Maziva – oleje – technologické kapaliny

TRIBOTECHNICKÉ INFORMACE

2/2021

Česká strojnická společnost, odborná sekce Tribotechnika a motorová paliva, ve spolupráci s redakcí časopisu TechMagazín

OBSAH:

- **Editorial** 2
- **Svět se mění a my s ním** 3
  Ing. Petr Kříž
- **Není váš olej také z recyklátu?** 4-5
  Ing. Jan Skolil
- **Základem bezpečného a bezporuchového provozu je čistý olej** 6-7
  Jan Zajíček
- **Zvláštní případy kontaminace maziv a provozních kapalin** 8-9
  Ing. Tomáš Turan,
  Ing. Vladimír Nováček
- **Reologické vlastnosti plastických maziv** 10-12
  Ing. Martin Legner,
  Ing. Jiří Valdauf

„OLEJOVÝ SECONDHAND“ JE I MODERNÍ TREND

V tribotechnice, stejně jako v ostatních oborech, probíhá neustálý proces inovací a vývoje nových produktů a technologií, nemalá pozornost je ale věnována i využití těch již vytvořených. A maziva nejsou výjimkou.

V současné „době šetrné“ je jedním z klíčových témat v oblasti tribologie a mazání také prodlužování životnosti olejů a jejich recyklace. A to nejen z důvodů finančních, ale stále více i environmentálních. Tlak na ochranu životního prostředí a ekologický přístup je dnes tak silný, že se stal jedním z klíčových faktorů v nejrůznějších sférách průmyslu, a právě olejové hospodářství patří k mimořádně ostře sledovaným. Řada průmyslových podniků už proto začala místo dřívější praxe výměny olejů ve svých strojích a zařízeních využívat technologie umožňující jejich filtraci a přečištění přímo za provozu. To jim umožňuje, i přes relativně nákladnou vstupní investici, dosahovat posléze významných finančních úspor a být neméně významně ohleduplnější k životnímu prostředí.

A ani pro oleje již vyřazené to nemusí znamenat jejich definitivní konec. Podle dostupných informací se v Evropě každoročně spotřebuje přes 4 mil. tun maziv, přičemž zhruba polovinu z tohoto objemu lze teoreticky dostat po použití s koncem jejich životní dráhy do sběrného systému k odborné likvidaci nebo přepracování. A to se také skutečně děje – většina sebraných maziv je využita pro profesionální průmyslovou regeneraci, díky níž z nich vznikne nový základový olej použitelný pro výrobu nových produktů. A staré oleje se tak v nové podobě dostávají zase do oběhu – plně v duchu současného hitu nové doby: cirkulární ekonomiky. ■

Josef Vališka,
šéfredaktor

Česká strojnická společnost
sekce **Tribotechnika a motorová paliva**
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
tel.: 221 082 203,
e-mail: strojspol@csvts.cz
www.tribotechnika.cz
www.strojnicka-spolecnost.cz

TECH MEDIA PUBLISHING s.r.o.
TechMagazín
Petržílova 19, 143 00 Praha 4
tel.: 774 622 300
e-mail: redakce@techmagazin.cz
www.techmagazin.cz

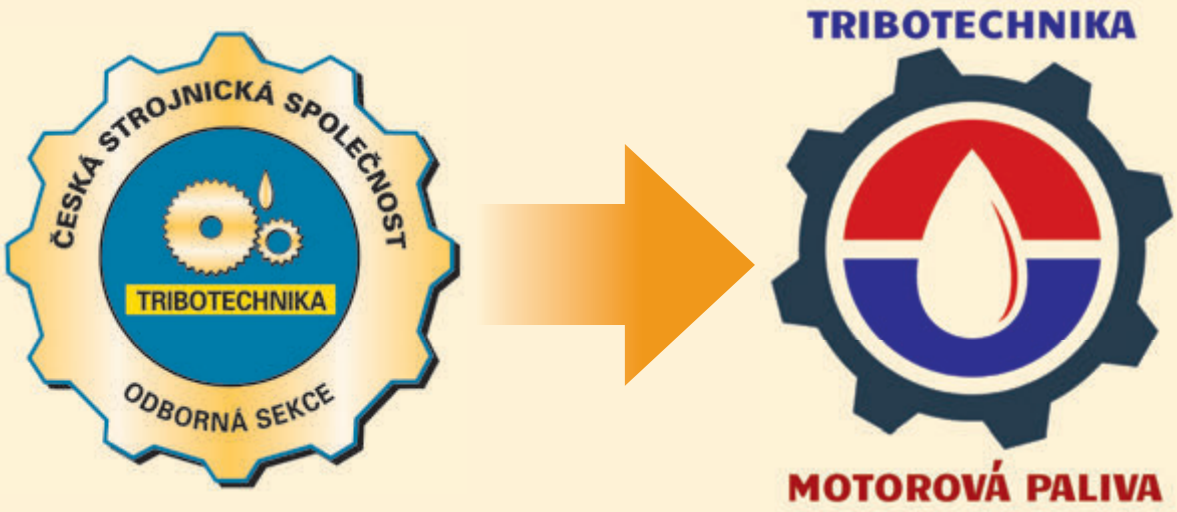
PLÁN ODBORNÝCH AKCÍ TRIBOTECHNIKY NA 1. POL. 2022

ČASOPIS

- **Tribotechnické informace č. 1/2022** příloha TechMagazínu
  Termín vydání: 10. června 2022
  odborný garant: Ing. Petr Kříž, (petr.kriz@chematribos.cz)
  organizační garant: Petr Kostolník (petr.kostolnik@techmagazin.cz)

SVĚT SE MĚNÍ A MY S NÍM

Odborná sekce Tribotechnika rozšiřuje svůj název a mění svoji identitu. Z původního označení vzniká nově: Tribotechnika a motorová paliva.



