

Diagnostika může být využita při vstupní kontrole paliva, při řešení problémů se startováním a chodem motoru, při analýze poruch palivové soustavy i při laboratorním porovnávání různých druhů paliv.

Je důležité rozlišovat mezi běžnou provozní kontrolou a laboratorní analýzou. Vizuální kontrola nebo měření hustoty mohou odhalit některé odchylky, ale samy o sobě nedokáží spolehlivě potvrdit, že jde o alkylátové palivo nebo že splňuje všechny požadované parametry.

5 Základní metody diagnostiky

5.1 Vizuální kontrola

Základním krokem je kontrola vzhledu a případných známek znečištění. Hodnotí se především čirost, přítomnost zákalu, oddělené fáze, vody nebo mechanických nečistot. Změna vzhledu může upozornit na kontaminaci či nevhodné skladování.

Samotný vzhled však není dostačující pro posouzení kvality. Čiré palivo může mít nevhodné chemické složení a kontaminace nemusí být vždy viditelná.

5.2 Stanovení hustoty

Hustota patří mezi základní fyzikální parametry kapalných paliv. Lze ji stanovit například pomocí vhodného hustoměru nebo laboratorního přístroje při definované teplotě.

Výsledek se porovnává s technickou specifikací daného výrobku nebo s referenčními hodnotami pro příslušný typ paliva. Při měření je nutné zohlednit teplotu, protože hustota se s teplotou mění.

Hustota může upozornit na záměnu paliva nebo přítomnost některých příměsí, ale není jednoznačným identifikačním parametrem. Různá paliva mohou mít podobnou hustotu, a proto je vhodné měření kombinovat s dalšími metodami.

5.3 Destilační charakteristika a těkavost

Destilační charakteristika popisuje, jak se palivo odpařuje při postupném zvyšování teploty. Sledují se například počátek destilace, teploty odpovídající určitým vydestilovaným objemům a konec destilace.

Tyto parametry mají zásadní význam pro startování motoru, tvorbu směsi a provoz při různých okolních teplotách. Příliš nízká nebo vysoká těkavost může ovlivnit chování motoru a jeho provozní spolehlivost.

Pro laboratorní stanovení lze využít standardizované destilační postupy určené pro motorové benziny. Výsledky je nutné interpretovat podle příslušné specifikace, protože samotná destilační křivka nemusí jednoznačně odlišit alkylátové palivo od běžného benzinu.

5.4 Stanovení oktanového čísla

Oktanové číslo vyjadřuje odolnost paliva proti detonačnímu spalování v zážehovém motoru. Rozlišuje se výzkumné oktanové číslo (RON) a motorové oktanové číslo (MON).

Nevhodné oktanové číslo může ovlivnit bezpečnost a provoz motoru, zejména pokud motor vyžaduje palivo s konkrétními vlastnostmi. Stanovení oktanového čísla se provádí standardizovanými metodami, obvykle na speciálním zkušebním motoru.

Pro praktické použití je třeba vycházet z údajů výrobce paliva a požadavků výrobce motoru. Vysoké oktanové číslo samo o sobě neznamená, že palivo má vyšší energetickou hodnotu nebo že automaticky zvyšuje výkon motoru.

5.5 Infračervená spektroskopie

Infračervená spektroskopie umožňuje získat informace o chemických vazbách a funkčních skupinách přítomných ve vzorku. U uhlovodíkových paliv lze pomocí spekter posuzovat charakter uhlovodíkové směsi a při vhodném kalibračním postupu také sledovat některé kontaminanty.

IR spektroskopie se proto uplatňuje především při porovnávání vzorků, kontrole konzistence složení a při cíleném vyhledávání určitých druhů kontaminace.

5.6 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie patří mezi nejvýznamnější analytické metody pro podrobné zkoumání složení benzinu. Umožňuje rozdělit jednotlivé uhlovodíkové složky podle jejich interakcí s chromatografickou kolonou a následně je detekovat.

Při analýze alkylátových paliv lze sledovat zastoupení jednotlivých uhlovodíků, přítomnost aromatických sloučenin, olefinů a také některých nežádoucích příměsí. Ve spojení s vhodným detektorem a kalibrací lze získat podrobný obraz o složení vzorku.

Výhodou plynové chromatografie je vysoká rozlišovací schopnost a možnost kvantitativního stanovení vybraných složek. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací a provozní náklady, požadavky na odbornou obsluhu a potřeba vhodných referenčních materiálů.

Pro detailní ověření složení je tato metoda podstatně průkaznější než jednoduché provozní testy.

5.7 Stanovení obsahu vody a dalších kontaminantů

Voda, pevné částice nebo jiné nežádoucí látky mohou negativně ovlivnit provoz palivové soustavy. Voda může způsobit problémy s korozí, spalováním nebo

chodem motoru, zatímco pevné částice mohou zanášet filtry a poškozovat citlivé součásti.

Obsah vody lze podle charakteru vzorku a požadované citlivosti stanovit například Karl Fischerovou titrací. Pevné nečistoty se mohou hodnotit vhodnými filtračními nebo laboratorními postupy. Pro další kontaminanty se volí metoda podle jejich předpokládaného chemického složení.

Při podezření na kontaminaci je důležité analyzovat také způsob skladování, stav nádoby a možnost záměny s jiným palivem.

6 Diagnostika při provozních problémech motoru

Provozní diagnostika je důležitá zejména v případech, kdy motor špatně startuje, nepravidelně běží, ztrácí výkon nebo se po delší odstávce nedaří uvést do provozu.

Mezi možné příčiny patří nevhodné palivo, znečištění palivového filtru, porucha karburátoru, nesprávné nastavení směsi, netěsnosti, závady zapalování nebo mechanické opotřebení motoru.

Diagnostika by měla probíhat systematicky:

1. Ověřit, zda je použité palivo určeno pro daný typ motoru.
2. Zkontrolovat stáří paliva, způsob skladování a případné známky kontaminace.
3. Prověřit palivové vedení, filtr, nádrž a stav karburátoru nebo vstřikovací soustavy.
4. Zkontrolovat zapalování, přívod vzduchu a mechanický stav motoru.
5. Pokud příčina není zřejmá, odebrat reprezentativní vzorek paliva a zajistit laboratorní analýzu.

Je nutné zdůraznit, že použití alkylátového paliva samo o sobě nevylučuje poruchu motoru. Změna druhu paliva také nemusí odstranit závady, které vznikly dříve, například usazeniny v karburátoru nebo poškození těsnění.

7 Skladovací stabilita a degradace paliva

Jedním z důvodů používání alkylátových paliv je jejich zpravidla dobrá stabilita při skladování. Ve srovnání s některými běžnými benziny mají díky svému složení nižší sklon k tvorbě oxidačních produktů. Přesto se jejich vlastnosti mohou časem měnit.

Rychlost změn ovlivňuje především teplota, přístup kyslíku, těsnost obalu, světlo a případná kontaminace. Nevhodné skladování může vést ke změnám těkavosti, vzniku úsad nebo ke zhoršení provozních vlastností.

Při posuzování skladovaného paliva se doporučuje zkontrolovat obal, datum výroby či doporučenou dobu použitelnosti a podmínky skladování. Pokud existuje podezření na degradaci, lze provést srovnávací měření vybraných parametrů nebo laboratorní analýzu.

Doba použitelnosti se nemá stanovovat univerzálně pro všechna alkylátová paliva. Rozhodující jsou údaje výrobce konkrétního produktu.

8 Závěr

Alkylátová paliva představují významnou možnost pro provoz malých zážehových motorů, především díky nízkému obsahu některých nežádoucích uhlovodíkových složek a současně dobré skladovací stabilitě. Jejich využití může přispět ke snížení expozice určitým škodlivým látkám a omezit některé problémy spojené se stárnutím paliva.

Správné hodnocení jejich kvality však vyžaduje vhodnou diagnostiku. Základní provozní kontrola může odhalit viditelné znečištění nebo některé odchylky fyzikálních vlastností, ale pro přesné posouzení chemického složení jsou vhodnější laboratorní metody, zejména plynová chromatografie a cílená spektroskopická analýza.

Kombinace kontroly fyzikálních vlastností, laboratorního rozboru a diagnostiky samotného motoru umožňuje lépe určit příčiny provozních problémů a ověřit vhodnost paliva pro konkrétní použití.

DODÁVÁME

Automobilové a průmyslové oleje
Plastická a speciální maziva
Obráběcí kapaliny
Autochemie
Průmyslová chemie

POSKYTUJEME

Tribotechnické poradenství
Tribotechnické rozbory maziv
Filtrace olejů
Likvidace použitých olejů



omacz





www.omacz.cz

omacz@omacz.cz
tel: 487 851 016

TRIBODIAGNOSTIKA ROTAČNÍCH STROJŮ - ZPĚT K ZÁKLADŮM

Michal KROVAK, ORLEN Unipetrol RPA s.r.o., Kralupy nad Vltavou [6]

Anotace

Přednáška se věnuje základům tribodiagnostiky rotačních strojů Jsou zde popsány diagnostické postupy, a to jak obecně, tak v návaznosti na různé typy strojů. Je zde poukázáno na to, že nelze použít plošně stejné diagnostické postupy pro různé druhy strojů a že při vyhodnocení je třeba přenést rozbor stavu oleje na stav stroje a naopak.

1 Úvod

Úvodem je vhodné si k tématu položit minimálně následující 3 otázky:

- **Co vlastně je tribodiagnostika?**

  Krátce řečeno - je to bezdemontážní diagnostická metoda, kdy z rozboru konkrétních veličin oleje získáme přehled nejen o stavu oleje, ale také o stavu stroje.
- **Proč potřebujeme tribodiagnostiku a nevystačíme si s jinými diagnostickými metodami?**

  Jak už bylo uvedeno, tribodiagnostika má dva pohledy - pohled na stav oleje a pohled na stav stroje. Ze stavu oleje, tedy pomocí tribodiagnostiky, se leckdy podaří zjistit zhoršující se stroje ještě před tím, než je možné zhoršení detekovat jinými diagnostickými metodami. (například vibrodiagnostikou u kluzných ložisek) Dobrým příkladem jsou ojniční ložiska pístových kompresorů.
- **To je dobré, ale jak se do té tribodiagnostiky pustit?**

  Následující řádky popisují procesy tribodiagnostiky, rozbory u nejčastějších typů strojů a možné nestandardní nálezy.

2 Tribodiagnostika - proces od A do Z

<u>Výběr strojů, které se budou diagnostikovat</u>

- Analýza rizik (RCM, či jiná analýza).
- Typ stroje (většinou turbíny, kompresory, převodovky, velká čerpadla apod.).
- Objem náplně (musí být dostatečně velký, odběr vzorku za provozu nesmí způsobit pokles pod minimum).
- Možnost odběru (technické parametry, BOZP).

<u>Nastavení hodnocených veličin</u>

- Lze řešit dle ČSN ISO 14830-1 (sestava základní sady).
- Zkušenosti (historie oprav - na co se zaměřit).

[6] Ing. Michal Krovak, CTD
ORLEN Unipetrol RPA s.r.o.
O. Wichterleho 809, 278 52 Kralupy nad Vltavou
mobil: +420 734 174 000, e-mail: michal.krovak@orlenunipetrol.cz, https://www.orlenunipetrolrpa.cz

- Určení stroje a konkrétní specifika (u dvou strojů stejného typu nemusí být stejná sada rozborů).

Přípravy k odběru

- Nastavení periody a typu rozboru (základní perioda 90 dní, ale může být také delší, nebo kratší).
- Zadání do systémů (evidence, trendování, vyhodnocování, historie).
- Příprava odběrného místa (někdy je od výrobce, někdy se musí zřídit. **Odběr oleje nesmí ohrozit chod stroje**).

Odběr vzorku

- Popsáno v ČSN 65 6207 a ČSN ISO 14830-1.
- Příprava vzorkovnic (materiál, kontrola čistoty, označení).
- Vlastní odběr dle stanovených zásad.
- Doprava do laboratoře (co nejrychleji - u vzorku, který dlouho „stojí na stole“, se mohou měnit parametry).

Odběr vzorku je tím nedůležitějším krokem při tribodiagnostické analýze. Musí být odebrán správně - co odeberete, to také hodnotíte!!!

Vyhodnocení analyzovaného vzorku

- Dobrý základ je ČSN ISO 14830-1 Tab.F2 Kritéria poplachu pro laboratorní zkoušky.
- Dále je nutné přihlédnout ke stáří a typu konkrétního stroje a typu media.
- Vždy je třeba prostudovat příslušnou sekci provozního manuálu stroje a přihlédnout k doporučení výrobce.
- Tribodiagnostika RS je dlouhodobý proces, je třeba vždy přihlížet k dlouhodobým trendům. Není to jen honba za čísly.
- Je také nutné přihlédnout k tomu, že stroje musí primárně něco pohánět, vyrábět, či přemísťovat materiál.

Jedním z hlavních úkolů provozního diagnostika je najít bod, do kterého je možné stroj bezpečně provozovat bez jeho odstavení, či vnějšího zásahu.

Opatření aneb proč vlastně ten olej rovnou nevyměnit?

Často se problém pouhou výměnou oleje nevyřeší, jen odloží a stojí nás to peníze.

Vždy je nutné se zamyslet nad příčinou změny a v první řadě odstranit příčinu, až pak následky. Ne úplně vždy je to možné, někdy se čeká na možnost odstavení stroje. Pak je třeba zavést dočasná opatření.

Další opatření

- výměna olejových filtrů,

- filtrace oleje,
- odstředění vody,
- doplnění stejného oleje jiné viskozity (úprava viskozity),
- výměna oleje,
- kontrola stroje,
- kontrola těsnosti chlazení.

3 Tribodiagnostika - přehled strojů

Rozbory oleje se provádí na strojích s větší náplní oleje, často s kluznými ložisky. Většinou se jedná o klíčové stroje výroby:

- turbíny, turbokompresory a generátory,
- pístové kompresory,
- šroubové kompresory,
- převodovky,
- hydraulické systémy.

Turbíny, turbokompresory - doporučené rozbory

- viskozita při 40 ºC,
- obsah vody,
- bod vzplanutí,
- TAN,
- pěnivost,
- nečistoty dle ISO 4406,
- měkké kaly,
- aditiva (úbytek - fenol, amin),
- aditivační prvky + otěrové kovy (ty jen při menších objemech oleje).

U tohoto typu strojů je dobré dodržet hranice určené v ČSN ISO 14830-1 Tab.F2 Kritéria poplachu pro laboratorní zkoušky, případně tyto ještě zpřísnit. U velkých objemů nádrží je z rozboru zřejmý pouze stav oleje, stav stroje nelze z rozboru oleje leckdy detekovat.

Šroubové kompresory - doporučené rozbory

- viskozita při 40 ºC,
- obsah vody,
- TAN,
- bod vzplanutí,
- nečistoty dle ISO 4406,
- měkké kaly,
- aditivační prvky + otěrové kovy,

- případné další prvky či látky, které značí průnik media z pracovního prostoru do klikové skříně.

U tohoto typu strojů jsou hranice určené v ČSN ISO 14830-1 Tab.F2 Kritéria poplachu pro laboratorní zkoušky dobrý základ. Je však nutné přihlédnout ke stáří stroje, médiu, případě instrukcím z manuálu.

Převodovky - doporučené rozbory

- viskozita při 40 ºC,
- obsah vody,
- bod vzplanutí (dle typu media),
- TAN,
- nečistoty dle ISO 4406,
- aditivační prvky + otěrové kovy, zejména Fe.

U tohoto typu strojů je dobré dodržet hranice určené v ČSN ISO 14830-1 Tab.F2 Kritéria poplachu pro laboratorní zkoušky, případně tyto ještě zpřísnit.

Hydraulické systémy - doporučené rozbory

Hydraulické systémy nejsou klasickými stroji, jak je známe; je to systém, který umožňuje stroje pohánět - například pístnice, hydromotory apod.

- viskozita při 40 ºC,
- obsah vody,
- bod vzplanutí - volitelně,
- TAN,
- nečistoty dle ISO 4406,
- aditivační prvky + otěrové kovy.

U tohoto typu strojů je dobré dodržet hranice určené v ČSN ISO 14830-1 Tab.F2 Kritéria poplachu pro laboratorní zkoušky, případně tyto ještě zpřísnit.

Tento text nabízí stručný ucelený přehled pro základní nastavení tribodiagnostických procesů; není to dogma, že by se vše muselo dělat tak, jak je zde uvedeno.