Vážení příznivci České strojnické společnosti a její odborné sekce Tribotechnika, žijeme v dynamické době, která klade mimořádné nároky na firmy i jednotlivce. Je zcela nepochybné, že lidstvo musí činit zásadní opatření v boji s globálním oteplováním výrazným snížením emisí skleníkových plynů, jak se k tomu zavázalo téměř 200 zemí v rámci Pařížské dohody, a že na této cestě bude třeba udělat spoustu kompromisů tak, jak ukázala Konference OSN o změně klimatu (COP 26), která tento měsíc skončila v Glasgow.

Při přechodu na nízkouhlíkové technologie pro získávání energie se přitom často zapomíná na elementární možnost zamezení zbytečné spotřeby energie. Obor tribologie (a jeho návazné aplikační inženýrství v praxi – tribotechnika) vznikl právě na bázi redukce ekonomických ztrát v průmyslu v důsledku důrazného využívání účinných technických řešení pro snížení tření a opotřebení, které vede k eliminaci poruch a k úsporám energií. V roce 1966 byla ve studii zpracované týmem odborníků pod vedením profesora Josta, která je považována za dokument zakládající obor tribologie (tzv. Jostova zpráva), odhadnuta roční úspora v průmyslu Velké Británie při aplikaci možností tribotechniky na obrovskou částku 1,36 % celkového HDP. Tribologie a tribotechnika tak budou hrát velmi významnou roli i v budoucím přechodu na nízkouhlíkovou ekonomiku.

Protože jsou maziva spjata s využíváním ropných produktů a syntetických přípravků petrochemie, jsou oborově blízká problematice motorových paliv, která disponují obdobnou technologickou základnou. Evropská legislativa přináší hluboké změny v oblasti motorových paliv a pohonů v dopravě. Ačkoliv nelze mít nic proti technologicky opodstatněnému využívání elektřiny z nízkouhlíkových zdrojů v rámci elektromobility, rozhodně nelze z mnoha důvodů počítat s tím, že by v příštích desetiletích nebyla důležitá kapalná a plynná motorová paliva, ať už klasická, nebo alternativní.

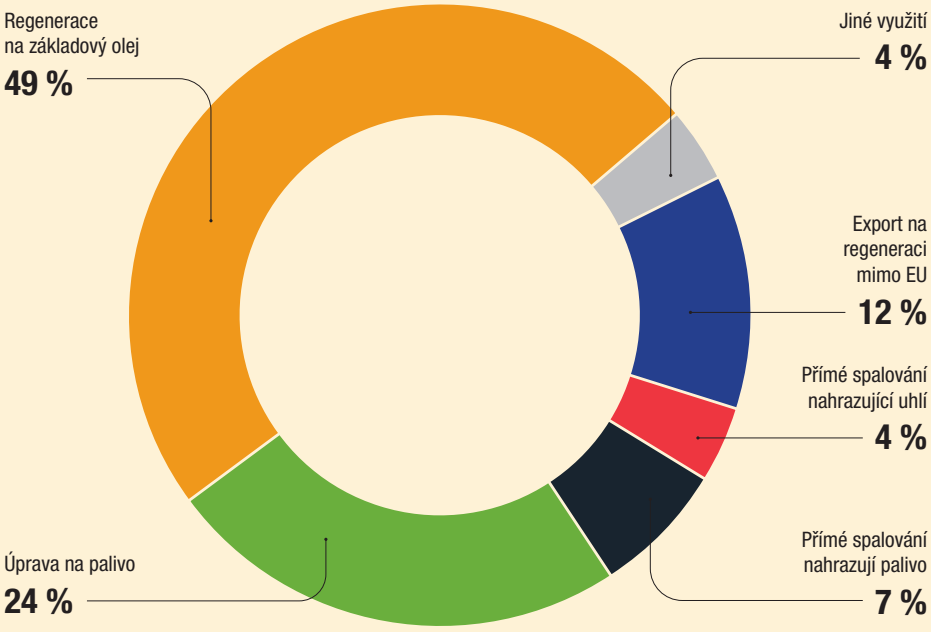
Výbor sekce Tribotechnika z výše uvedených důvodů schválil oficiální změnu názvu sekce na označení **Tribotechnika a motorová paliva**, protože již delší dobu směřujeme ke komplexnímu zaměření na maziva, paliva a provozní kapaliny. Těšíme se, že vám budeme nadále přinášet zajímavé odborné akce ve výše uvedených oblastech a v kontextu aktuálních společenských změn na bázi nestrannosti a technologické neutrality. ■

Ing. Petr Kříž
předseda odborné sekce
Tribotechnika a motorová paliva

NENÍ VÁŠ OLEJ TAKÉ Z RECYKLÁTU?

V době, kdy už i neekologické elektromobily vzali odborníci v automobilové branži na milost, zůstává prosté přiznání výroby maziv z regenerovaného oleje stále v rovině „coming out“ a trh vás za něj náležitě sežere. To, že v jednoduché matematice množství spotřeby olejů a objemu jejich recyklace něco neodpovídá, nám odhalí tento článek.

ROZDĚLENÍ VYUŽITÍ SEBRANÝCH ODPADNÍCH OLEJŮ



MNOŽSTVÍ ODPADNÍCH OLEJŮ A JEJICH VYUŽITÍ

	(cca) v tunách	Poznámka
Celková spotřeba olejů	**4,3 mil.**	= 100 % (na jejichž výrobu bylo potřeba přibližně 3,7 mil. tun základových olejů)
Sebratelné odpadní oleje	**2,1 mil.**	= 48 % z celkové spotřeby olejů
Sebrané odpadní oleje	**1,73 mil.**	= 88 % ze všech sebratelných odpadních olejů
Regenerace odpadních olejů	**1,05 mil.**	= 61 % (49 % + 12 % v grafu)
Regenerované základové oleje	**0,6 mil.**	= 18 % všech základových olejů spotřebovaných v EU

Zdroj: GEIR 2019; časopis LUBE, issue no. 154

Jedním z mýtů, který v oblasti zejména motorových maziv přežíval desetiletí, bylo rozdělení jejich zdrojů na minerální, polosyntetické a syntetické. Většina jejich současných uživatelů už tomuto dělení nepřikládá velkou váhu, ačkoliv zejména na etiketách privátních značek méně kvalitních olejů lze tento přežitek ještě zaznamenat. I do oblasti laické veřejnosti již proniklo poznání, že v každém oleji klasické viskozity i v současných lehkoběžných je až na výjimky kus syntetiky a minerálu. Dalším stigmatem výrobců olejů je (ne)přiznání původů jejich základových olejů částečně z regenerátu. Protože, kdo dnes zákazníkovi netvrdí, že jeho olej je jen z prvorafinátu, dostává glejt popsaný v záhlaví tohoto článku.

Most z plastu

Česká republika je na evropské špičce v procentuálním množství roztříděného komunálního odpadu. Je pak otázkou, nakolik tento oddělený odpad dokáže tuzemsko využít a nejde spíše o nástroj, jak stát obyvatelům ukazuje, že problematiku odpadů nějak řeší. Zvláště, když už dnes použitý tříděný plast nebere ani Čína. Potíž nastává, pokud občan, který svědomitě třídí komunál, má z recyklátu něco použít. Například ve Skryjích na Berounce je most postavený na konci druhé světové války, ale začátkem tohoto století mu zdegradovaly dřevěné příčky, přes které (po obou stranách mostu) chodí pěší. Jaké bylo překvapení, když byly tyto příčky nahrazeny plastem z recyklátu. Přiznávám, že z počátku chození po nich vyvolávalo velmi nepříjemné pocity. Ani ne tak v nejistotě z okamžité pevnosti umělého materiálu, ale spíše v jeho trvanlivosti v čase a podnebních podmínkách. Po deseti letech pravidelného přecházení řeky přes most tento pocit zmizel, jelikož příčky z recyklovaného plastu zůstávají stále stejně tvrdé.

Spotřeba olejů v EU

V celé Evropě se každoročně spotřebuje okolo 4,3 mil. tun maziv. Česko se na tomto množství podílí asi 140 tis. tunami. Přibližně jedna polovina ze spotřebovaného množství olejů v EU je teoreticky sebratelná, každoročně z ní tak doputuje na odbornou likvidaci okolo 88 %, tedy 1,73 mil. tun. V předloňském roce pak z tohoto množství bylo 39 % využito energeticky nebo jiným

FOTO: Jan Skolil

způsobem a neuvěřitelných 61 % všech sebraných maziv dalo vzniknout regenerátu! V celé EU se o toto množství podělí asi třicet rafinerií. Produkují nový regenerovaný základový olej procesy, jako je hydrogenace nebo rozpouštědlové extrakce. V Německu dokonce existuje jedna rafinerie, která z odpadu vyrábí základový olej skupiny III. Nicméně pokud pomineme Bulharsko a Řecko, nenajdeme žádné podobné zařízení v celé střední a jihovýchodní Evropě. K nám nejbližší jsou dvě v Polsku a několik v Německu.

Regenerace ve světě

První idea na recyklaci použitých olejů se v Evropě objevila už v roce 1969 a první legislativa řešící jejich kvalitu pak v roce 1975. Ve Španělsku se např. zregeneruje v průměru 72 % všech odpadních olejů na základový olej (v roce 2015 měli v Madridu rekord, kdy zregenerovali 78 % všech použitých olejů). Aktuálně nejvyšší progres na recyklaci olejů je zaznamenán v Turecku, kde firma Tyaras vystavěla novou rafinerii na základový olej skupiny II. Tam má najít nové využití přibližně 20 % všech tureckých již jednou použitých maziv. Světově největším regenerátorem olejů za rok

> Nemusíme se bát regenerátu, kvalitu ošetřují příslušné laboratorní normy a jeho čistotu chemická legislativa.

2017 jsou USA (1 mil. tun), následované Čínou, Německem a Kanadou. Samotná EU plánuje do roku 2025 regenerovat více jak 85 % všech sebraných použitých olejů. V současnosti vznikne v EU přibližně 0,6 mil. tun nových základových olejů z odpadů, což je necelá 5násobná roční spotřeba celého Česka.

Co když je to zrovna ten váš?

Pokud se vrátíme k původnímu číslu 4,3 mil. tun spotřebovaných olejů, znamenalo by to, že k jejich vzniku je potřeba přibližně 3,7 mil. tun základových olejů. Prostým porovnáním s 0,6 mil. tun druhorafinátů vznikajících na kontinentě ročně zjišťujeme, že přibližně každý pátý litr oleje v EU uvedeného na trh je původem z regenerace! Netvrdíme, že se z této suroviny vyrábí nejmodernější lehkoběžné oleje nebo prvonáplně nových OEM vozidel. Ale někde tyto regenerované suroviny najít uplatnění musí, to by nám jinak počet rafinérií na odpady nepřibýval. Podobně jako v případě nástupu elektromobilů je tedy nutné se s tímto faktem smířit a netvrdit, že zrovna ten můj olej je z prvorafinátu. Ona totiž není daleko doba, kdy použití oleje z regenerátu bude vyžadovat firemní politika, uvědomělý zákazník nebo za něj získáte daňové úlevy. A naopak, za použití maziva z neobnovitelné ropné suroviny bude penalizace, stejně jako ji mají automobilky za výrobu vozidla s vyšší spotřebou CO_2.