PROVOZNÍ NÁPLNĚ VE STAVEBNÍCH STROJÍCH A VE STROJÍCH V TĚŽEBNÍM A DŮLNÍM PRŮMYSLU

Pavel RŮŽIČKA, Technické a odborné poradenství TechPor, Milovice [7]

1 Úvod

Cílem tohoto článku je podat základní informace týkající se provozních náplní ve stavebních strojích a ve strojích používaných v těžebním a důlním průmyslu. Důraz je kladen zejména na mobilní vozidla používaná ve stavebním, důlním a těžebním průmyslu. Provozní náplně u takových mobilních zařízení představují mazací oleje pro spalovací motory, převodové a hydraulické mechanismy a dále pak konzistentní plastická maziva. Uvedeny jsou informace týkající se rovněž současného trendu zaměřeného na snižování spotřeby energie jednotlivých agregátů pomocí maziv se sníženými vnitřními třecími účinky.

2 Typy mobilních strojů a mechanismů

Hlavním cílem při použití mobilních strojů a mechanismů je obvykle manipulace s materiály (doprava, přesouvání materiálů, resp. jejich těžba a úprava). Např. typickými vozidly a stroji jsou kolové nakladače a bagry (obr.1 a 2), vozidla pro dopravu vytěžené zeminy (obr.3), resp. válce upravující povrchy naneseného materiálu.



Obr.1 Mobilní mechanismy používané ve stavebnictví a důlním průmyslu

Hlavními agregáty v uvedených mechanismech jsou spalovací motory, převodové a hydraulické mechanismy, případně brzdová ústrojí (obr.2).

[7] Ing. Pavel Růžička, Ph.D., CTD
Technické a odborné poradenství TechPor
Armádní 891, 289 24 Milovice
mobil: +420 604 294 073, e-mail: ruzicka-pavel@seznam.cz



Obr.2 Mechanismy kolového nakladače

3 Motorové oleje pro spalovací motory

Spalovací motory zmíněných vozidel představují výkonné přeplňované spalovací motory (obr.3), jejichž spolehlivé dlouhodobé mazání vyžadují specifické motorové oleje. Kromě zajištění základního požadavku mazání (minimalizace třecích účinků, dlouhodobá životnost díky minimálním účinkům opotřebení součástí spalovacího motoru) jsou zvýšené nároky na minimální třecí odpory (motorové oleje typu FE - Fuel Economy) se zaměřením na úsporu energie a dále pak rovněž ekologické požadavky týkající se produkovaných emisí.





Obr.3 Extrémní zatížení součástí rozvodového mechanismu vyžadují motorové oleje vytvářející pevný mazací film

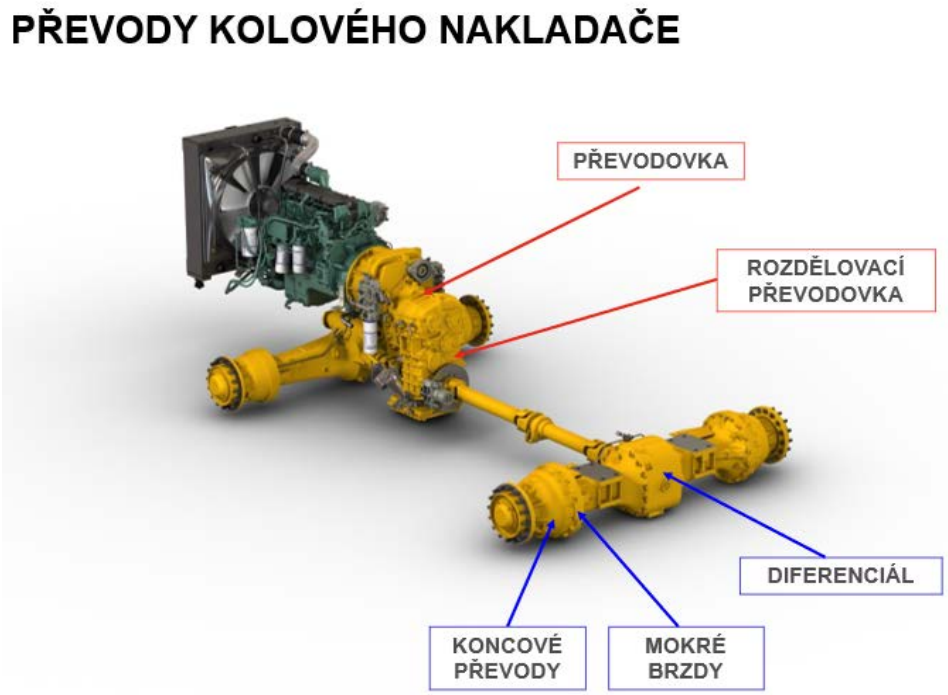
Dále je uveden typ syntetického motorového oleje s viskozitním rozsahem SAE 5W-30 (obr.4) a s výrazným efektem FE snižujícím spotřebu paliva spalovacího motoru.



Obr.4 Syntetický motorový olej s efektem FE - SAE 5W-30

4 Převodové oleje pro převodovky a diferenciály

Jak již bylo uvedeno, převodové mechanismy se skládají ze zvláštní převodovky, rozdělovací převodovky, koncových nápravových převodů a diferenciálu (obr.5).



Obr.5 Převodové mechanismy kolového nakladače

Převodové oleje pro převodovky, případně pro nápravové převody, tvoří v současné době stále více používané syntetické převodové oleje. Typickým olejem viskozitního rozsahu SA 75W-90 s FE efektem je olej s parametry na obr.6.

CHARAKTERISTIKY*

PARAMETR	JEDN.	METODA	HODNOTA
Hustota při 15°C	kg/m3	DIN 51757 D	866
Kinemat. Viskozita při 40°C	mm²/s	ASTM D445	101
Kinemat. Viskozita při 100°C	mm²/s	ASTM D445	15
Viskozitní index	-	ASTM D2270	157
Brookfield Viscosita při -40°C	cP	-	66000
Bod tekutosti	°C	ASTM D97	-51
Bod vzplanutí	°C	ASTM D92	190

Obr.6 Parametry syntetického převodového oleje s viskozitním rozsahem SA 75W-90

Pro diferenciály se používají převodové oleje s aditivací LS (Limited Slip). Ta zajišťuje náročné mazání při smykových pohybech převodů v diferenciálech (obr.7).

CHARAKTERISTIKY*

PARAMETR	JEDNOTKY	METODA	HODNOTA
Kinematic. viskozita při 40°C	mm^2/s	ASTM D445	154
Kinematic. viskozita při 100°C	mm^2/s	ASTM D445	16
Viskozitní index	-	ASTM D2270	108
Bod tekutosti	°C	ASTM D97	-36

Obr.7 Převodové oleje typu LS pro diferenciálové převody

5 Oleje pro hydraulické systémy a mokré brzdy

Hydraulické systémy stavebních strojů představují vysoce zatížené mechanismy. Proto používané hydraulické oleje mají obvykle zvýšený viskozitní index (obr.8) za účelem minimalizace změny viskozity a mazacího filmu s teplotním zatížením. Dalším požadavkem pak je snížený bod tekutosti za účelem provádění prací v zimních podmínkách, snadnější zajištění zimních startů apod.

Tech. parametry	METODY	JEDNOTKY	EQUIVIS HE		
			32	46	68
Vzhled	Vizuální	-	transparentní	transparentní	transparentní
Hustota při 15 °C	ASTM D 4052	g/cm^3	0,850	0,860	0,865
Kin. viskozita při 40 °C	ASTM D 445	mm^2/s	32	46	68
Kin. viskozita při 100 °C	ASTM D 445	mm^2/s	7,2	9,4	12,5
Viskozitní index	ASTM D 2270	-	185	185	185
Bod vzplanutí (OK)	ASTM D 92	°C	230	230	230
Bod tekutosti	ASTM D 97	°C	-45	-42	-39
Smyková stabilita, 100 °C, viskozitní ztráta	ASTM D 5621	%	7	8	9

Obr.8 Parametry hydraulických olejů viskozitních rozsahů ISO VG 32, 46 a 68 se zvýšeným viskozitním indexem

Na obr.9 jsou pak znázorněny parametry oleje viskozitního rozsahu 5W pro mazání mokrých brzd, resp. spojek, a posilovačů řízení

CHARAKTERISTIKY*

PARAMETR	JEDN.	METODA	HODNOTA
Kinematic. Viskozita při 40°C	mm²/s	ASTM D445	40.3
Kinematic. Viskozita při 100°C	mm²/s	ASTM D445	7.7
Viskozitní index	-	ASTM D2270	165
Bod tekutosti	°C	ASTM D97	-42
Bod vzplanutí	°C	ASTM D92	236

Obr.9 Parametry mazacího oleje typu 5W pro mazání mokrých brzd a posilovačů řízení

6 Závěr

Výše uvedené agregáty stavebních mechanismů vyžadují formulace maziv s vysokou úrovní technických parametrů. Stále častěji se proto v současnosti využívají formulace maziv na základě syntetických technologií.

PROČ ESTERY? VÍCE NEŽ JEN BIOLOGICKÁ ROZLOŽITELNOST

Jakub GRUNT, TotalEnergies Marketing ČR s.r.o., Praha [8]

Anotace

Biologicky rozložitelná maziva bývají někdy vnímána jako ekologická alternativa konvenčních olejů, u které je nutné přijmout určité omezení technických vlastností. Moderní syntetické estery však ukazují, že biologická rozložitelnost a vysoký tribologický výkon se nemusí vylučovat. Estery dnes nacházejí využití nejen v environmentálně citlivých aplikacích, ale také v leteckých turbínách, kompresorech, hydraulických systémech, průmyslových převodovkách nebo plastických mazivech. Jejich významnou předností je možnost cíleně ovlivňovat vlastnosti základového oleje prostřednictvím molekulární struktury. Biologická rozložitelnost přitom může představovat další přidanou hodnotu, nikoliv nutně hlavní důvod použití esteru.

1 Molekulární struktura rozhoduje

Estery vznikají reakcí karboxylových kyselin s alkoholy. Změnou obou výchozích složek lze ovlivnit vlastnosti výsledné molekuly.

Pro výrobu syntetických maziv jsou významné zejména diestery a estery neopentylpolyolů, běžně označované jako polyolestery. Mezi často používané polyoly patří:

- NPG - neopentylglykol, dvojsytný alkohol se dvěma hydroxylovými skupinami.
- TMP - trimethylolpropan, trojsytný alkohol používaný například pro přípravu TMP trioleátu.
- PE - pentaerythritol, čtyřsytný alkohol umožňující přípravu tetraesterů.

Tyto názvy ovšem neoznačují konkrétní základové oleje. Například TMP trioleát a TMP ester nasycených rozvětvených mastných kyselin mohou mít výrazně odlišnou oxidační stabilitu, viskozitu i nízkoteplotní charakteristiku.

Stejně důležitá je kyselá složka molekuly. Nenasycené mastné kyseliny mohou zlepšovat nízkoteplotní tekutost, ale přítomnost dvojných vazeb současně zvyšuje náchylnost k oxidaci. Nasycené a vhodně rozvětvené kyseliny umožňují dosáhnout jiného kompromisu mezi stabilitou, viskozitou a bodem tekutosti.

Výběr esteru proto nelze omezit na otázku, zda je syntetický nebo biologicky rozložitelný. Důležitější je jeho konkrétní chemická struktura.

2 Tribologické vlastnosti

Jednou z charakteristických vlastností esterů je jejich polarita. Na rozdíl od převážně nepolárních minerálních a PAO základových olejů obsahují estery polární funkční skupiny, které mohou interagovat s kovovými povrchy.

[8] Ing. Jakub Grunt, CTD
TotalEnergies Marketing ČR s.r.o.
Rohanské nábřeží 678/29, 186 00 Praha 8 - Karlín
mobil: +420 724 506 571, e-mail: jakub.grunt@totalenergies.com, https://totalenergies.com/

V režimu mezního mazání mohou adsorbované molekuly esteru přispívat ke snížení tření a omezení opotřebení. Tento efekt je důležitý zejména v aplikacích, kde nelze za všech provozních podmínek zajistit úplné oddělení kontaktních povrchů mazacím filmem.

Polarita však není vždy jednoznačnou výhodou. Esterové molekuly mohou například omezovat přístup některých AW/EP aditiv k aktivním místům, na kterých mají vytvářet ochranné tribochemické vrstvy. Tento mechanismus podrobně zkoumala studie publikovaná v Tribology Letters v roce 2025, která porovnávala nízkoviskózní PAO, pentaerythritolový polyolester, 2-ethylhexyl palmitát a jejich směsi s několika typy aditiv.

Dobře je tento efekt patrný na příkladu alkoxylovaného etherfosfátu (AEP). V samotném PAO4 snížila tato přísada součinitel tření z 0,330 na 0,097. Při použití stejného aditiva v pentaerythritolovém esteru se však součinitel tření zvýšil z 0,122 na 0,137. Výsledek je vysvětlen konkurenční adsorpcí esterových molekul a aditiv na kovovém povrchu. Roli mohou hrát také sterické překážky související s molekulární strukturou přísad a základového oleje. Analýza tribochemických vrstev pomocí ToF-SIMS potvrdila rozdíly v přítomnosti fosforu a síry na třecích površích, kdy u některých směsí esterů s PAO vznikaly výraznější ochranné vrstvy než u samotných esterových základových olejů.

3 Nové generace esterových základových olejů

Vývoj esterových základových olejů se posouvá i za rámec klasických NPG, TMP a PE esterů. Příkladem jsou komplexní polyolestery a estolidy. Komplexní estery umožňují prostřednictvím vhodné kombinace alkoholů a mono- či dikarboxylových kyselin upravovat molekulovou hmotnost, viskozitu a tribologické chování.

Konkrétní ukázku cíleného molekulárního návrhu přináší studie publikovaná v časopisu Tribology International v roce 2024. Autoři se zaměřili na zlepšení vlastností pentaerythritolových esterů pro letecké turbínové oleje, kde je nutné kombinovat nízkou viskozitu s vysokou únosností zatížení, protioděrovou ochranou a oxidační stabilitou. Namísto běžné úpravy délky mastných kyselin změnili strukturu samotného esteru. Část molekul pentaerythritolu propojili pomocí dikarboxylových kyselin, čímž vedle jednoduchých esterů vznikly i větší a složitější esterové molekuly s více esterovými vazbami.

Takto modifikované základové oleje vykazovaly oproti výchozímu esteru lepší únosnost zatížení a protioděrové vlastnosti při zachování nízké viskozity přibližně 5 $mm^2.s^{-1}$ při 100 °C. Současně dosahovaly příznivých výsledků oxidační stability a viskozitně-teplotního chování.

Další skupinou jsou estolidy, které vznikají propojováním vhodných mastných kyselin dalšími esterovými vazbami. Jejich molekulární architektura může omezovat krystalizaci a poskytovat příznivé nízkoteplotní chování.

Dalším směrem je využití druhotných surovin. Studie z roku 2026 zkoumala přípravu NPG, TMP a Di-TMP esterů z vedlejšího produktu rafinace palmového oleje. Konkrétní připravený NPG ester vykazoval dokonce viskozitní index 194 a bod vzplanutí 225 °C.

4 Biologická rozložitelnost: Jak se skutečně měří?

Biologická rozložitelnost není totéž, co původ z obnovitelných surovin.

Syntetický ester vyrobený z petrochemických surovin může být snadno biologicky rozložitelný. Naopak látka pocházející z rostlinného oleje nemusí automaticky splnit požadavky konkrétní biodegradační zkoušky.

Mezi základní postupy patří metody OECD 301, které hodnotí snadnou biologickou rozložitelnost. Při zkoušce se sleduje například uvolňování CO_2, spotřeba kyslíku nebo úbytek rozpuštěného organického uhlíku za definovaných podmínek.

Metoda	Sledovaný parametr
OECD 301 A	Úbytek DOC
OECD 301 B	Produkce CO_2
OECD 301 D	Spotřeba kyslíku
OECD 301 F	Respirometrická spotřeba kyslíku

Standardní délka zkoušky činí 28 dní. U příslušných metod se uplatňuje také desetidenní okno a další metodické podmínky. U metod sledujících CO_2 či spotřebu kyslíku jde o posouzení biologického odbourávání podle teoretické mineralizace nebo spotřeby kyslíku.

Pro maziva je důležité hodnotit nejen základový ester, ale také ostatní složky hotové formulace a její ekotoxicitu. Biologickou rozložitelnost proto nelze spolehlivě odvodit z chemického názvu nebo původu suroviny, ale je nutné ji prokázat odpovídající zkouškou.

5 FT-IR: Esterový olej vyžaduje jinou interpretaci

FT-IR spektroskopie patří mezi důležité metody tribodiagnostiky.

Pro estery je charakteristický výrazný absorpční pás karbonylové skupiny C=O, zpravidla přibližně v oblasti 1 750 ÷ 1 725 cm^{-1}. Další důležité pásy C–O vibrací se nacházejí v oblasti 1 300 ÷ 1 000 cm^{-1}.

Z těchto absorpcí lze dobře identifikovat esterové funkční skupiny. Samotné FT-IR však obvykle nestačí k jednoznačnému rozlišení konkrétních TMP, NPG a PE esterů bez referenčních spekter.