Pak budete za jeho přítomnost ve vašem produktu vlastně rádi a budete na to chtít doklad. A bát se regenerátu není potřeba, požadovanou kvalitu ošetřují příslušné laboratorní normy a jeho čistotu chemická legislativa. Na druhou stranu si nedělejme iluze, že původ základového oleje se dá laboratorně z hotového maziva poznat. Nedá. Tedy pokud není špatně vyroben nebo náhodou nevíte přesně, který původní odpadní olej v něm hledat. Můžete o tom jen spekulovat, ale nikdy to dokázat. ■

Ing. Jan Skolil, Ph.D., CLASSIC Oil

▼ INZERCE

KLEENTEK®

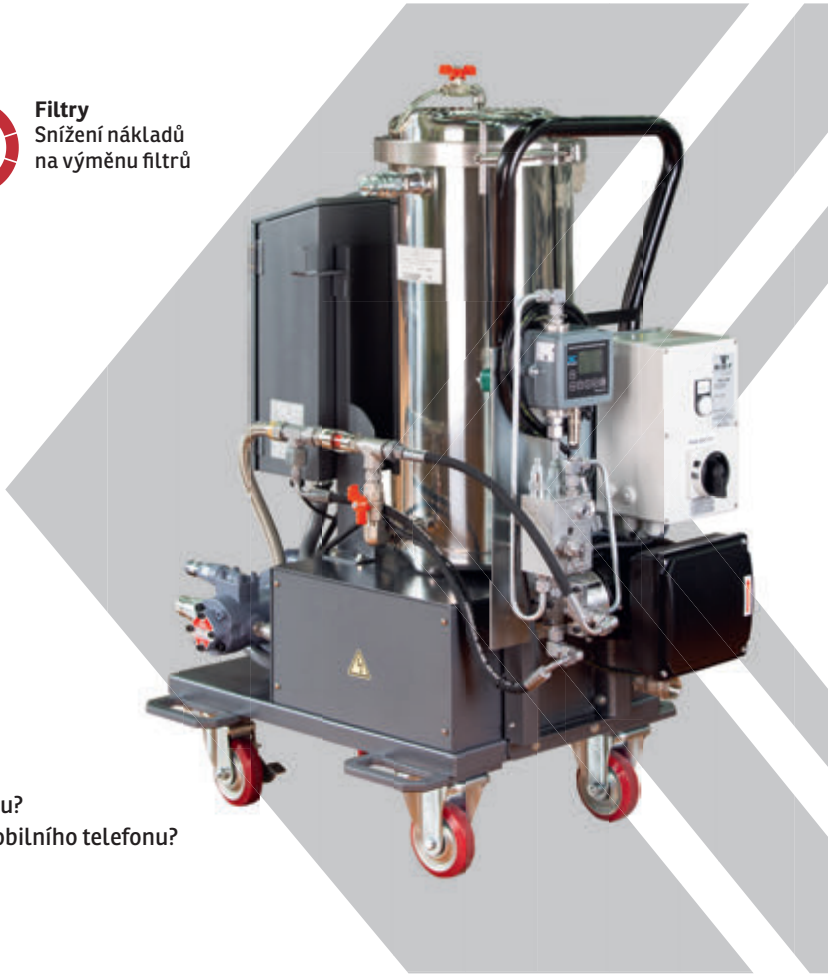
90% **Olej** Snížení nákladů na výměnu oleje

80% **Prostoje** Snížení nákladů vzniklých prostoji

80% **Filtry** Snížení nákladů na výměnu filtrů

70% **Údržba strojů** Snížení nákladů na údržbu strojů

56% **Poruchy strojů** Snížení nákladů na opravy strojů



Čistý olej, čistý zisk

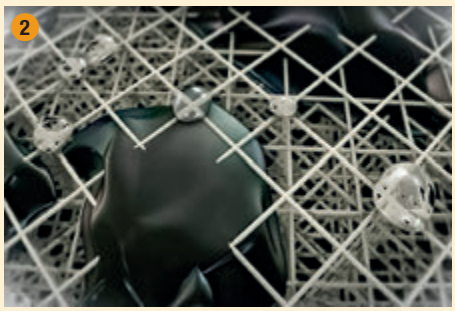
Strategie nulových poruch

Dokážete si představit, že nebudete nakupovat oleje pro vaši výrobu?
Budete moci sledovat výkonnost vašich maziv v reálném čase z mobilního telefonu?
Myslíte si, že je to fikce? Přesvědčíme vás, že je to realita.
Průmysl 4.0 se společností KLEENTEK.

www.kleentek.cz

ZÁKLADEM BEZPEČNÉHO A BEZPORUCHOVÉHO PROVOZU JE ČISTÝ OLEJ

Se stejným nasazením, s jakým dával góly během své sportovní kariéry, se po jejím skončení věnuje někdejší hokejový reprezentant Jan Zajíček byznysové sféře v oblasti technologie pro čištění vzduchu a recyklaci olejů za provozu strojů.



1 Filtr a jeho řez s filtrační vložkou ze speciálního kukuřičného papíru.

2 Díky unikátní mikrostruktuře jsou fitry Filtakleen schopny nejen zachytávat mikronečistoty v oleji, ale i separovat z něj vodu.

3 Typické zapojení by-pass filrů.

Jeho firma Filtakleen nabízí provádění filtrace a analýzu olejů (hydraulických, turbínových, kompresorových, řezných či bio-olejů), čištění sacích košů, filtrů a prodej bypass filtrů, ale i pronájem filtračních stanic a servis u zákazníka. Především se však od roku 1994 jako první v ČR zabývá mikrofiltrací hydraulických, turbínových a kompresorových olejů a jiných provozních kapalin. V průběhu let se tak firma stala špičkou v této branži.

S technologií se Jan Zajíček seznámil za svého působení v Belgii, kde trénoval tamní hokejisty a pracoval pro firmu, která zařízení Filtakleen používala. Od majitele si nechal systém na filtraci olejů, který umožňuje výrazně šetřit s tím související náklady, podrobně vysvětlit – jak princip funguje, co dokáže, jeho výhody apod.

Zastupovat značku Filtakleen na českém trhu mu přišla jako zajímavý nápad pro podnikatelskou dráhu, o níž uvažoval po skončení svého aktivního působení ve sportu. V té době totiž byla technologie na našem trhu de facto neznámá, což se ale posléze ukázalo i jako poměrně podstatný problém, protože nikdo s ní neměl praktické zkušenosti. Dnes už mezi reference, kterými se u nás Filtakleen může pochlubit, patří firmy, jako Škoda Auto, Engel CZ, Bosch, Hammelmann, Linde & Wiemann, Hydročez, MUS Mostecká uhelná aj. Prosadit se ale nebylo snadné a podmínkou pro získání zastoupení bylo pořídit značný objem zboží, což bylo riskantní rozhodnutí.

Příběh Filtakleen

Přesvědčit potenciální uživatele nové technologie o její účinnosti trvalo několik let, až do roku 2000, kdy se konečně podařilo prorazit. Nebyly to lehké časy, konstatuje Jan Zajíček, který se zasloužil o to, aby se novinka s názvem Filtakleen dostala i k českým firmám.

„Po pravdě řečeno nikdo nové technologii nevěřil. Nevědělo se, že něco takového existuje, ani že až 90 % poruch na hydraulice je právě kvůli znečištěným olejům. V našem průmyslu se nějaké čištění olejů tehdy neřešilo, podniky měly jen stanovené plány údržby a výměny olejových náplní. Nechal jsem si udělat překlady anglických podkladů, a jezdil s katalogy po firmách. Protože internet ještě neexistoval, bylo nutné si telefonem domluvit schůzku a tam se snažit zákazníky přesvědčit osobně," charakterizuje komplikované počátky Jan Zajíček.

> Plně odstraní obě věci najednou – mechanické nečistoty i vlhkost v oleji, což jsou hlavní příčiny poruch stroje.

Prvním klientem, kterého se podařilo přesvědčit, byla firma v Rokycanech, pak následovaly další, vesměs menší podniky. Poté se podařilo dosáhnout rozhodující průlom – technologickou novinku Filtakleen se rozhodla vyzkoušet Škoda Auto. Pro Jana Zajíčka se tak konečně otevřela cesta k vytoužené klíčové referenci.

„Přivezl jsem to v roce 1993 a přesvědčoval až do roku 1999, skoro každý týden. Stálo to spoustu úsilí a energie, ale až řešení dlouhodobě odzkoušeli, teprve pak mu začali věřit. Firma ale musela vypsat výběrové řízení na dodavatele. Zadáním tendru, na který jsem byl pozván, bylo vyčistit olejovou náplň jedné nádrže. Poté vyčištěné vzorky oleje firma zaslala do vlastní laboratoře. Časem mě telefonicky pozvali, abych přijel, a tam laborantka oznámila, že firma Filtakleen vyčistila olej tak, že je čistší než nový, takže zakázku jsem získal a zúročilo se osm let těžké práce," popisuje přelomový moment Jan Zajíček.

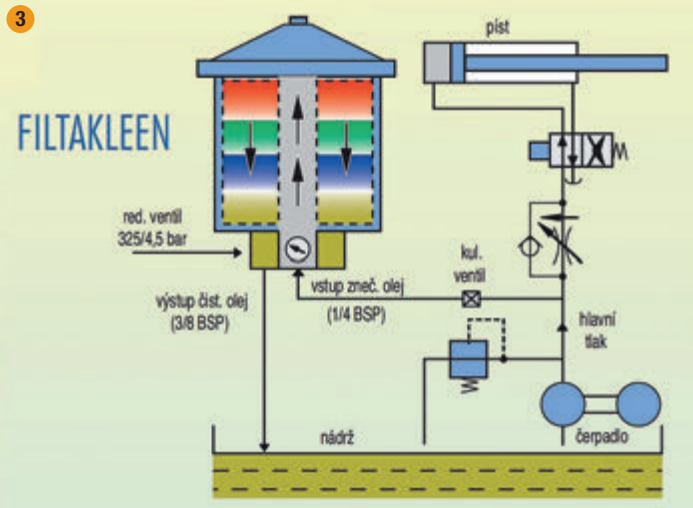
Univerzální řešení neexistuje

Vždy závisí na konkrétních podmínkách, např. v provozech, kde je více zařízení s olejovými nádržemi různých objemů od několika tisíc po pouhých několik litrů, může paradoxně třeba menší nádrž znamenat větší problém než ta obrovská.