U minerálních olejů se karbonylová oblast často využívá ke sledování oxidačních produktů. Esterový olej však obsahuje intenzivní karbonylovou absorpci již v čerstvém stavu. Proto nelze automaticky použít stejné hodnocení oxidace jako u minerálních olejů.

ASTM E2412-23a obsahuje pro polyolesterové kapaliny samostatné oblasti sledování degradace, označované jako *Ester Base-Stock Breakdown I* (3 595 ÷ 3 500 cm^{-1}) a *II* (3 330 ÷ 3 150 cm^{-1}).

Ty souvisejí se změnami hydroxylových absorpcí při degradaci esterového oleje. Interpretaci může významně komplikovat přítomnost vody. V praxi je proto vhodné kombinovat FT-IR s měřením čísla kyselosti TAN, viskozity a obsahu vody. Důležité je mít také referenční spektrum čerstvého oleje. Samotný nárůst TAN totiž ještě nemusí jednoznačně rozlišit oxidační a hydrolytickou degradaci.

6 Estery v plastických mazivech

Esterové základové oleje mohou přinášet své výhody také do plastických maziv. Výsledné vlastnosti však závisí na jejich interakci se zpevňovadlem a aditivy. Polarita esteru může ovlivňovat strukturu maziva, odlučivost oleje, mechanickou stabilitu i čerpatelnost. Vývoj se přitom netýká pouze základových olejů, ale také alternativních zpevňovadel.

Studie z roku 2026 například použila polyhydroxyalkanoátové zpevňovadlo P34HB a porovnávala plastická maziva připravená ze čtyř různých esterových základových olejů. Nejlepších výsledků při testovaném tření a opotřebení dosáhla formulace s acetyltriethyl citrátem. Jde zatím především o laboratorní vývoj, který bude vyžadovat dlouhodobé provozní ověření. Výsledky naznačují, že další vývoj biologicky rozložitelných plastických maziv nemusí spočívat jen ve výměně minerálního oleje za ester, ale také ve vývoji nových zpevňovacích systémů.

7 Biologicky rozložitelný neznamená automaticky udržitelný

Z hlediska environmentálního hodnocení je důležité posuzovat také energetickou náročnost výroby a uhlíkovou stopu.

Studie publikovaná v roce 2026 v časopisu RSC Sustainability ukázala, že při hodnocení environmentálních vlastností syntetických esterů nestačí sledovat pouze biologickou rozložitelnost nebo samotný výrobní proces. Významná část dopadů vzniká již při výrobě výchozích mastných kyselin a polyolů, která u některých produktů představovala více než 80% dopadů ve vybraných environmentálních kategoriích. I biogenní suroviny přitom mohou mít výraznou environmentální stopu, například kvůli používání hnojiv, změnám využití půdy, energeticky náročnému zpracování rostlinných olejů nebo emisím z odpadních vod.

Nízká uhlíková stopa, biologická rozložitelnost a celkový environmentální profil proto nejsou totéž. Ester může mít dobrou biologickou rozložitelnost a nízkou uhlíkovou stopu, ale nemusí dosahovat stejně příznivých výsledků například z hlediska ekotoxicity nebo eutrofizace. Pro vývoj skutečně environmentálně přijatelných esterových maziv je proto nutné hodnotit nejen jejich chemickou strukturu a biologickou rozložitelnost, ale také původ surovin, efektivitu výroby a celý dodavatelský řetězec.

Případnou vyšší environmentální zátěž při výrobě esteru může v reálném provozu částečně vyvážit delší životnost maziva, delší výměnné intervaly a nižší opotřebení mazaných součástí.

8 Závěr

Syntetické estery nejsou jen ekologickou alternativou minerálních olejů, ale především vysoce výkonnými základovými oleji, jejichž vlastnosti lze cíleně přizpůsobit konkrétní aplikaci. Správně navržená formulace může kombinovat vysokou mazivost, široký teplotní rozsah a dlouhou životnost s dobrou biologickou rozložitelností. Moderní esterová maziva tak ukazují, že mezi technickým výkonem a environmentálními vlastnostmi nemusíme nutně volit, zásadní je však správná formulace a její ověření v podmínkách dané aplikace.

Literatura

[1] Wang, Y., et al. (2024). Synthesis, tribological properties and oxidative stability of polyol esters base oils containing pentaerythritol complex esters. In *Tribology International, 195, 109618*. Dostupné z: https://doi.org/10.1016/j.triboint.2024.109618

[2] Ademi, K., Wijanarko, W. and Espallargas, N. (2025). Toward Cost-Effective Environmentally Acceptable Lubricants: Influence of Synthetic Ester and Low-Viscosity Polyalphaolefin Blend Type on Additive Performance. In *Tribology Letters, 73, 61*. Dostupné z: https://doi.org/10.1007/s11249-025-01991-4

[3] Ijeoma, M. W., et al. (2026). From fossil to biobased: a life cycle assessment of commercial-scale polyol ester lubricant base oils. In *RSC Sustainability, 4*, 2337-2354. Dostupné z: https://doi.org/10.1039/D5SU00641D

DIGITÁLNÍ TRANSFORMACE V PRŮMYSLU - OD KONSTRUKCE PO VÝROBU

Vladimír GRMELA, SolidVision s.r.o., Brno [9]

Anotace

Kam směřuje svět CAD/CAM a PLM technologií? Jak digitalizace proměňuje práci konstruktérů, technologů a dalších profesí v průmyslových firmách?

Společnost SolidVision se již téměř 25 let věnuje technologiím CAD/CAM a PLM a jejich praktickému využití v průmyslu. Za tuto dobu prošel svět konstrukce, vývoje a výroby zásadní proměnou - od samostatných softwarových nástrojů k propojeným digitálním procesům. Digitalizace dnes zdaleka není jen záležitostí konstruktérů a technologů. Ovlivňuje práci programátorů CNC strojů, mistrů, obsluh strojů a pracovníků výroby, údržby i všech úrovní managementu.

Přednáška přiblíží současné možnosti digitalizace od prvotního návrhu a virtuálního prototypu až po reálnou výrobu. Nastíní také budoucí vývoj, roli automatizace a umělé inteligence i možné proměny technických profesí.

SolidVision dnes není pouze dodavatelem softwarových technologií, ale především průvodcem průmyslových společností na cestě digitální transformace.

(z rozhodnutí autora není ve sborníku celý text příspěvku publikován a zazní výhradně v rámci živého vystoupení autora v průběhu programu konference)

[9] Vladimír Grmela
Obchod CAD/CAM | Business Development & Sales Training
SolidVision, s.r.o.
Čechyňská 547/5, 602 00 Brno
tel.: +420 533 433 111, mobil: +420 605 264 137, e-mail: vladimir.grmela@solidvision.cz,
https://www.solidvision.cz/

SPOLUPRÁCE ŠKOL A PRŮMYSLU - INVESTICE DO BUDOUCNOSTI

Ivana HROMKOVÁ, SolidVision s.r.o., Brno [10]
Libor FROLICH, MERLIN-PLUS spol. s r.o., Hrušky [11]
Ondřej ŠVEC, OMA CZ, a.s., Stráž pod Ralskem [12]
Jakub GRUNT, TotalEnergies Marketing ČR s.r.o., Praha [13]
Josef KORČÁK, SŠTE Brno, Olomoucká, p.o., Brno [14]

Anotace

Jak propojit technické vzdělávání s potřebami průmyslu a připravit studenty na skutečnou praxi?

První části prezentace představuje EDU konferenci jako prostor pro rozvoj spolupráce škol, firem a institucí s důrazem na duální vzdělávání. Přibližuje také soutěže, odborné certifikace a společné projekty, kterými v SolidVision podporujeme technické dovednosti, týmovou spolupráci a pochopení celého procesu od návrhu po výrobu.

V druhé části prezentace se autoři věnují novému vzdělávacímu programu TRIBOTECHNIK JUNIOR, který se snaží studenty středních odborných škol seznámit s obory tribotechniky a tribodiagnostiky.

1 EDU konference jako prostor pro rozvoj spolupráce škol, firem a institucí

Co má absolventa naučit škola a co už by měla převzít firma? Jak studentům přiblížit skutečnou práci konstruktéra nebo technologa? A jak pedagogům umožnit držet krok s technologiemi, které se v průmyslu neustále vyvíjejí? Tyto otázky stojí v centru našich vzdělávacích aktivit v SolidVision. Jejich společným cílem je propojit technické vzdělávání s praxí a pomoci školám i firmám vytvářet podmínky pro přípravu budoucích odborníků.

[10] Ing. Ivana Hromková, Ph.D.
SolidVision, s.r.o.
Čechyňská 547/5, 602 00 Brno
mobil: +420 602 806 845, e-mail: ivana.hromkova@solidvision.cz, https://www.solidvision.cz/
[11] Libor Frolich, CTD.
MERLIN-PLUS spol. s r.o.
Polní 585, 691 56 Hrušky u Břeclavi
mobil: +420 737 662 364, e-mail: frolich@merlinplus.cz, https://www.merlinplus.cz/
[12] Ondřej Švec, DiS., CTD
technický ředitel
OMA CZ, a.s.
Borová 103, 471 27 Stráž pod Ralskem
mobil: +420 737 388 729, e-mail: osvec@omacz.cz, https://omacz.cz/cs/
[13] Ing. Jakub Grunt, CTD
TotalEnergies Marketing ČR s.r.o.
Rohanské nábřeží 678/29, 186 00 Praha 8 - Karlín
mobil: +420 724 506 571, e-mail: jakub.grunt@totalenergies.com, https://totalenergies.com/
[14] Mgr. Josef Korčák, MBA
Střední škola technická a ekonomická Brno, Olomoucká, příspěvková organizace
Olomoucká 1140/61, 627 00 Brno
mobil: +420 776 096 816, e-mail: josef.korcak@sstebrno.cz, https://www.sstebrno.cz/

Význam tohoto propojení je patrný také v oblasti výroby, provozu a údržby. Technické rozhodnutí nekončí vytvořením modelu nebo výrobního programu. Promítá se do vyrobitelnosti součásti, její funkce, životnosti i nároků na údržbu. Právě souvislosti mezi návrhem, výrobou a skutečným používáním výrobku by studenti měli poznávat již během studia. Spolupráce se zaměstnavateli jim umožňuje vidět, proč na těchto souvislostech záleží.

Významný prostor pro rozvoj spolupráce mezi školami, firmami a dalšími institucemi vytváří naše EDU konference. Letošní česko-slovenský ročník se uskutečnil 22. - 23. října 2026 na Fakultě strojního inženýrství VUT v Brně. Uspořádali jsme jej společně se společností Schier Technik Slovakia s.r.o., ve spolupráci s CERATIZIT ČR a SR a hostitelskou fakultou. Hlavním tématem bylo duální vzdělávání a praktická spolupráce technických škol s průmyslem. Na tuto tradici navážeme dalším ročníkem také v příštím roce.

Konferenci chápeme jako prostor, kde se potkávají zkušenosti pedagogů, potřeby zaměstnavatelů a pohled institucí. Duální vzdělávání přináší možnost systematicky propojit školní výuku s učením na pracovišti firmy. Aby však taková spolupráce měla skutečný vzdělávací přínos, potřebuje společně stanovené cíle, vedení studentů a zpětnou vazbu. Podstatné je, aby student rozuměl vykonávané práci, postupně získával samostatnost a dokázal své zkušenosti využít i v jiných situacích. Současně musí být spolupráce zvládnutelná pro pedagogy a firemní odborníky, kteří se mu věnují.

Program EDU konference proto propojuje odborné prezentace, zkušenosti škol, praktické ukázky a individuální technické konzultace. Nástroje SOLIDWORKS, SolidCAM, SWOOD, 3DEXPERIENCE a 3D skenování představujeme v návaznosti na konkrétní úkoly ve výuce. Pedagogové tak mohou hledat inspiraci, jak studenty provést cestou od prvního návrhu přes přípravu výroby až po hotový výrobek a jeho kontrolu.

Důležitou součástí jsou zkušenosti samotných škol. Zavedení nové technologie totiž nekončí pořízením licence nebo stroje. Vyžaduje čas na přípravu pedagogů, vhodná zadání a promyšlené začlenění do výuky. Sdílení zkušeností mezi kolegy pomáhá ukázat, co se osvědčilo, na jaké překážky mohou školy narazit a jak postupovat s ohledem na své možnosti.

Česko-slovenský formát nabízí příležitost porovnávat různé přístupy k technickému vzdělávání. K tématům, kterým se věnujeme, patří rozdělení odpovědnosti mezi školu a zaměstnavatele, kvalita odborné praxe, motivace studentů i podmínky dlouhodobé spolupráce. Prostor dostávají také nové technologie a otázka, co musí student umět, aby dokázal posoudit a ověřit výsledky práce digitálních nástrojů, včetně průmyslové AI.

Na tuto spolupráci navazují další aktivity, které se školami realizujeme. Patří mezi ně soutěže, například CzechSkills v oboru CAD designer, a soutěže v programování SolidCAM. Studentům dávají konkrétní cíl, příležitost porovnat své dovednosti a zkušenost s řešením úkolu v omezeném čase. Pedagogům zároveň přinášejí podněty pro výuku a možnost setkat se s kolegy z dalších škol.

V soutěži o průmyslový vysavač Freddy Micro Plus, kterou pořádáme s partnery CERATIZIT a Biko, studenti společně navrhují a vyrábějí zmenšený model soutěžního výrobku. Procházejí tak celým procesem od modelování přes přípravu obrábění až po výrobu a učí se rozdělit si úkoly, spolupracovat a dotáhnout projekt do konce.

Dalším nástrojem jsou odborné certifikace SOLIDWORKS a SolidCAM. Studentům i pedagogům umožňují ověřit znalosti a dovednosti podle stanovených požadavků a získat doklad o jejich úrovni. Ve spojení s vlastními projekty a praktickými zkušenostmi mohou absolventům pomoci při vstupu do zaměstnání. Školám poskytují konkrétní cíl, ke kterému lze výuku postupně směřovat.

Součástí naší práce jsou rovněž odborná setkání, exkurze, ukázky technologií a podpora pedagogů při zavádění softwaru do výuky. Příkladem je Den pro školy v Technickém centru CERATIZIT, kde studenti poznávají návaznost digitální přípravy na obrábění přímo na strojích. Osobní kontakt s odborníky jim pomáhá pochopit nároky jednotlivých profesí a představit si vlastní budoucí uplatnění.

Smyslem těchto aktivit je vytvářet dlouhodobé vztahy. Školám mohou přinést přístup k odborníkům, technologiím a reálným zadáním. Firmám umožňují poznat budoucí zaměstnance a podílet se na rozvoji dovedností, které potřebují. Studenti díky tomu získávají jasnější představu o tom, proč se jednotlivé znalosti učí a kde je využijí.

Skutečný přínos EDU konference proto vidíme především v tom, co na ni navazuje: ve společném projektu, nové praxi, stáži pedagoga nebo zadání, které student dovede až k funkčnímu výrobku. Právě tak se setkání školy a firmy proměňuje v konkrétní příležitost pro budoucí techniky.

2 TRIBOTECHNIK JUNIOR - brána do světa moderní tribotechniky pro středoškoláky

Vzdělávací program **TRIBOTECHNIK JUNIOR** nabízí studentům středních odborných škol jedinečnou možnost ponořit se do fascinujícího světa tribotechniky a tribodiagnostiky, tedy oborů, které jsou základem moderní údržby a spolehlivosti strojních zařízení. Tento program byl vytvořen ve spolupráci s odborníky z praxe a pedagogy technických škol s cílem doplňovat a rozvíjet současné kurikulum technického vzdělávání.

Kurzy kombinují teoretické základy s praktickými dovednostmi, které jsou aplikovány přímo v reálném průmyslovém prostředí. Díky propojení výuky s praxí získávají studenti konkrétní zkušenosti, které využijí jak při dalším studiu, tak i při nástupu do zaměstnání.

Program vychází z úspěšného pilotního zavedení výuky tribotechniky na Střední škole technické a ekonomické v Brně, kde probíhá již čtvrtým rokem. Díky rostoucímu zájmu a vynikajícím výsledkům se nyní otevírá možnost celostátního rozšíření a progresivního rozvoje.

2.1 Cíl programu

Cílem programu TRIBOTECHNIK JUNIOR je vytvořit plnohodnotný vzdělávací model určený pro střední školy, který zahrnuje:

- výukové materiály a podpory,
- školení pedagogů,
- přímé propojení s praxí a odborníky.

Součástí programu je také možnost složení certifikační zkoušky, která studentům poskytne oficiální doklad o jejich odborných znalostech v oblasti tribotechniky.

Tato certifikace může studentům usnadnit přijetí na technicky zaměřené vysoké školy a zároveň zvýšit jejich uplatnitelnost na trhu práce.