„Když se kvůli 10 litrům špinavého oleje v menší nádrži zastaví stroj a pak i deset dalších, které na něj technologicky navazují, tak se zastaví následně celá

FOTO: Filtakleen

linka, zatímco pokud třeba nádrž s dvěma tisíci litry pohání jeden agregát (např. lis), který když se na chvíli zastaví, nepředstavuje až tak vážné ohrožení provozu. To znamená nejdříve se důkladně seznámit s podmínkami, v nichž má zařízení fungovat – záleží na tom, jak intenzivně stroj pracuje, zda jde o jednosměnný nebo vícesměnný provoz, v jakém prostředí, jestli v čisté hale, nebo v prašném provozu, poznat všechny souvislosti a podle toho pak nakonfigurovat na míru skutečně nejlepší možné a nejspolehlivější řešení," vysvětluje Jan Zajíček.



Dvě jednou ranou

V současnosti je systém už v několikáté generaci, ale základní princip je naprosto stejný – závisí na speciální filtrační vložce, která je schopna zachytit mechanické nečistoty do 1 µ + 100% odstranit z oleje vodu (vlhkost). Filtrační vložky Filtakleen jsou vyrobeny ze speciálního kukuřičného papíru, ale vlastní technologie, jejíž vývoj trval 12 let, je firemním tajemstvím. Což není divu, vzhledem k její extrémně vysoké účinnosti, a to dokonce do takové míry, že – jak dokumentují i výsledky testů – udržuje hydraulický olej v lepší čistotě než nový.

Některé firmy mají zařízení na čištění oleje, které jej vyčistí mechanicky, ale pak musí ještě odebrat vodu. Zařízení Filtakleen dělá obě věci najednou a plně odstraní jak mechanické nečistoty, tak i vlhkost v oleji, což jsou dvě hlavní a nejčastější příčiny poruch stroje, tato filtrace je neutrální vůči aditivům. Odstraňuje účinně všechny poškozující částice vzniklé opotřebením, které projdou hlavním filtrem, a to včetně ultrajemných částic do 1 mikronu, i riziko poškození pumpy pitinky z usazenin na vstupních filtrech. Eliminuje i veškerý obsah vody, čímž se snižuje kyselost oleje a prodlužuje se dramaticky nejen životnost oleje, ale hlavně stroje, předchází se korozi a chemickému poškozování spojů a hadic. Dva základní typy filtračních vložek se liší absorpční schopností – filtrační vložka C78 pojme jeden litr vody a filtrační vložka C88 až dva litry. Obě mají 100% účinnost, tzn., že odstraní z oleje kompletně všechnu vodu.

Systém je nabízen jak v mobilní verzi, kterou lze převážet od stroje ke stroji, nebo jako častější varianta je nainstalován stabilně na daném zařízení a olej se čistí přímo za chodu stroje, což je ideální např. pro hydraulické agregáty, jako jsou bagry, důlní stroje apod. ■

Josef Vališka

▼ INZERCE

FILTRACE OLEJŮ ZA PROVOZU

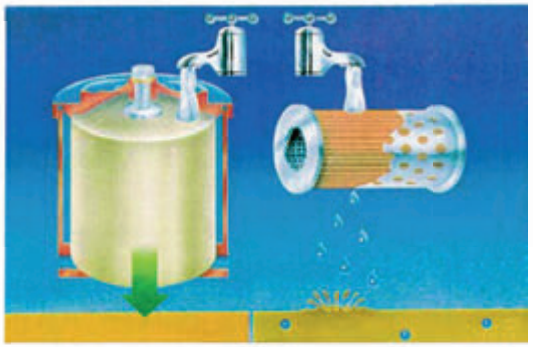
FILTAKLEEN® s.r.o.

ULTRAJEMNÁ FILTRACE ZCELA ODSTRAŇUJE VODU ZE VŠECH DRUHŮ OLEJŮ: MINERÁLNÍCH, SYNTETICKÝCH, POLOSYNTETICKÝCH I BIO-OLEJŮ.

Čistý olej je základem bezporuchového chodu strojů i zařízení

TECHNOLOGIE FILTAKLEEN TENTO PROBLÉM 100% ŘEŠÍ.

Tato filtrace je neutrální vůči aditivům.



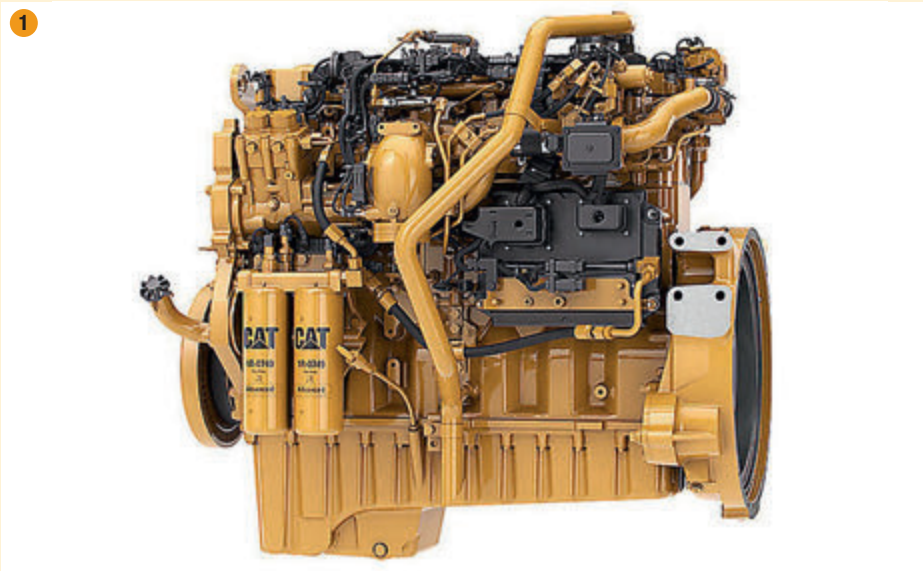
*Filtr **FILTAKLEEN*** *Plnoprůtokový filtr*

Zastoupení pro Východní Evropu:
FILTAKLEEN s.r.o., Pod Mlýnkem 101/8, 160 00 Praha 6,
Mob.: +420 605 117 375, e-mail: zajicek@filtakleen.eu, **www.filtakleen.eu**

Již 28 let na českém a slovenském trhu.