Autoři programu již mají pro aktuální ročník zajištěnou záštitu ATD ČR, z.s., Ministerstva průmyslu a obchodu ČR (MPO) a dále usilují o získání záštity Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy ČR (MŠMT).

2.2 Výhody programu pro studenty

- Ovládnutí specifických znalostí v oblasti maziv, tření, opotřebení a diagnostiky strojů.
- Interaktivní kurzy s praktickými úlohami a přímým kontaktem s profesionální technikou.
- Možnost účasti na odborných přednáškách a mentoring od specialistů z praxe.
- Pochopení propojení mezi teorií a skutečným fungováním zařízení.

2.3 Přínosy pro vzdělávací systém a stát

- Posílení kvality a atraktivity technického vzdělávání na středních školách.
- Podpora konkurenceschopnosti mladých odborníků na českém i evropském trhu práce.
- Rozvoj spolupráce mezi školami, firmami a vysokými školami.
- Identifikace a podpora talentovaných žáků v oblasti techniky a průmyslové diagnostiky.

SPECIFIKA MAZÁNÍ LODNÍCH DVOUTAKTNÍCH MOTORŮ V PODMÍNKÁCH NÍZKÝCH PROVOZNÍCH TEPLOT

Pavel UNIVERSAL, TotalEnergies Marketing Česká republika s.r.o., Praha [15]

Anotace

Provozní teplota motoru zásadně ovlivňuje požadavky na formulaci mazacích olejů pro dvoutaktní motory. Většina benzínových lodních motorů je chlazena přímým odběrem okolní vody a pracuje při výrazně nižších teplotách než běžné kapalinou chlazené dvoutaktní motory. Tyto podmínky vedly k vývoji specializovaných olejů specifikace NMMA TC-W3, které jsou optimalizovány pro omezení tvorby úsad a spolehlivé mazání při relativně nízkých provozních teplotách.

Přednáška vysvětlí rozdíly mezi oleji TC-W3 a oleji klasifikovanými podle JASO FD nebo ISO-L-EGD, určenými pro tepelně více zatěžované dvoutaktní motory. Pozornost bude věnována vlivu provozní teploty na spalování oleje, tvorbu karbonových úsad, čistotu pístní skupiny a životnost motoru.

Současně se zaměří na esterové biologicky odbouratelné oleje, které vedle příznivějšího environmentálního profilu nabízejí také vysokou mazací schopnost a přirozené detergentní vlastnosti. Budou prezentovány jejich přínosy pro lodní dvoutaktní motory, zejména z hlediska čistoty motoru, omezení tvorby úsad a dlouhodobé provozní spolehlivosti.

Přednáška propojí teoretické poznatky o mazání dvoutaktních motorů s praktickými zkušenostmi z provozu lodních aplikací.

(z rozhodnutí autora není ve sborníku celý text příspěvku publikován a zazní výhradně v rámci živého vystoupení autora v průběhu programu konference)

[15] Pavel Universal, CTD
TotalEnergies Marketing Česká republika s.r.o.
Rohanské nábřeží 678/29, 186 00 Praha 8 - Karlín
mobil: +420 604 294 079, e-mail: pavel.universal@totalenergies.com, https://totalenergies.cz/



MOTOROVÉ OLEJE

TotalEnergies

HYBRID COMPATIBLE

www.totalenergies.cz

„PROČ?“ - JAKOU POZICI MÁ DIAGNOSTIKA V ROZHODOVACÍCH PROCESECH A RŮZNÝCH INDEXECH

Václav STRAKA, „TMV SS“ spol. s r.o., Praha [16]

Anotace

Pro predikci stavu a životnostních charakteristik se začaly masivně využívat přístupy využívající parametry označované jako Risk index a Health index. Tento přístup akceleroval ještě výrazněji s nástupem nástrojů AI. Jednotlivé kroky využívající multikriteriální hodnocení opticky často převažují nad dříve fundamentálním zdrojem informací, kterým byla diagnostika jednotlivých prvků. Role diagnostiky může v současnosti vypadat marginálně, nicméně její úloha je nezastupitelná. Příspěvek představuje možné přístupy k tvorbě indexů s důrazem na pozici diagnostiky v těchto procesech.

(z rozhodnutí autora není ve sborníku celý text příspěvku publikován a zazní výhradně v rámci živého vystoupení autora v průběhu programu konference)

[16] Ing. Václav Straka, CTD
"TMV SS" spol. s r.o.
Studánková 395, 149 00 Praha 4 - Újezd
tel.: +420 272 942 720, e-mail: vaclav.straka@tmvss.cz, http://www.tmvss.cz

LZE NAHRADIT LABORATORNÍ ANALÝZU ROPNÝCH DESTILÁTŮ RAMANOVOU SPEKTROSKOPIÍ?

Daniel MAXA, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [17]
Lea ČERVENKOVÁ, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [18]
František KESNER, Nicolet CZ s.r.o., Praha [19]

Anotace

Normované laboratorní zkoušky středních ropných destilátů jsou časově náročné a pro potřeby operativního řízení rafinérských procesů zpravidla nedostatečně rychlé. Tento příspěvek shrnuje výsledky studie ověřující, zda lze tyto zkoušky nahradit rychlou a nedestruktivní Ramanovou spektrometrií v kombinaci s chemometrickým zpracováním dat. Na souboru 153 primárních destilátů rozdělených do pěti destilačních frakcí (95 ÷ 180 ºC až 350 ÷ 380 ºC) byla naměřena Ramanova spektra kontinuálním Ramanovým procesním analyzátorem MarqMetrix All-In-One (785 nm) a Ramanovým spektrometrem PicoRaman M3 s časově rozlišenou detekcí potlačující fluorescenci (532 nm), a multivariační metodou PLS byly sestaveny modely pro predikci chemického složení a fyzikálně-chemických a palivářských vlastností. Hlavní překážkou tvorby kvalitních modelů byla fluorescence vzorků, jejíž intenzita rostla s destilačním rozmezím a u nejtěžších frakcí mnohdy byla fluorescence intenzivnější než Ramanův signál. Spolehlivé predikce byly dosaženy pro oktanové a cetanové číslo, obsah aromatických sloučenin, hustotu a obsah síry; u řady dalších parametrů, zejména u těžších frakcí, zůstala predikční síla modelů nízká. Hlavní příčinou byla velká variabilita primárních destilátů (různé typy rop, odlišná barevnost vzorků); u chemicky stálejších rafinovaných finálních produktů, jako je benzín nebo motorová nafta, se Ramanova spektrometrie podle publikovaných aplikačních studií v provozní praxi osvědčuje jako plnohodnotná on-line náhrada laboratorní analýzy.

Klíčová slova: Ramanova spektrometrie, chemometrie, metoda PLS, střední ropné destiláty, fluorescence, on-line procesní analýza

Co si z článku odnést:

- Ramanova spektrometrie dokáže z jediného spektra za pár sekund odhadnout několik parametrů současně, např. oktanové a cetanové číslo, obsah aromátů, hustotu i obsah síry.
- U primárních destilátů metodu limituje fluorescence, která roste s destilačním rozmezím a liší se podle typu ropy.

[17] Ing. Daniel Maxa, Ph.D.
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav udržitelných paliv a zelené chemie
tel.: +420 220 444 254, e-mail: daniel.maxa@vscht.cz, https://www.vscht.cz/
[18] Bc. Lea Červenková
Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Ústav udržitelných paliv a zelené chemie
[19] RNDr. František Kesner, Ph.D.
Nicolet CZ s.r.o.
Křelovická 970/6, 104 00 Praha 10
mobil: +420 603 554 788, e-mail: kesner@nicoletcz.cz, https://nicoletcz.cz/

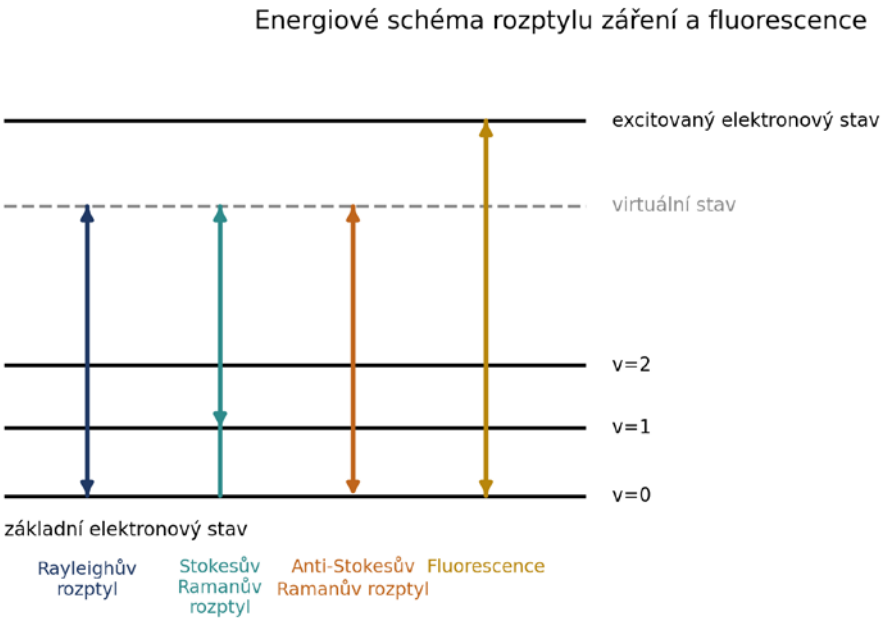
- U hotových paliv (benzín, nafta) je Raman v provozu dlouhodobě používanou on-line metodou.
- Časově rozlišená detekce fluorescenci významně potlačí, ale zcela ji neodstraní.

1 Úvod

Představte si, že místo hodin čekání na výsledky z laboratoře byste znali cetanové číslo nebo obsah síry ve vzorku prakticky okamžitě, přímo u procesní linky - to je slib, který dnes nabízí Ramanova spektrometrie. Kvalita středních ropných destilátů (petrolejů, motorové nafty a příbuzných frakcí) se ověřuje řadou normovaných zkoušek - destilační zkouškou, stanovením hustoty, viskozity, cetanového čísla, bodu vzplanutí, obsahu síry a aromatických sloučenin a dalších parametrů. Tyto zkoušky jsou zpravidla přesné, ale časově náročné a nevhodné pro rychlou zpětnou vazbu při řízení technologických procesů, jako je míšení paliv, hydrokrakování nebo reforming. Alternativou je využití vibrační spektroskopie ve spojení s chemometrickými metodami: z jediného spektra lze po sestavení vhodného regresního modelu odhadnout hodnoty více vlastností současně, rychle a bez úpravy či spotřeby vzorku [1, 2, 3]. Ramanova spektrometrie je pro tento účel zajímavá zejména díky možnosti měření přes optické vlákno přímo v procesním proudu [4]. Cílem této práce bylo ověřit, zda Ramanova spektrometrie v kombinaci s chemometrickým modelováním metodou PLS umožňuje nahradit laboratorní analýzu vybraných vlastností primárních ropných destilátů, a porovnat k tomuto účelu konvenční kontinuální a časově rozlišený (time-gated) způsob měření.

2 Ramanova spektrometrie ropných frakcí a problém fluorescence

Naprostá většina fotonů dopadajícího záření se od vzorku rozptýlí beze změny energie (Rayleighův rozptyl); přibližně jeden foton z $10^6 \div 10^8$ je rozptýlen neelasticky, se ziskem nebo ztrátou energie odpovídající vibračnímu přechodu v molekule (Stokesův, resp. anti-Stokesův Ramanův rozptyl) [1]. Poloha a intenzita Ramanových pásů proto nesou přímou informaci o chemické struktuře vzorku [1, 9]. Volba excitační vlnové délky je vždy kompromisem mezi intenzitou Ramanova signálu, který roste se čtvrtou mocninou frekvence záření, a rizikem vybuzení fluorescence [5, 6]. U ropných frakcí je toto riziko vysoké: polyaromatické a heteroatomární sloučeniny obsažené ve vzorku po ozáření viditelným nebo blízkým infračerveným zářením emitují širokopásmovou fluorescenci o intenzitě řádově vyšší než Ramanův signál [8, 12], která Ramanovo spektrum zcela nebo částečně překryje, v krajním případě může dojít až k přesycení detektoru [7]. Intenzita fluorescence u ropných produktů roste s destilačním rozmezím frakce, tedy s obsahem těžších polyaromátů a heteroatomárních sloučenin [13, 15]. Fluorescenci lze částečně potlačit volbou nižší excitační energie, úpravou výkonu laseru a doby expozice [6, 10], případně užitím časově rozlišené (tzv. time-gated) detekce: Ramanův rozptyl proběhne ve srovnání s fluorescencí prakticky okamžitě (řádově 10^{-12} s) [14], zatímco dosvit fluorescence trvá řádově nanosekundy [8]. Snímání spektra v úzkém časovém okně bezprostředně po excitačním pulzu proto umožňuje zachytit převážně Ramanův signál a významnou část fluorescenčního pozadí odfiltrovat [11].



Obr.1 Schematické znázornění Rayleighova a Ramanova rozptylu a fluorescence

3 Chemometrické zpracování dat metodou PLS

Chemometrie využívá matematické a statistické postupy k nalezení vztahu mezi rozsáhlými soubory instrumentálních dat, jako jsou Ramanova spektra, a sledovanou vlastností vzorku [18, 19, 21]. Na rozdíl od klasické kalibrace (jedna veličina → jedna vlastnost) pracuje chemometrický model současně se stovkami až tisíci proměnných (vlnočty spektra). Nejpoužívanější regresní metodou je PLS (Partial Least Squares) [22, 30], která hledá omezený počet latentních faktorů popisujících společně strukturu spektrální matice a sledovanou vlastnost, čímž řeší problém velkého počtu vzájemně korelovaných proměnných, obdobně jako příbuzná metoda PCR založená na regresi na hlavní komponenty [20]. Před vlastní tvorbou modelu se spektra obvykle předzpracovávají - úpravou základní linie, vyhlazením metodou Savitzky-Golay [23], normalizací typu Standard Normal Variate [24] nebo derivací - s cílem potlačit vliv fluorescenčního pozadí a nespecifického rozptylu a zvýraznit informaci obsaženou v Ramanových spektrech. Kvalita modelu se hodnotí parametrem PRESS, chybami RMSEC a RMSECV a koeficienty determinace kalibrace (R^2C) a křížové validace (R^2CV); výrazný rozdíl mezi R^2C a R^2CV signalizuje přeučení modelu [25 - 29] - jinými slovy model dobře popisuje vzorky, na kterých byl vytvořen, ale selhává při predikci nových, dosud neměřených vzorků.

4 Experimentální část

Soubor tvořilo 153 vzorků primárních destilátů z různých typů rop, rozdělených do pěti skupin podle jejich destilačního rozmezí: 95 ÷ 180 ºC (32 vzorků), 180 ÷ 240 ºC (30), 240 ÷ 300 ºC (30), 300 ÷ 350 ºC (30) a 350 ÷ 380 ºC (31). Spektra byla měřena dvěma přístroji, které se liší způsobem, jakým potlačují fluorescenci vzorku.

Konvenční kontinuální analyzátor MarqMetrix All-In-One (obr.2, Thermo Fisher Scientific) je kompaktní procesní Ramanův spektrometr určený pro nasazení přímo

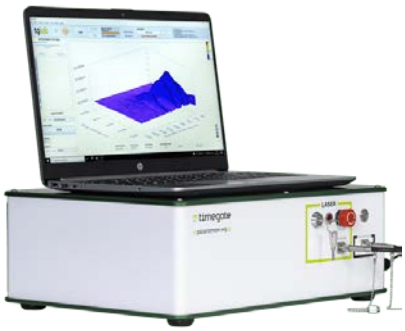
v provozu - laser, optika i detektor jsou integrovány do jednoho přenosného stolního celku o rozměrech zhruba 25 × 25 × 8 cm. Měření probíhá kontinuálně s excitačním laserem o vlnové délce 785 nm; tato vlnová délka představuje běžně používaný kompromis mezi silou Ramanova signálu a rizikem vybuzení fluorescence. Ke vzorku je připojen ponornou sondou s vláknovou optikou (MarqMetrix BallProbe), takže lze měřit přímo v proudu kapaliny bez odběru a úpravy vzorku. Výrobce uvádí přístroj jako vhodný pro nepřetržité procesní monitorování a certifikovaný pro provoz i v prostředí s nebezpečím výbuchu (ATEX/IECEx), což odpovídá běžným požadavkům na instrumentaci v rafineriích [17, 34].

Ramanův spektrometr PicoRaman M3 (obr.3, Timegate Instruments) realizuje princip potlačení fluorescence popsaný v kap.2 - detekci Ramanova signálu v úzkém časovém okně bezprostředně po excitačním pulzu. Přístroj pracuje s pulzním laserem o vlnové délce 532 nm a je stejně jako MarqMetrix koncipován jako kompaktní, přenosné stolní zařízení bez nutnosti úpravy vzorku, ke kterému lze připojit různé typy sond (ponorné, průtočné i bezkontaktní) podle charakteru měřeného proudu. Oproti konvenčnímu měření je navíc odolný vůči okolnímu osvětlení a tepelnému záření vzorku, což zjednodušuje jeho instalaci v provozním prostředí [33, 35].