ZVLÁŠTNÍ PŘÍPADY KONTAMINACE MAZIV A PROVOZNÍCH KAPALIN

Analýzy maziv jsou dnes používány především pro tribotechnickou diagnostiku strojů. V článku chceme ukázat dva zvláštní případy, ve kterých analýza maziva a nežádoucích úsad přispěla k vyřešení náhlého nečekaného problému.



První případ – neobvyklé úsady v olejovém systému naftového motoru

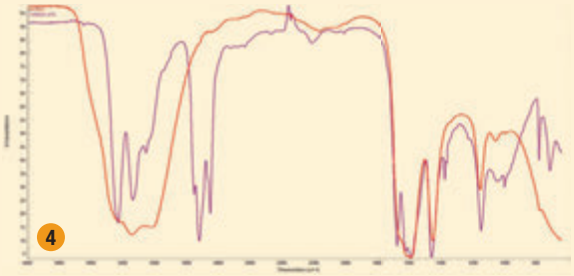
Naftový motor kolového nakladače byl pravidelně sledován pomocí analýz motorového oleje. Vzorky byly odebírány vždy po ca 500 motohodinách těsně před výměnou oleje. Byl použit olej výkonnostní klasifikace API CH-4 a viskozitní klasifikace 10W-30 (viz **tab. 1**).

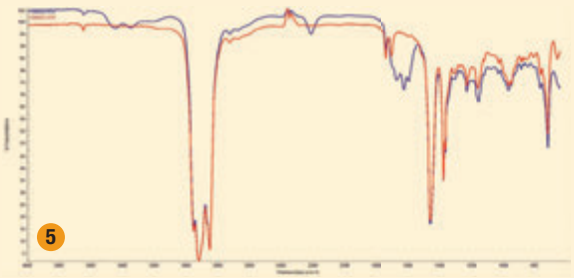
TABULKA 1: TYPICKÉ HODNOTY VYBRANÝCH PARAMETRŮ NOVÉHO OLEJE

Kin. viskozita při 100 °C (mm²/s)	11,9
Viskozitní index	145
TBN (mg KOH/g)	10,6
Obsah síry (% hmot.)	0,3
Obsah fosforu (% hmot.)	0,1
Obsah zinku (% hmot.)	0,109

Výsledky provedených rozborů byly v pořádku až na poslední vzorek, ve kterém byla detekována voda a zvýšený obsah některých kovů. Ten byl ale odebrán až po havárii motoru.

Po havárii motoru bylo zjištěno, že došlo ke zhroucení olejového filtru. Filtr byl ucpán černou úsadou mazlavého charakteru, jak je vidět na **obr. 2**. Úsada byla i na vnitřních částech motoru (viz **obr. 3**).



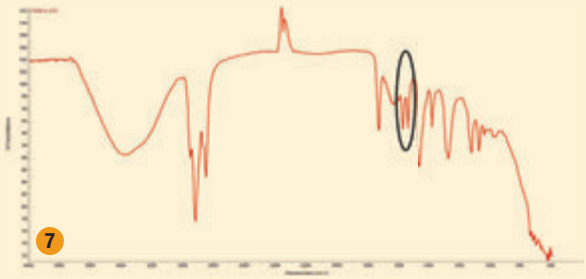


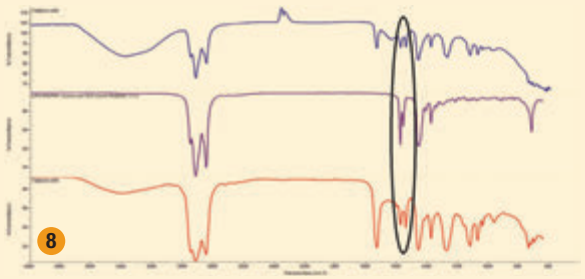
1 Motor kolového nakladače.
2 Poškozený olejový filtr.
3 Úsada v ložisku motoru.
4 FTIR spektra úsady (fialové) a Ad Blue (červené).
5 FTIR spektra použitého oleje (modré) a nového oleje (červené).
6 Kontaminovaná emulze.
7 FTIR spektrum naměřeného vzorku nečistot.
8 FTIR spektrum vzorku nečistot (modré), FTIR spektrum plastického maziva se zpevňovadlem na bázi lithia (fialové) a FTIR spektrum plastického maziva se zpevňovadlem na bázi vápníku (červené).