Naměřená spektra byla zpracována v softwaru TQ Analyst [16], kde byly po předzpracování (kap.3) [23, 24] pro každou vlastnost a každou frakci samostatně vytvořeny PLS regresní modely; oddělené modelování frakcí bylo nutné vzhledem k výrazné odlišnosti jejich spekter. Počet použitých latentních faktorů byl volen podle minima křivky PRESS [28] a kvalita modelů byla ověřena metodou křížové validace typu leave-one-out [26, 29].



Obr.2 Procesní Ramanův analyzátor MarqMetrix All-In-One (Thermo Fisher Scientific)

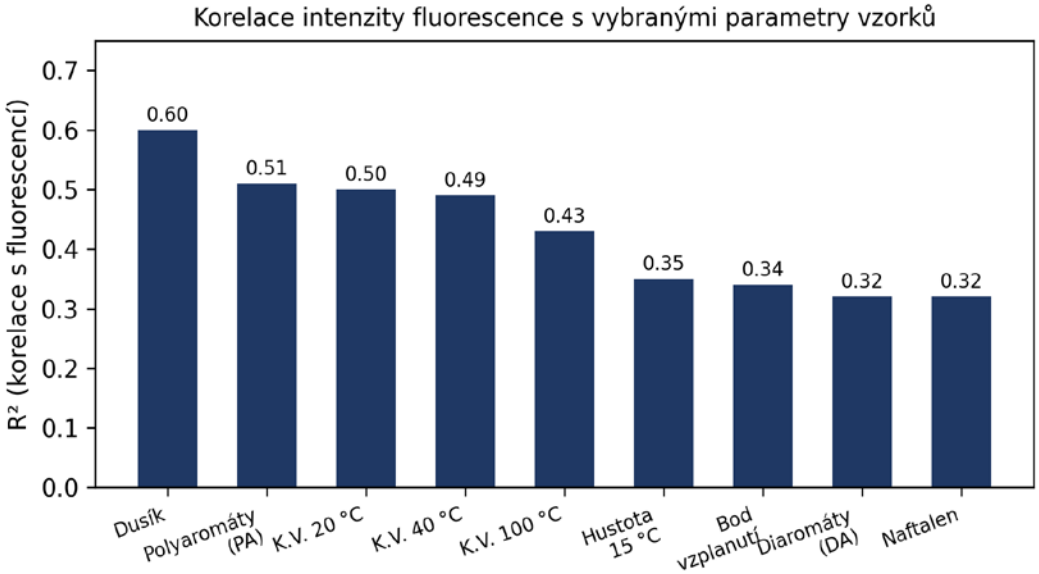


Obr.3 Ramanův spektrometr PicoRaman M3 (Timegate Instruments)

5 Výsledky a diskuse

5.1 Fluorescence a její souvislost s vlastnostmi vzorku

Spektra nejlehčích frakcí (95 ÷ 180 ºC) vykazovala jen minimální fluorescenční pozadí a dobře rozlišená Ramanova spektra; s rostoucím destilačním rozmezím fluorescence viditelně narůstala a u nejtěžších frakcí (350 ÷ 380 ºC) byla Ramanova pásma z velké části fluorescencí překryta, u části vzorků až na hranici saturace detektoru [7]. Korelační analýza ukázala, že intenzita fluorescence nejsilněji souvisí s obsahem dusíkatých sloučenin, polyaromátů a s kinematickou viskozitou vzorku (obr.4), což odpovídá očekávání, že fluorescenci u ropných produktů budí především kondenzované aromatické a heteroatomární struktury [12, 13]. Nárůst fluorescence byl patrný i pouhým okem - vzorky s vyšším destilačním rozmezím byly zpravidla výrazně tmavší a barevnější, což koresponduje s vyšším obsahem polárních a aromatických sloučenin a může sloužit jako rychlý orientační indikátor vhodnosti vzorku pro měření Ramanovou spektrometrií. Optimalizace podmínek měření (výkon laseru, integrační doba, počet zprůměrovaných spekter) u konvenčního přístroje MarqMetrix AIO snížila šum, ale intenzitu fluorescence prakticky neovlivnila [6, 10]. Časově rozlišené měření přístrojem PicoRaman M3 fluorescenci podstatně, avšak ne zcela, potlačilo - zejména u nejtěžších frakcí zůstalo pozadí stále výrazné [11].



Obr.4 Korelace intenzity fluorescence s vybranými parametry vzorků

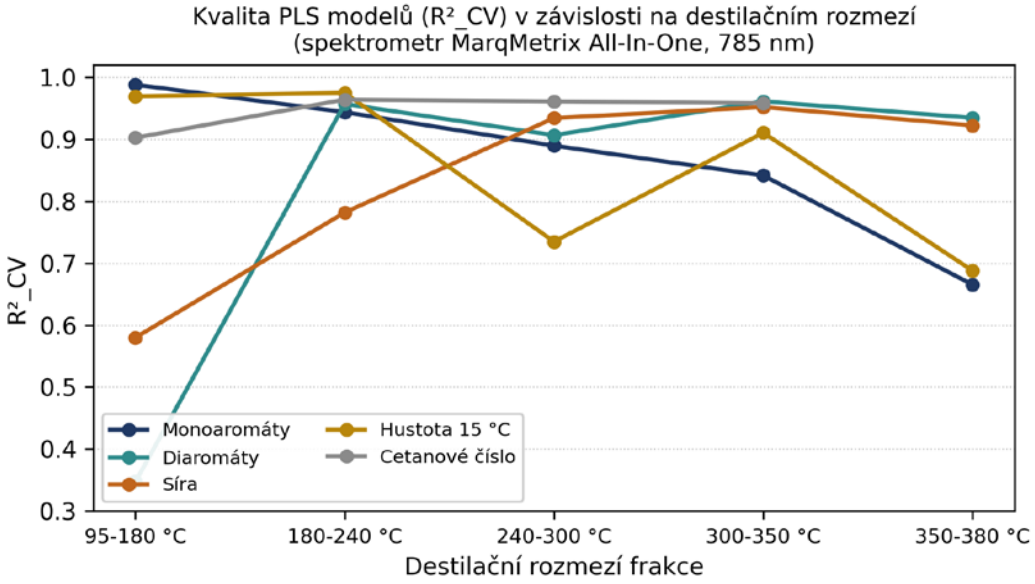
5.2 Kvalita chemometrických modelů

Modely sestavené z Ramanových spekter obou přístrojů poskytovaly navzájem srovnatelnou kvalitu. Napříč všemi frakcemi byly spolehlivě predikovatelné oktanové a cetanové číslo, obsah mono-, di- a polyaromátů, obsah síry a hustota při 15 ºC (R^2CV převážně 0,6 ÷ 0,95, tab.1); u frakce 300 ÷ 350 ºC navíc obsah nasycených látek a aromátů ze skupinové SARA analýzy. Kvalita modelů se s rostoucím destilačním rozmezím obecně zhoršovala (obr.5) v důsledku narůstající fluorescence, která potlačuje podíl chemické informace v Ramanově spektru, což se v křivkách PRESS projevovalo nestabilitou a rozdílem mezi kalibrací a validací typickým pro

přeučené modely [26]. Naopak trvale nízkou predikční sílu vykazovaly modely pro obsah dusíku, číslo kyselosti (TAN), bod zákalu, filtrovatelnost (CFPP), bod tekutosti, bod krystalizace, obsah chloru a merkaptanické síry, kde je třeba počítat buď se slabou spektrální odezvou dané vlastnosti, nebo s převažujícím vlivem fluorescenčního pozadí. Značně omezujícím faktorem byl rovněž nízký počet kalibračních standardů (přibližně 25 na frakci a přístroj), který snižoval robustnost modelů.

Tab.1 Souhrn spolehlivosti predikce vybraných vlastností ropných destilátů Ramanovou spektrometrií

Spolehlivě predikované vlastnosti	Vlastnosti s nízkou predikční silou
Oktanové číslo, cetanové číslo, mono-/di-/polyaromáty, obsah síry, hustota při 15 °C; u frakce 300 ÷ 350 ºC i nasycené látky a aromáty (SARA)	Obsah dusíku, číslo kyselosti (TAN), bod zákalu, CFPP, bod tekutosti, bod krystalizace, celkový chlor, merkaptanická síra, karbonizační zbytek (MCRT), bod vzplanutí



Obr.5 Vývoj kvality modelů (R²CV) v závislosti na destilačním rozmezí frakce

Podobných výsledků pro predikci vlastností motorové nafty metodou vibrační spektroskopie (kombinace FTIR-ATR a FT-Raman) dosáhli i Marinović a kol. [32], přičemž díky použití FT-Raman s nízkoenergetickou excitací, která fluorescenci významně potlačuje, získali spolehlivé modely i pro viskozitu a obsah polyaromátů - volba instrumentace tak může rozhodujícím způsobem rozšířit okruh predikovatelných vlastností. Obdobně byla blízká infračervená spektroskopie úspěšně využita pro on-line klasifikaci ropných produktů [31].

5.3 Lze Ramanovou spektrometrií nahradit laboratorní analýzu?

Z dosažených výsledků vyplývá, že odpověď na otázku v názvu příspěvku je vesměs kladná - záleží ovšem na volbě vzorku. Pro vybrané parametry (oktanové a cetanové číslo, obsah aromátů, obsah síry, hustota) v rámci homogenní skupiny

vzorků odpovídajícího destilačního rozmezí je Ramanova spektrometrie ve spojení s PLS modelováním schopna nahradit klasickou laboratorní analýzu rychlým a nedestruktivním on-line měřením [4]. Univerzální model použitelný napříč všemi frakcemi primárních destilátů sestavit nešlo: tyto vzorky pocházejí z různých typů rop, výrazně se liší barevností a s rostoucím destilačním rozmezím u nich prudce narůstá fluorescence, takže je nutná samostatná kalibrace pro každé destilační rozmezí a u některých parametrů zůstává predikční síla modelů nízká.

Tento výsledek ale nesnižuje využitelnost Ramanovy spektrometrie obecně - spíše ukazuje na její citlivost na variabilitu vstupního materiálu. U hotových, chemicky stálejších produktů, jako je benzín, motorová nafta nebo letecký petrolej, Ramanova spektrometrie v provozní praxi dlouhodobě funguje jako plnohodnotná náhrada laboratorní analýzy [36, 37]. U primárních destilátů je proto vhodné cílit nasazení metody na ty kombinace parametru a frakce, kde se osvědčila, a její robustnost dále zvyšovat rozšířením kalibračních souborů [25, 29] a použitím instrumentace s výraznějším potlačením fluorescence, například FT-Raman spektrometrie [32].

6 Závěr

Na souboru primárních ropných destilátů se ukázalo, že Ramanova spektrometrie ve spojení s chemometrickým PLS modelováním dokáže rychle a bez zásahu do vzorku predikovat řadu důležitých vlastností - oktanové a cetanové číslo, obsah aromátů, hustotu i obsah síry - a to jak konvenčním, tak časově rozlišeným způsobem měření. Hlavní komplikací byla velká variabilita vstupního materiálu: primární destiláty pocházejí z různých typů rop, výrazně se liší barevností a s rostoucím destilačním rozmezím u nich prudce narůstá fluorescence, což u některých parametrů a těžších frakcí bránilo sestavení spolehlivého modelu.

Tato zkušenost by ale neměla vést k závěru, že Ramanova spektrometrie na on-line analýzu paliv nestačí - spíše ukazuje, že je třeba dobře zvolit typ vzorku. U rafinovaných frakcí s nízkým obsahem heteroatomů a polárních látek, jako jsou motorová paliva nebo složky pro jejich mísení, se Ramanova spektrometrie v praxi dlouhodobě osvědčuje: aplikační studie s přístrojem MarqMetrix All-In-One na téměř 300, resp. 127 vzorcích hotových paliv prokázaly spolehlivou predikci hustoty, tlaku par, oktanového i cetanového čísla, bodu vzplanutí i destilačních parametrů přímo v procesním proudu, s přesností predikce např. u oktanového čísla benzínu na úrovni přibližně ±0,3 jednotky a u cetanového čísla nafty přibližně ±0,4 jednotky [36, 37]. Ramanova spektrometrie je tak v oblasti zpracování paliv a maziv reálně použitelnou on-line metodou.

Literatura

[1] Smith, E.; Dent, G. Modern Raman Spectroscopy - A Practical Approach; Wiley, 2004. DOI: https://doi.org/10.1002/0470011831.ch1.

[2] Colthup, N. Introduction to Infrared and Raman Spectroscopy, 2nd ed.; Elsevier Science & Technology, 1975. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-182552-2.X5001-3.

[3] Schrader, B. Infrared and Raman Spectroscopy; Wiley, 1995. DOI: https://doi.org/10.1002/9783527615438.ch03.

[4] Jones, R. R.; Hooper, D. C.; Zhang, L.; Wolverson, D.; Valev, V. K. Raman Techniques: Fundamentals and Frontiers. Nanoscale Res. Lett. 2019, 14 (1). DOI: https://doi.org/10.1186/s11671-019-3039-2.

[5] Illy, E.; Karlsson, H. How to choose a laser for Raman spectroscopy. Laser Focus World, 2018. https://www.laserfocusworld.com/lasers-sources/article/16555207/how-to-choose-a-laser-how-to-choose-a-laser-for-raman-spectroscopy (cit. 2026-06-02).

[6] Bowie, B. T.; Chase, D. B.; Griffiths, P. R.; Pont, D. Factors Affecting the Performance of Bench-Top Raman Spectrometers. Part I: Instrumental Effects. Appl. Spectrosc. 2000, 54 (5). DOI: https://doi.org/10.1366/0003702001949924.

[7] Nardecchia, A.; Motto-Ros, V.; Duponchel, L. Saturated signals in spectroscopic imaging: why and how should we deal with this regularly observed phenomenon? Anal. Chim. Acta 2021, 1157. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aca.2021.338389.

[8] Lakowicz, J. R. Principles of Fluorescence Spectroscopy, 2nd ed.; Springer, 1999. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-46312-4.

[9] Käll, M.; Xu, H.; Johansson, P. Field enhancement and molecular response in surface-enhanced Raman scattering and fluorescence spectroscopy. J. Raman Spectrosc. 2005, 36 (6-7). DOI: https://doi.org/10.1002/jrs.1357.

[10] Bowie, B. T.; Chase, D. B.; Griffiths, P. R.; DuPont, N. Factors Affecting the Performance of Bench-Top Raman Spectrometers. Part II: Effect of Sample. Appl. Spectrosc. 2000, 54 (6). DOI: https://doi.org/10.1366/0003702001950175.

[11] Kostamovaara, J.; Tenhunen, J.; Kögler, M.; Nissinen, I.; Nissinen, J.; Keränen, P. Fluorescence suppression in Raman spectroscopy using a time-gated CMOS SPAD. Opt. Express 2013, 21 (25). DOI: https://doi.org/10.1364/OE.21.031632.

[12] Hou, Y.; Li, Y.; Liu, Y.; Li, G.; Zhang, Z. Effects of polycyclic aromatic hydrocarbons on the UV-induced fluorescence spectra of crude oil films on the sea surface. Mar. Pollut. Bull. 2019, 146. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.058.

[13] Michaelian, K. H.; Yuan, H.; Hall, R. H.; Bulmer, J. T. Fluorescence rejection in Raman spectra of Syncrude Sweet Blend distillation fractions. Spectrochim. Acta A 2005, 62 (1). DOI: https://doi.org/10.1016/j.saa.2005.01.022.

[14] Laubereau, A.; von der Linde, D.; Kaiser, W. Direct Measurement of the Vibrational Lifetimes of Molecules in Liquids. Phys. Rev. Lett. 1972, 28 (18). DOI: https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.28.1162.

[15] Shoute, L. C. T.; Schmidt, K. J.; Hall, R. H.; Webb, M. A.; Rifai, S.; Abel, P.; Arboleda, P. H.; Savage, A.; Bulmer, J. T.; Loppnow, G. R. UV Raman Spectroscopy of Oilsands-Derived Bitumen and Commercial Petroleum Products. Appl. Spectrosc. 2002, 56 (10). DOI: https://doi.org/10.1366/000370202760354777.

[16] TQ Analyst Help System, Ver. 8.4.257; Thermo Fisher Scientific Inc.: Waltham, MA, USA, 2011.

[17] MarqMetrix All-In-One uživatelská příručka, PN 8050 Rev. 5.3; Nicolet CZ: Praha, 2025.

[18] Wold, S. Chemometrics; what do we mean with it, and what do we want from it? Chemom. Intell. Lab. Syst. 1995, 30 (1). DOI: https://doi.org/10.1016/0169-7439(95)00042-9.

[19] Lavine, B. K. Special Issue: Chemometrics. Appl. Spectrosc. 2018, 72 (3). DOI: https://doi.org/10.1177/0003702818761619.

[20] Wold, S.; Esbensen, K.; Geladi, P. Principal component analysis. Chemom. Intell. Lab. Syst. 1987, 2 (1). DOI: https://doi.org/10.1016/0169-7439(87)80084-9.

[21] Brereton, R. G. Chemometrics: Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant; Wiley, 2003. DOI: https://doi.org/10.1002/0470863242.ch5.

[22] Wold, S.; Sjöström, M.; Eriksson, L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics. Chemom. Intell. Lab. Syst. 2001, 58 (2). DOI: https://doi.org/10.1016/S0169-7439(01)00155-1.

[23] Savitzky, A.; Golay, M. J. E. Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. Anal. Chem. 1964, 36 (8). DOI: https://doi.org/10.1021/ac60214a047.

[24] Barnes, R. J.; Dhanoa, M. S.; Lister, S. J. Standard Normal Variate Transformation and De-Trending of Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra. Appl. Spectrosc. 1989, 43 (5). DOI: https://doi.org/10.1366/0003702894202201.

[25] Martens, H. A.; Dardenne, P. Validation and verification of regression in small data sets. Chemom. Intell. Lab. Syst. 1998, 44 (1). DOI: https://doi.org/10.1016/S0169-7439(98)00167-1.

[26] Shao, J. Linear Model Selection by Cross-Validation. J. Am. Stat. Assoc. 1993, 88 (422). DOI: https://doi.org/10.2307/2290328.

[27] Wakeling, I. N.; Morris, J. J. A test of significance for partial least squares regression. J. Chemom. 1993, 7 (4). DOI: https://doi.org/10.1002/cem.1180070407.

[28] Kvalheim, O. M.; Grung, B.; Rajalahti, T. Number of components and prediction error in partial least squares regression determined by Monte Carlo resampling strategies. Chemom. Intell. Lab. Syst. 2019, 188. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2019.03.006.

[29] Esbensen, K. H.; Geladi, P. Principles of Proper Validation: use and abuse of re-sampling for validation. J. Chemom. 2010, 24 (3–4). DOI: https://doi.org/10.1002/cem.1310.

[30] Geladi, P.; Kowalski, B. R. Partial least-squares regression: a tutorial. Anal. Chim. Acta 1986, 185. DOI: https://doi.org/10.1016/0003-2670(86)80028-9.

[31] Kim, M.; Lee, Y.-H.; Han, C. Real-time classification of petroleum products using near-infrared spectra. Comput. Chem. Eng. 2000, 24 (2). DOI: https://doi.org/10.1016/S0098-1354(00)00522-6.

[32] Marinović, S.; Krištović, M.; Špehar, B.; Rukavina, V.; Jukić, A. Prediction of diesel fuel properties by vibrational spectroscopy using multivariate analysis. J. Anal. Chem. 2012, 67 (12). DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934812120039.

[33] Timegate: PicoRaman M3 stručný návod, Rev. 01; Nicolet CZ: Praha.

[34] MarqMetrix All-In-One Process Raman Analyzer – Product specifications; Thermo Fisher Scientific. https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/MARQMETRIXAIO

[35] PicoRaman M3 - Product page; Timegate Instruments Ltd. https://www.timegate.com/products-and-services/products/picoraman-m3

[36] Dearing, T.; Pandya, J. Enhancing real-time monitoring and quality control of refined fuels with the Thermo Scientific™ MarqMetrix™ All-In-One Process Raman Analyzer; Application Note, Thermo Fisher Scientific, 2025. https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/Application-Notes/pharma-refined-fuel-an.pdf

[37] A Smarter Approach to Fuel Testing Using Solid-State Raman Spectroscopy; AZoM / Thermo Fisher Scientific, 2025. https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=24497

BIOLOGICKY SNADNO ODBOURATELNÉ OLEJE

Jiří KLAPKA, KLAPKA TECHNIK, Jablonec nad Nisou [20]

Anotace

O používání biologicky odbouratelných maziv se hovoří nejčastěji v souvislosti s používáním maziv tam, kde hrozí přímý nebo nechtěný únik oleje do volné přírody, vodních toků a nádrží. Jak široké jsou možnosti těchto maziv a jaká pravidla pro ně platí, je součástí tohoto příspěvku.

1 Biologicky snadno odbouratelná maziva - popis, terminologie

V oblasti biologicky odbouratelných maziv bývá v praxi hodně mýtů. Terminologie je plná slovíček jako „bio“ nebo „eko“, apod. V praxi se objevují mýty o složení biologicky odbouratelných maziv, legislativě, apod. Na začátku si pro zpřehlednění celé problematiky pojďme nejdříve biologicky odbouratelná maziva charakterizovat:

- Biologicky odbouratelné oleje a maziva představují v některých ohledech šetrnější alternativu maziv k životnímu prostředí. V mnoha aplikacích jde o technicky plnohodnotné nebo i technicky lepší řešení, které kombinuje ochranu zařízení s nižším dopadem na životní prostředí. Uplatňují se zejména tam, kde existuje riziko úniku do půdy nebo vody - např. v lesnictví, zemědělství, vodním stavitelství nebo komunálních službách.
- Biologicky snadno odbouratelná maziva musí zpravidla splňovat požadavky norem na biologickou odbouratelnost, které jsou součástí legislativy v konkrétním státě. Na rozdíl od běžných ropných produktů, které v přírodě přetrvávají desítky let a kontaminují vodu i půdu, se tato maziva působením přirozených mikroorganismů (bakterií, hub a řas) rozkládají na neškodné látky - vodu, oxid uhličitý a biomasu. Legislativně jsou požadavky regulovány samotnými členskými státy EU v různých zákonech. V České republice např. „Lesní zákon“ č. 250/2025 Sb.
- Biologicky snadno odbouratelná maziva představují zejména v Evropě klíčový segment pro průmyslová odvětví, kde hrozí únik olejů do půdy nebo vody. Evropský trh je v této oblasti globálním lídrem, což je dáno přísnou legislativou a tlakem na udržitelnost.
- Důležité je rozlišovat mezi pojmem „biologicky odbouratelné“ a „vyrobené z obnovitelných zdrojů“.
- Ne každý biologicky snadno odbouratelný olej je vhodný pro náročné technické použití.
- Druhy maziv s dobrou biologickou odbouratelností: hydraulické oleje, motorové oleje, převodové a kompresorové oleje, plastická maziva, řetězové oleje a další oleje pro ztrátové mazání, obráběcí kapaliny, separační oleje.

[20] Jiří Klapka, CTD
KLAPKA TECHNIK
Na Úbočí 4333/23, 466 05 Jablonec nad Nisou - Rýnovice
mobil: +420 739 550 935, e-mail: klapka.technik@gmail.com

2 Biologicky snadno odbouratelná maziva - legislativa a normy

Biologicky odbouratelná maziva jsou hodnocena různými normami a zákony. Pro environmentálně šetrná maziva neexistuje v ČR jedna centrální státní certifikace. V ČR certifikace probíhá dvěma systémy - typy ekoznaček, a to:

- ekoznačka Evropské unie „Ecolabel EU“,
- českou národní ekoznačkou „Ekologicky šetrný výrobek či služba“.



ekoznačka Evropské unie
„Ecolabel EU“



česká národní ekoznačka
„Ekologicky šetrný výrobek či služba“

Obr.1 Typy ekoznaček používaných v ČR

Ecolabel EU - ekoznačka Evropské unie (EU) vychází z právních předpisů Evropské unie, a to zejména z nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 66/2010 o ekoznačce EU a pravidelně aktualizovaných prováděcích nařízeních pro jednotlivé produkty, pro které je možné označení ekoznačkou získat. Nařízení vychází ze zásad mezinárodní normy ISO 14024 a tématu ekoznačky se věnuje také známá „Zelená dohoda“ pro Evropu (Green Deal). Ecolabel EU může být udělena produktům na trhu celé Evropské unie. Prostřednictvím jedné značky tak mohou být jednotlivé produkty propagovány po celém Evropském hospodářském prostoru. Logo ekoznačky EU má podobu stylizované květiny se symbolem € uprostřed a nápisem EU Ecolabel. Nedílnou součástí značky je rámeček s číslem licence v požadovaném tvaru.

Ekologicky šetrný výrobek či služba - ekoznačky „*Ekologicky šetrný výrobek*“ a „*Ekologicky šetrná služba*“ jsou udělovány v rámci Národního programu označování ekologicky šetrných výrobků a služeb produktům, které splňují stanovené požadavky týkající se jejich vlivu na životní prostředí. Program vychází z technické normy ČSN ISO 14024 Environmentální značky a prohlášení - Environmentální značení typu I a řídí se Pravidly o realizaci Národního programu označování ekologicky šetrných výrobků a služeb, vydanými Ministerstvem životního prostředí. Označení „Ekologicky šetrný výrobek“ a „Ekologicky šetrná služba“ se vztahují jen na produkty nabízené na trhu České republiky. Logo tvoří stylizované písmeno „e“ s nápisem „Ekologicky šetrný výrobek“, resp. „Ekologicky šetrná služba“ v horní části a registračním číslem označeného produktu v části spodní.

Podpůrnou normou je Evropská technická norma EN 16807 (v České republice vydaná jako ČSN EN 16807) nesoucí název „Kapalné ropné výrobky - Biomaziva - Kritéria a požadavky biomaziv a maziv z biologického materiálu“. Norma definuje, jaké produkty mohou legitimně používat označení „biomazivo“ nebo „mazivo na bázi biologického materiálu“.

Norma nehodnotí pouze samotný původ suroviny, ale posuzuje vlastnosti výsledného, plně formulovaného produktu na základě čtyř hlavních kritérií:

1. ***Obsah obnovitelných složek***: podle této normy musí produkt označený jako biomazivo obsahovat minimálně 25% uhlíku pocházejícího z biomasy. K měření tohoto podílu norma odkazuje na analytické standardy EN 16640 nebo ASTM D6866.
2. ***Biologická rozložitelnost***: hodnotí se schopnost a rychlost maziva se rozkládat v životním prostředí. Odkazuje se na zkušební metody jako OECD 301.
3. ***Vodní toxicita***: výsledný produkt musí vykazovat minimální negativní dopad a nízkou toxicitu vůči vodním organismům.
4. ***Technická funkčnost***: ekologické přínosy nesmí jít na úkor výkonu. Produkt musí spolehlivě plnit svou mechanickou a mazací funkci.

Norma EN 16807 slouží jako technický základ pro získání různých ekologických značek. Například evropská ekoznačka EU Ecolabel pro maziva přejímá právě požadavek na minimální 25% podíl biologické složky měřený podle této normy.

Další certifikací, s kterou se můžeme setkat, je certifikace maziv EAL - Environmentally Acceptable Lubricants. Aby mohl být olej oficiálně označen jako EAL, musí splňovat přísná kritéria ověřená standardizovanými testy (např. OECD):

1. ***Rychlá biologická odbouratelnost***: minimálně 60% maziva se musí rozložit do 28 dnů. Celá formulace musí obsahovat alespoň 90% (u plastických maziv 75%) biologicky rozložitelných složek.
2. ***Minimalizace toxicity***: mazivo nesmí vykazovat nebezpečné toxické účinky na vodní organismy, jako jsou ryby, řasy, plankton či korály.
3. ***Nízká bioakumulace***: složky oleje se nesmí ukládat v tkáních živých organismů ani se kumulovat v potravním řetězci.

Oleje označené EAL jsou často certifikovány dalšími prestižními certifikáty jako EU Ecolabel nebo certifikáty konkrétních evropských zemí, např. Blue Angel nebo Nordic Swan, apod. Všechna zmiňovaná legislativní hodnocení se opírají o základní parametr. Je jím hodnocení biologické odbouratelnosti.

Normy pro stanovení biologické odbouratelnosti se nejčastěji opírají o Směrnici OECD 301. Směrnice obsahuje 6 různých variant, které se volí podle fyzikálněchemických vlastností testované látky (např. rozpustnost, těkavost, apod.):

- ***OECD 301 A***: Princip: měří úbytek rozpuštěného organického uhlíku (DOC). Vhodnost: pouze pro dobře rozpustné a netěkavé látky; limit pro splnění je rozklad ze 70%.
- ***OECD 301 B***: CO_2 Evolution (Modifikovaný Sturmův test), Princip: měří množství vyprodukovaného oxidu uhličitého při rozkladu látky. Vhodnost: pro špatně rozpustné látky, nevhodný pro těkavé látky; limit pro splnění je 60%.
- ***OECD 301 C***: MITI (I), Princip: měří spotřebu kyslíku pomocí automatického respirometru se specifickým smíšeným inokulem. Vhodnost: vhodný také pro těkavé a špatně rozpustné sloučeniny; limit je 60%.
- ***OECD 301 D***: (Test v uzavřených lahvích), Princip: sleduje spotřebu rozpuštěného kyslíku v uzavřených nádobách. Vhodnost: Ideální pro těkavé, vysoce

toxické nebo málo rozpustné látky, protože využívá velmi nízké koncentrace; limit je 60%.

- ***OECD 301 E***: Modified OECD Screening, Princip: podobný jako metoda A, měří úbytek DOC, ale využívá nižší koncentraci mikroorganismů. Vhodnost: pouze pro dobře rozpustné a netěkavé materiály; limit je 70%.
- ***OECD 301 F***: Manometric Respirometry, Princip: měří spotřebu kyslíku na základě změn tlaku v testovací nádobě, vygenerovaný CO_2 je průběžně absorbován. Vhodnost: velmi univerzální metoda, vhodná i pro špatně rozpustné látky nebo směsi (např. maziva, barvy); limit je 60%.

Další používanou normou může být ***CEC L-33-A-93***. Tato norma je celosvětově uznávaná průmyslová zkušební metoda, kterou vyvinul Evropský koordinační výbor (CEC) ke stanovení primární biologické odbouratelnosti olejů a maziv ve vodním prostředí. Původně byla vyvinuta speciálně pro oleje pro dvoudobé závěsné lodní motory, ale postupem času se začala běžně používat pro hodnocení ekologických hydraulických olejů, plastických maziv a ztrátových olejů (např. na ztrátové mazání pil nebo železničních výhybek).

Zkouška probíhá přesně 21 dní při stabilní teplotě 25 ºC. Vzorek oleje se smíchá s minerálním médiem (voda se solemi) obsahujícím přirozenou směs bakterií. Paralelně běží kontrolní vzorek s jedem HgCl2, kde bakterie nepracují. Měření: pomocí infračervené spektroskopie (IR) se na začátku a na konci měří úbytek specifických uhlíkových vazeb v extrahovatelném podílu. Kritérium úspěšnosti: pokud se během 21 dní rozloží více než 80% původní látky, je mazivo považováno za snadno biologicky rozložitelné. Test měří pouze to, zda zmizela původní molekula (tzv. primární degradace). Nezkoumá, zda se produkt zcela rozložil na neškodnou vodu a oxid uhličitý, nebo zda v přírodě nezůstaly škodlivé meziprodukty.

Z výše uvedených důvodů je dnes norma CEC L-33-A-93 považována za starší (zastaralou) a v roce 2012 byla v rámci CEC nahrazena modernější a ekologičtější metodou CEC L-103-A-12.

CEC L-103-A-12 hodnotí úbytek (ztrátu) oleje a v oleji rozpustných metabolitů v průběhu 21 dní ve vodném minerálním prostředí při teplotě 25 ºC simulujícím přírodní podmínky (podzemní vody, řeky či jezera). K přesné analýze koncentrace zbývajících organických látek metoda používá vysokoteplotní plynovou chromatografii (HT-GC), jako extrakční činidlo pak běžné uhlovodíky, které nepředstavují takové ekologické riziko, jako dříve užívaná rozpouštědla. Kruhové testy napříč evropskými laboratořemi prokázaly vynikající opakovatelnost a reprodukovatelnost výsledků.

3 Biologicky snadno odbouratelná maziva - základové oleje a složení

Klíčové faktory ovlivňující rozložitelnost:

1. ***Chemická struktura***: mikroorganismy nejlépe rozkládají lineární (rovné) uhlíkové řetězce a esterové vazby. Jakmile struktura obsahuje složitá větvení, aromatická jádra nebo cyklické vazby (typické pro minerální oleje), proces odbourávání se dramaticky zpomaluje.
2. ***Viskozita***: Obecně platí, že čím vyšší je viskozita, tím je biologická rozložitelnost nižší.

3. ***Vliv aditiv***: Některé typy aditiv mohou celkovou biologickou rozložitelnost hotového oleje snížit o 5 až 10% a mohou vykazovat určitou míru „ekotoxicity“, třebaže je základový olej 100% čistý.

Jako základ pro orientaci ve složení biologicky snadno rozložitelných olejů můžeme považovat normu ***ISO 6743-4***, Norma dělí ekologické hydraulické kapaliny do 4 hlavních skupin podle jejich chemického složení:

- ***HETG*** (Triglyceridy / Rostlinné oleje): zpravidla na bázi řepkového oleje. Jsou nejlevnější a mají výbornou biologickou odbouratelnost, avšak horší oxidační a termickou stabilitu. Nehodí se však pro vysoké teploty a celoroční náročný provoz.
- ***HEES*** (Syntetické estery): dnes technologicky nejvyspělejší a nejrozšířenější řešení. Kombinují perfektní biologickou rozložitelnost s vynikající ochranou proti opotřebení, vysokou oxidační stabilitou a dlouhou životností také v zatížených systémech.
- ***HEPG*** (Polyglykoly): syntetické kapaliny rozpustné ve vodě. Mají skvělé viskozitní vlastnosti při extrémních teplotách. Při jejich použití je však nutné hlídat kompatibilitu s běžnými těsněními a nátěry.
- ***HEPR*** (Polyalphaolefiny a příbuzné produkty): syntetické uhlovodíky s vysokým výkonem a dlouhou životností, které rovněž dokáží splnit kritéria biologické odbouratelnosti.

Pro orientaci lze uvést biologickou odbouratelnost podle jednotlivých skupin olejů:

- ***Přírodní rostlinné oleje*** (skupina HETG): 95 ÷ 98%, nejrychlejší biologická odbouratelnost. Jsou to přírodní triglyceridy, které bakterie snadno metabolizují. Mají však nižší oxidační a termickou stabilitu.
- ***Syntetické estery*** (skupina HEES): 80 ÷ 95%, vysoká rychlost odbourávání, dobrá oxidační a termální stabilita.
- ***Polyglykoly*** (PAG, skupina HEPG): 60 ÷ 90%, dobrá až vysoká odbouratelnost. Některé typy jsou navíc rozpustné ve vodě a vykazují velmi nízkou toxicitu pro vodní organismy.
- ***Polyalfaolefiny*** (PAO, skupina HEPR / Skupina IV): 10 ÷ 40%, nízká až omezená odbouratelnost. Vynikající termální a oxidační stabilita.
- ***Ropné oleje*** (skupiny API I, II a III): 15 ÷ 30%, nízká odbouratelnost. Komplexní směsi cyklických a aromatických uhlovodíků z ropy, které odolávají přirozenému rozkladu. V přírodě přetrvávají dlouho a vykazují riziko bioakumulace. Skupina II a III (hydrokrakové oleje) mají mírně vyšší biologickou odbouratelnost.

Detailnější pravidla formulace jednotlivých biologicky snadno odbouratelných olejů jsou:

- ***Hydraulické oleje***

  Nejčastějším hlavním mediem je některý ze syntetických esterů, diestery a polyolestery, nasycené i nenasycené. V některých případech bývají i pro zlepše-

ní termooxidační stability doplněny o oleje PAO nebo hydrokrakové oleje sk. II a III. Ostatní skupiny jsou využívány méně.

- ***Motorové oleje***

  Skupina olejů pro dvoudobé motory využívá specifické mazivostní vlastnosti syntetických esterů jako hlavní kvalitativní ukazatel. V praxi jsou využívány všechny skupiny syntetických esterů (monoestery, diestery, polyolestery). Obdobně mohou být doplněny jako hydraulické oleje o PAO oleje a hydrokrakové oleje.

  U čtyřdobých biologicky odbouratelných olejů jsou využívány zejména nasycené polyolestery kombinované s oleji PAO a hydrokrakovými oleji.

- ***Převodové oleje***

  Platí pro ně obdobná pravidla jako pro hydraulické oleje. Vynikající mazací schopnost syntetických esterů z nich dělá vynikající převodové oleje.

- ***Kompresorové oleje***

  Obdobně jako u hydraulických olejů. Syntetické estery mají vzhledem k vysokým bodům vzplanutí velmi nízkou odparnost dle Noacka. Jsou tak u některých typů kompresorů nejlepší volbou z technického hlediska a snadná biologická odparnost je jen bonus navíc.

- ***Plastická maziva***

  Dominantním základovým olejem jsou syntetické estery. U levnějších maziv vhodných pro ztrátová mazání jsou využívány také přírodní rostlinné oleje. Tato maziva jsou ale charakteristická svým teplotním omezením použitelnosti.

- ***Oleje pro ztrátové mazání***

  Dominantním základovým olejem bývají přírodní rostlinné oleje. Pro zvýšení termooxidační stability, např. u olejů pro výhybky nebo olejů pro pneumatická nářadí, je doplněn rostlinný olej o syntetický ester, olej PAO nebo o hydrokrakový olej.

- ***Řetězové oleje***

  Speciálním produktem jsou potom oleje pro řetězy mobilní techniky. O použití základových olejů rozhoduje zejména cena. Využívají se jak přírodní rostlinné oleje, tak syntetické estery. Dalším speciálním produktem jsou oleje pro mazání řetězů motorových pil. A to jak mobilních, tak stacionárních. Využívány jsou zejména přírodní rostlinné oleje. Pro zlepšení jejich termooxidační stability jsou doplňovány o hydrokrakové nebo minerální základové oleje.

- ***Separační prostředky***

  Pro zlepšení biologické odbouratelnosti u této specifické skupiny produktů jsou využívány rostlinné oleje, u produktů s nižší viskozitou FAME.

- ***Obráběcí kapaliny***

  Vynikající mazací vlastnosti přírodních rostlinných olejů a syntetických esterů umožňují vynikající výsledky při obrábění materiálů. Výhodou může být i zjednodušený režim úniku takového oleje.

4 Závěr

Na závěr je možné zmínit, jakým způsobem je dohlíženo v ČR na dodržování pravidel daných např. dokumentem „Lesní zákon“ č. 250/2025 Sb.

Vlastníci lesů, těžařské společnosti i osoby provádějící služby v lese jsou ze zákona povinni používat výhradně biologicky odbouratelné oleje k mazání řetězů motorových pil a hydraulické kapaliny pro lesní a těžební stroje. Aby oleje a kapaliny vyhověly zákonným požadavkům v České republice, musí splňovat přísné ekologické parametry některých certifikátů, zejména biologickou odbouratelnost dle Normy CEC L-33-A-93 (původně CEC L-33-T-82) nebo některé z norem OECD 301 (např. OECD 301 B): Prokazuje, že látka je snadno biologicky odbouratelná (má rozložení > 60% během 28 dní).

Ověřování probíhá namátkovými kontrolami přímo v terénu ze strany České inspekce životního prostředí (ČIŽP). Provozovatelé strojů by měli mít od používaných olejů vždy k dispozici technické listy prokazující splnění požadovaných norem.

ADBLUE - NÁROKY NA KVALITU

Tomáš BALOGH, GreenChem Holding B.V., Breda, Netherlands [21]

(text anotace a příspěvku nebyl autorem do termínu uzávěrky sborníků konference zaslán a zazní výhradně v rámci živého vystoupení autora v průběhu programu konference)

[21] Ing. Tomáš Balogh
GreenChem Holding B.V.
Gravinnen van Nassauboulevard 95
4811 BN Breda, Netherlands
Logistics office - Nobelova 34, 836 05 Bratislava, Slovakia
mobil: +421 (0)903 904 460, e-mail: tomasbalogh@greenchem-adblue.com,
http://www.greenchem-adblue.com/

PRECIZNÍ MAZÁNÍ VALIVÝCH LOŽISEK JAKO SOUČÁST STRATEGIE ÚDRŽBY STROJNÍHO PARKU

Tomáš KLÍMA, ECOL Industrial s.r.o., Vlašim [22]

Hlavní motto

Mazání není jednoduchý pomocný úkon. Je to řízený proces, který rozhoduje o tření, teplotě, životnosti ložiska a v konečném důsledku o spolehlivosti výroby.

Anotace

Mazání valivých ložisek bývá v podnicích stále vnímáno jako rutinní činnost, kterou lze svěřit pracovníkovi s minimálním nebo jednorázovým zaškolením. Právě zdánlivá jednoduchost však vytváří prostor pro chyby: nesprávné mazivo, nečistotu, nevhodný interval, neověřenou dávku a především přemazávání. Přednáška ukáže, jak mazání s využitím ultrazvuku zapadá do koncepce precizně řízeného mazacího procesu. Ten není založen na jediné technologii nebo metodě, ale na souboru vzájemně propojených činností a několika základních pilířích. Ultrazvuk v tomto konceptu představuje důležitý nástroj pro správné rozhodování a ověřování kvality mazání v praxi.

Ultrazvuková diagnostika přináší pracovníkovi při domazávání zpětnou vazbu o změnách tření v ložisku. Místo slepého splnění kalendářního intervalu nebo aplikace pevně stanovené mazací dávky lze při bezpečně proveditelném měření sledovat odezvu ložiska, dávkovat po částech a rozpoznat okamžik, kdy další mazivo již není žádoucí.

1 Mazání není „dirty job“

Mazivo je funkčním prvkem stroje. Jeho úkolem je vytvořit podmínky pro oddělení pohybujících se povrchů, omezení tření a opotřebení a ochranu mazacího uzlu. Dobrý výsledek proto neurčuje jen nejvyšší kvalita maziva, ale také způsob skladování a manipulace, čistota při aplikaci, optimální dávka, vhodný interval a schopnost ověřit výsledek práce.

V provozní realitě obvykle jeden pracovník obsluhuje velké množství mazacích míst. Pokud nemá jednoznačné pokyny, ověřenou dávku mazacího lisu, dostupné a ověřené informace o velikosti dávky, nahrazuje systém osobní zkušeností. Postup se pak mezi pracovníky liší a s časem se z něj vytrácí přesnost.

2 Nejčastější odpovědí na nejistotu je přemazání

Přemazávání často nevzniká z nedbalosti, ale z nesprávné představy, že větší množství maziva vytváří větší bezpečnostní rezervu. Nadbytečné mazivo však musí ložisko zpracovat a vytlačit. To zpravidla zvyšuje odpor a teplotu, zatěžuje těsnění

[22] Ing. Tomáš Klíma, CTD
jednatel v Ecol Industrial s.r.o., ředitel mezinár. obchodu v Ecol Sp. z o.o.
ECOL Industrial s.r.o.
Jana Masaryka 399, 258 01 Vlašim
tel.: +420 317 842 227, mobil: +420 774 663 320, e-mail: t.klima@ecol.eu, https://ecol.eu/cs/

a mazivo se dostává do míst, kam nepatří. Opačným extrémem je nedostatečné mazání, při němž je mazací uzel nedostatečně mazán a zvyšuje se tření, opotřebení a riziko poškození.

Z vlastní zkušenosti jsou ložiska spíše přemazávaná a úspora maziva při mazání s diagnostikou je pouze viditelným vedlejším efektem. Skutečným cílem je stabilnější provoz, vysoká přesnost mazání a schopnost dokladovat, jak bylo mazání na konkrétním mazacím uzlu provedeno.

3 Precizní mazání znamená řídit celý proces

Precizní mazání valivého ložiska stojí na několika navazujících podmínkách:

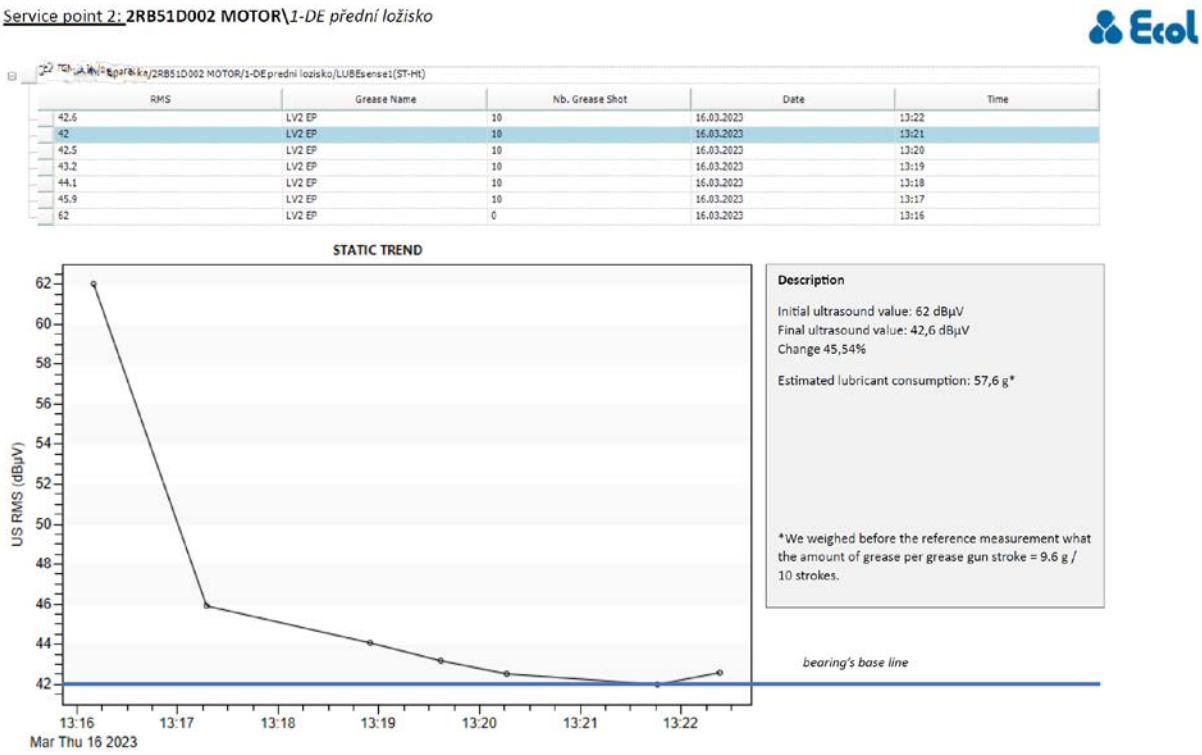
- **správná identifikace** - stroje, ložiska a mazacího bodu;
- **správné mazivo** - včetně ověření kompatibility s mazivem, které je již v mazacím uzlu;
- **správná dávka a interval** - odvozené z konstrukce, provozních podmínek, dokumentace výrobce a provozní zkušenosti nebo přepočtu;
- **čistá a bezpečná aplikace** - s průchodnou mazací cestou, čistou maznicí i mazací hlavicí a možností odvodu přebytečného maziva;
- **kvalifikovaný pracovník** - který rozumí účelu úkonu a umí reagovat na možnou odchylku;
- **měření a evidence** - porovnání plánované a skutečné dávky, stav před i po zásahu a dlouhodobý trend.

4 Mazání s diagnostikou pomocí ultrazvuku

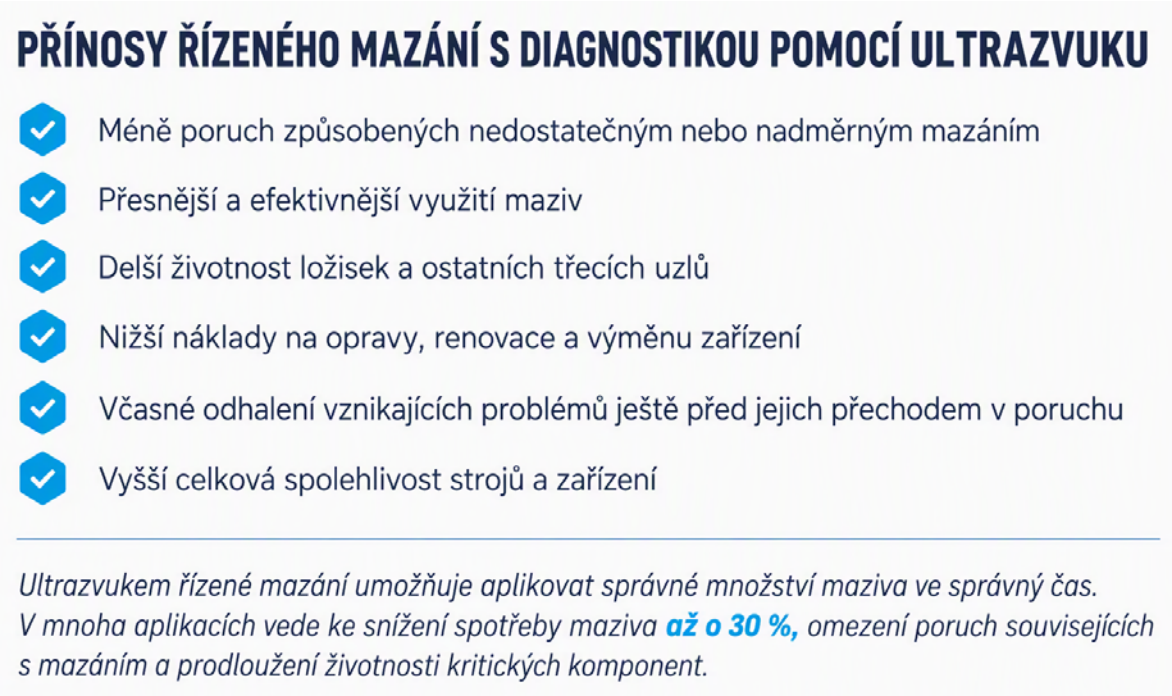
Ultrazvukové měření reaguje na změny tření a další vysokofrekvenční jevy vznikající v ložisku během jeho provozu. Mazání s využitím ultrazvukové diagnostiky představuje řízený a velmi přesný způsob domazávání ložisek. Místo aplikace celé dávky najednou se mazivo přidává postupně v několika menších dávkách. Po každé dílčí dávce se sleduje trend ultrazvukové odezvy, která odráží úroveň tření uvnitř ložiska.

Při nedostatečném množství maziva bývá tření vyšší, což se projevuje zvýšenou akustickou odezvou v dB. S postupným doplňováním maziva se tření snižuje a hodnota ultrazvuku zpravidla klesá. V určitém okamžiku dosáhne ložisko optimálního namazání. Pokud je mazivo přidáváno dále, začne se hodnota dB opět zvyšovat, což je spolehlivý signál k ukončení mazání.

Výsledkem je individuálně stanovená optimální dávka maziva pro konkrétní mazací uzel. Ta se může výrazně lišit i mezi zdánlivě stejnými/identickými ložisky, protože ji ovlivňuje řada faktorů, například stupeň opotřebení, výrobní a provozní vůle, zatížení, otáčky, teplota nebo skutečná doba provozu.



Obr.1 Graf znázorňující průběh mazání a pokles akustického signálu po jednotlivých dílčích dávkách maziva do valivého ložiska velkého elektromotoru



Obr.2 Přínosy ultrazvukem řízeného mazání jako součásti precizně řízeného procesu mazání

5 Od dílčího úkonu mazání/domazání k dlouhodobému výsledku

Data získaná při mazání mají hodnotu pouze tehdy, pokud se používají při dalším plánování. Opakované výsledky umožňují postupně ověřovat, zda původní interval a dávka odpovídají reálnému zatížení konkrétního ložiska. Cílem není bezpodmínečně interval prodlužovat. Cílem je nalézt takový interval, při kterém ložisko zůstává v přijatelném a stabilním stavu a zásah přichází dříve, než nedostatek maziva ovlivní jeho provoz.

6 Ultrazvuk je třešnička na dortu

Technologie poskytuje cennou zpětnou vazbu, ale spolehlivost vzniká teprve spojením pěti základních pilířů mazacího procesu, které jsou dále přehledně uvedeny na obr.3.



Obr.3 Pět pilířů precizního mazání; ultrazvuk nenahrazuje systém, ale uzavírá jej měřitelnou zpětnou vazbou

Praktický význam digitální identifikace. RFID štítek a aplikace Smart Ecol propojují úkol s konkrétním zařízením a bodem DE/NDE. Záznam ultrazvukové hladiny, teploty a skutečné dávky vytváří podklad pro trend, úpravu intervalu a doložení údržby.

7 Kritická zařízení potřebují nejlepší péči; ostatní nesmějí zůstat bez systému

Strategie údržby správně rozlišuje zařízení podle kritičnosti. Drahé a výrobně rozhodující stroje zasluhují nejvyšší úroveň diagnostiky, kvalifikace a dokumentace. To však neznamená, že zbývající část strojního parku může být mazána bez pravidel. Velké množství „běžných“ ložisek vytváří vysoký souhrnný objem práce a právě zde se nejrychleji projeví nejednotné postupy, záměny maziv, přemazávání a chybějící evidence.

Přestože jednotlivé méně kritické stroje nemají vysokou ekonomickou hodnotu, jejich velký počet má zásadní vliv na spolehlivost celého závodu i náklady na údržbu. Kvalitní a systematické mazání proto musí zahrnovat nejen klíčová zařízení, ale i běžný strojní park, který bývá častým zdrojem poruch a provozních ztrát.

8 Závěr

Dobře mazat neznamená dodat co nejvíce maziva. Znamená to dodat správné mazivo, na správné místo, ve správném okamžiku a pouze v potřebném množství, bezpečně a prokazatelně. Diagnostika ultrazvukem přináší měřitelný proces mazání, domazávání podle skutečné odezvy ložiska a jeho kondice. Největší přínos však vzniká teprve tehdy, když je tato technologie součástí širšího, propracovaného systému údržby (management mazání): kvalifikovaného personálu, pracovních postupů, dat, evidence a strategie péče o celý strojní park.

Přesnost mazání není luxus vyhrazený kritickým strojům. Je to princip, podle kterého musí být organizována péče o celý strojní park.

Literatura

[1] UE Systems / Noria Corporation. *Optimizing Regreasing Field Practices with Ultrasound Technology*

[2] SDT Ultrasound: LUBExpert. *Bearing Lubrication Monitoring with Ultrasound*. Webové odborné materiály

[3] Ecol. *PPO - Mazání valivých ložisek s ultrazvukovou diagnostikou*

[4] Ecol / ČEZ, JE ETE. *Precizní mazání ložisek*. Technická zpráva z ultrazvukového posouzení vybraných mazacích míst

[5] Ecol. *Smart Ecol / RFID identifikace mazacích míst a digitální evidence úkolů*. Interní provozní manuál



Rozbory paliv a maziv.

Tribotechnická diagnostika olejů a stavu strojního zařízení.

Konzultace a poradenská činnost v oblasti maziv a jejich aplikace.

Filtrace použitých olejů za provozu strojů.

Organizace školení v oblasti TTD údržby pro strojírenské podniky dle jejich požadavků.

Organizace veřejných specializovaných seminářů a konferencí.

Firma vznikla v roce 1990 jako samostatný tribotechnický servis. Společnost navázala na dlouholeté odborné znalosti pracovníků, kteří řešili řadu významných úkolů v oblasti vývoje nových ekologických maziv, filtrace olejů, speciálních maziv a tribotechnické diagnostiky. V rámci vývoje zde vznikla řada nových maziv. Úzce spolupracujeme s výrobci maziv a jejich uživateli.

Firma TRIFOSERVIS s.r.o. je školícím pracovištěm pro tribodiagnostiku v rámci Asociace technických diagnostiků ČR.

Společnost je držitelem certifikátu ČSN EN ISO 9001:2016



Nová provozovna!!!

Sokolovská 1644

Čelákovice

www.trifoservis.cz

info@trifoservis.cz

tel: 603 265 565



TRIFOSERVIS s.r.o.
Hybešova 626/1
250 88 Čelákovice

FT-IR A RAMANOVA SPEKTROSKOPIE V TRIBODIAGNOSTICE

Ondřej ŠABACKÝ, OPTIK INSTRUMENTS s.r.o., Brno [23]

Anotace

Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací (FT-IR) a Ramanova spektroskopie jsou rychlé a nedestruktivní metody s dvojím uplatněním v tribodiagnostice. FT-IR umožňuje na úrovni provozního maziva sledovat degradaci (oxidaci, nitraci, sulfataci), kontaminaci (voda, palivo, saze, chladicí kapalina) i úbytek aditiv formou trendové analýzy podle normy ASTM E2412. Na úrovni funkčních ploch dovoluje kombinace FT-IR a konfokální Ramanovy mikroskopie charakterizovat tribologické filmy ve valivých ložiscích - identifikovat oxidy a hydroxidy železa, uhlíkaté depozity i nečekanou kontaminaci sírou. Příspěvek obě roviny propojuje a ukazuje jejich přínos pro objasnění mechanismů opotřebení a pro prediktivní údržbu.

Klíčová slova: tribodiagnostika, FT-IR, Ramanova spektroskopie, analýza provozních olejů, tribofilm, valivá ložiska, opotřebení, ASTM E2412

1 Úvod

Tribologie se zabývá třením, opotřebením a mazáním ploch v relativním pohybu. O spolehlivosti a životnosti strojních součástí rozhoduje nejen geometrie a zatížení kontaktu, ale především stav maziva a chemické děje v mazacím filmu a na funkčních plochách. Tribodiagnostika proto sleduje dvě provázané roviny: stav provozního maziva a stav povrchů, které jsou mazivem chráněny.

Pro obě roviny nabízí vibrační spektroskopie účinné nástroje. FT-IR využívá absorpce infračerveného záření chemickými vazbami - každá funkční skupina absorbuje při charakteristických vlnočtech, což umožňuje rychle identifikovat složení vzorku bez spotřebního materiálu a přídavných chemikálií. Ramanova spektroskopie, založená na neelastickém rozptylu monochromatického záření, ji doplňuje zejména při rozlišení krystalických fází přímo na povrchu součásti. Příspěvek shrnuje, co tyto metody v tribodiagnostice umožňují - od rutinního rozboru provozních olejů po chemickou charakterizaci tribofilmů na funkčních plochách; konkrétní možnosti jsou ilustrovány na publikovaných studiích valivých ložisek [1, 2].

2 Analýza provozních mazacích olejů metodou FT-IR

Mazací oleje snižují tření a chrání součásti před opotřebením a korozí; u vznětových motorů navíc udržují v suspenzi saze. Pravidelný rozbor provozního oleje umožňuje včas posoudit jeho stav, prodloužit životnost stroje a předejít poruchám, a poskytuje i nepřímou informaci o stavu samotného zařízení.

[23] Mgr. Ondřej Šabacký
OPTIK INSTRUMENTS s.r.o.
Purkyňova 649/127, 612 00 Brno - Medlánky
mobil: +420 732 862 672, e-mail: ondrej.sabacky@optikinstruments.cz,
https://www.optikinstruments.cz/

Provozní olej je složitá směs základového oleje, aditiv, degradačních produktů a kontaminantů. FT-IR řeší jejich stanovení odečtením spektra referenčního čerstvého oleje od spektra použitého vzorku; výsledné **diferenční spektrum** zobrazuje pouze změny - hromadění degradačních produktů, úbytek aditiv a míru kontaminace. Archivace spekter umožňuje **trendovou analýzu** stavu maziva v čase, kodifikovanou normou **ASTM E2412**, a stanovení optimálního výměnného intervalu. Oproti tradičním postupům (TAN/TBN, viskozita, plynová chromatografie) je metoda rychlejší a nenáročná na přípravu vzorku; tradiční metody zůstávají referenčními pro přesné kvantitativní stanovení.

Jednotlivé složky se projevují v charakteristických oblastech vlnočtů, a lze je proto rozlišit i ve směsi:

- **voda** - oblast přibližně 3500 cm^{-1},
- **oxidace** - přibližně 1700 cm^{-1}; **nitrace** a **sulfatace** - produkty reakce oleje s dusíkem a sirných sloučenin paliva,
- **saze**, **ethylenglykol** (indikátor úniku chladicí kapaliny), **aditiva** a **palivo**.

Hlavními degradačními ději jsou oxidace (vznik karboxylových kyselin a dalších karbonylových sloučenin, nejčastější projev stárnutí oleje), nitrace (oxidy dusíku způsobující zahušťování a růst kyselosti) a sulfatace. Z diagnostického hlediska FT-IR spolehlivě postihuje zejména: ředění oleje palivem (snižuje viskozitu a zvyšuje riziko požáru), přítomnost vody (podporuje oxidaci a hydrolýzu aditiv, korozi a tvorbu emulzí), obsah sazí (při překročení kapacity disperzantů roste viskozita a vznikají kaly ucpávající filtry) a celkovou míru oxidační degradace základového oleje.

3 Chemická charakterizace tribologických filmů

Zatímco rozbor oleje hodnotí stav maziva jako celku, charakterizace tribofilmů míří přímo na funkční plochy. Tribofilmy jsou tenké ochranné vrstvy vznikající na povrchu za provozního namáhání; jejich chemické složení vypovídá o účinnosti maziva, o kontaminaci i o probíhajících poruchových mechanismech. FT-IR a konfokální Ramanova mikroskopie umožňují tyto vrstvy analyzovat přímo na povrchu součásti, nedestruktivně a s minimální přípravou vzorku.

FT-IR mikroskopie identifikuje organické i anorganické funkční skupiny - produkty degradace maziva, oxidy železa i případné kontaminanty. **Konfokální Ramanova mikroskopie** ji doplňuje při rozlišení jednotlivých forem oxidů železa (například hematitu α-Fe_2O_3 a magnetitu Fe_3O_4), hydroxidů i uhlíkatých depozitů typu nanokrystalického grafitu. Lokálním měřením podél namáhaných ploch lze chemii tribofilmu přiřadit k místně rozdílnému tribologickému namáhání.

Možnosti tohoto přístupu ilustrují studie tribofilmů valivých ložisek [1, 2]: u uhlovodíkových maziv (polyalfaolefiny, diestery) byly identifikovány různé fáze oxidů a hydroxidů železa v závislosti na typu maziva i na podmínkách namáhání a (což je z hlediska praxe podstatné) byla prokázána přítomnost sloučenin síry i v tribofilmech z nominálně bezsirných maziv. Takový nález poukazuje na zdroj kontaminace nebo na tribochemické reakce v kontaktu a dokládá schopnost spektroskopie odhalit jemné chemické rozdíly přímo na povrchu, které by samotný rozbor oleje nemusel zachytit.

4 Propojení obou rovin a přínos pro praxi

Obě roviny se doplňují. Rozbor oleje hodnotí globální stav maziva v celém systému a slouží k trendovému monitorování a stanovení výměnných intervalů - indikuje vznik a rychlost degradačních a kontaminačních dějů. Charakterizace tribofilmů postihuje lokální chemii přímo v kontaktní oblasti, kde se rozhoduje o opotřebení, a objasňuje příčinu a lokalizaci těchto dějů. Příkladem je nález síry, který by na úrovni objemu oleje mohl zůstat skryt, na povrchu v místě nejvyššího namáhání jej však obě metody jednoznačně prokázaly.

Spektroskopické metody jsou rychlé, nedestruktivní, nenáročné na spotřební materiál a vhodné pro rutinní monitoring i hloubkovou analýzu poruch. Umožňují včas zachytit degradaci a kontaminaci maziva, lépe porozumět mechanismům opotřebení a podložit rozhodování objektivními daty - a tím přispívají k prediktivní údržbě a vyšší spolehlivosti strojů.

5 Závěr

FT-IR a Ramanova spektroskopie tvoří v tribodiagnostice komplementární dvojici. FT-IR poskytuje rychlé hodnocení stavu provozních olejů (degradace, ředění palivem, voda, saze, úbytek aditiv) formou trendové analýzy podle ASTM E2412; kombinace FT-IR a Ramanovy mikroskopie umožňuje přesnou chemickou charakterizaci tribofilmů. Propojení analýzy maziva a funkčních ploch poskytuje ucelený nástroj pro objasnění mechanismů opotřebení a zvyšování spolehlivosti strojů.

Literatura

[1] Merk, D., Koenig, T., Fritz, J., Franke, J. W. H. Tribological Behavior of Hydrocarbons in Rolling Contact. In *Lubricants, 2024*, 12, 201. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/lubricants12060201

[2] Franke, J. W. H., Fritz, J., Koenig, T., Merk, D. Influence of Tribolayer on Rolling Bearing Fatigue Performed on an FE8 Test Rig - A Follow-up. In *Lubricants, 2023*, 11, 123. Dostupné z: https://doi.org/10.3390/lubricants11030123

[3] ASTM E2412. *Standard Practice for Condition Monitoring of In-Service Lubricants by Trend Analysis Using FT-IR Spectrometry*. ASTM International.

Asociace technických diagnostiků ČR, z.s.
Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

44. mezinárodní vědecká konference
44th International Scientific Conference

VŠB TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

DIAGO® 2027

ATD ČR

TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA STROJŮ A VÝROBNÍCH ZAŘÍZENÍ
Technical Diagnostics of Machines and Manufacturing Equipment

konference se koná pod záštitou
Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky

a pod patronací
prof. Ing. Igora Ivana, Ph.D., rektora VŠB-TUO
dr.h.c. prof. Ing. Roberta Čepa, Ph.D., FEng., děkana Fakulty strojní

26. - 27. leden 2027
26 - 27 January 2027

Hotel Flora **, Olomouc**
Další informace a registrace na **www.atdcr.cz**

DIAGO® 2027












POZNÁMKY :

Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	340 - Katedra konstruování
Název:	TRIBOTECHNIKA V PROVOZU A ÚDRŽBĚ 2026 kniha přednášek mezinárodní konference 2026
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2026
Počet stran:	88
Vydala:	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava 17. listopadu 2172/15 708 00 Ostrava - Poruba
Tisk:	online
Náklad:	online
	neprodejné

ISBN 978-80-248-4878-5 (on-line)