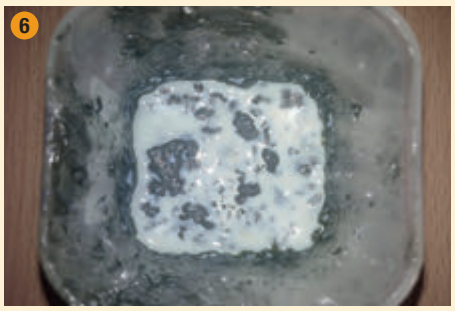
Pro analýzu byly dodány vzorky úsady posledního vzorku použitého oleje z motoru a nového nepoužitého oleje. Vzorek úsady byl analyzován infračervenou spektrometrií FTIR-ATR technikou a rentgenovou fluorescenční spektrometrií (XRF). Výsledky XRF ukázaly, že v úsadě jsou v desítkách procent přítomny zinek, fosfor, síra a železo. V infračerveném spektru úsady jsou zjevné pásy odpovídající kapalině Ad Blue (32% roztok močoviny ve vodě): 3400, 3300, 1660 a 1600 cm^{-1} (viz **obr. 4**).

Porovnáním FTIR spekter použitého a nového oleje bylo zjištěno, že ve spektru použitého oleje jsou stejné pásy (viz **obr. 5**). Prvky zjištěné v úsadě odpovídají přísadě motorového oleje typu dialkyldithiofosfát zinku a zvýšenému opotřebení motoru. Problém vzniku podobných úsad je ostatně znám z provozu chladicích kompresorů, ve kterých byl jako chladivo použit amoniak. Někdy se nedopatřením stalo, že při doplňování oleje byl použit motorový olej, což velmi rychle vedlo k zanesení kompresorů podobnými úsadami. Úsady vznikají reakcí amoniaku

FOTO: ALS Czech Republic







> Speciální analýzy, jako FTIR a XRF, pomáhají vyřešit nestandardní vzorky z oboru tribotechniky.

nebo jeho derivátů s přísadami typu dialkyldithiofosfát zinku. Zjevně byla do motorového oleje doplněna kapalina Ad Blue.

Druhý případ – Kontaminace emulze

Jiným případem je kontaminace emulze nečistotami (viz **obr. 6**). V obráběcí kapalině se objevily shluky nečistot, které chtěl zákazník identifikovat, aby mohl provést nápravné opatření. Protože bylo podezření, že by se do kapaliny mohlo dostávat plastické mazivo s lithným zpevňovadlem, byla k identifikaci vybrána metoda FTIR (infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací). Před samotným měřením bylo nutné nečistoty z emulze separovat, promýt vodou pro odstranění emulze a vysušit, aby z nečistot byla separována voda, která by mohla vadit při identifikaci maziva.

Po naměření FTIR spektra (**obr. 7**) byl v oblasti 1580 a 1540 cm^{-1} nalezen dvojpás, který indikoval přítomnost kovových mýdel (zpevňovadel) ve vzorku nečistot.

Porovnáním se spektrem plastického maziva s lithným zpevňovadlem vyšlo najevo, že si zpevňovadla neodpovídají a bylo nutné zjistit, o jaké plastické mazivo by se mohlo jednat. Na **obrázku 8** je ukázáno spektrum vzorku plastického maziva v porovnání s mazivem s lithným zpevňovadlem a se spektrem plastického maziva, které bylo vyhledáno s pomocí knihovny spekter. Zatímco lithné zpevňovadlo má charakteristické pásy v oblasti 1560 a 1580 cm^{-1}, u vzorku nečistot byly nalezeny pásy v oblasti 1540 a 1575 cm^{-1}. Tyto pásy jsou charakteristické pro zpevňovadlo na bázi vápníku.

Závěr

Speciální analýzy, jako jsou infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací (FTIR) a rentgenová fluorescenční spektrometrie (XRF), pomáhají vyřešit nestandardní vzorky z oboru tribotechniky. Jejich výhodou je rychlost provedení, nevýhodou nutnost zkušeného analytika/diagnostika pro vyhodnocení výsledků. ■

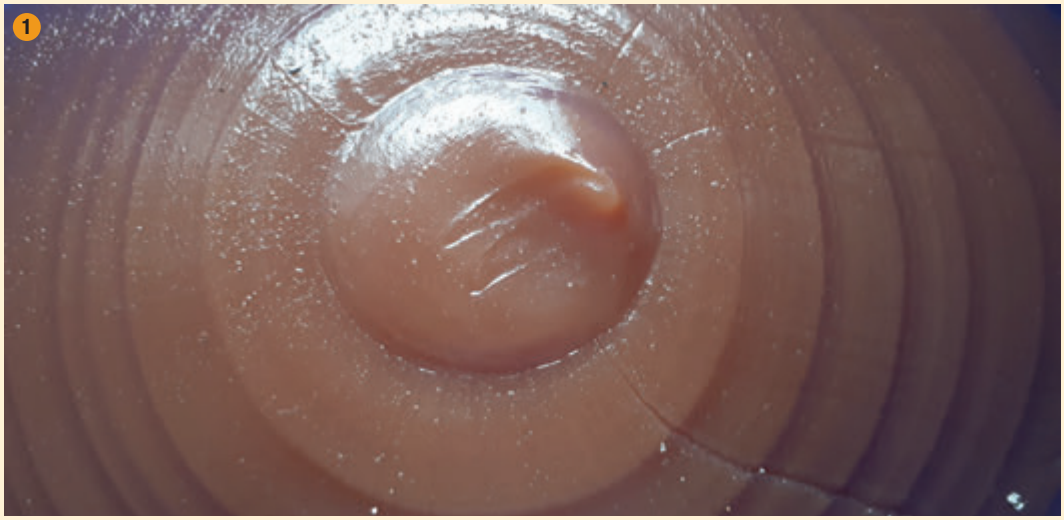
Ing. Tomáš Turan, Ing. Vladimír Nováček, ALS Czech Republic

FOTO: ALS Czech Republic

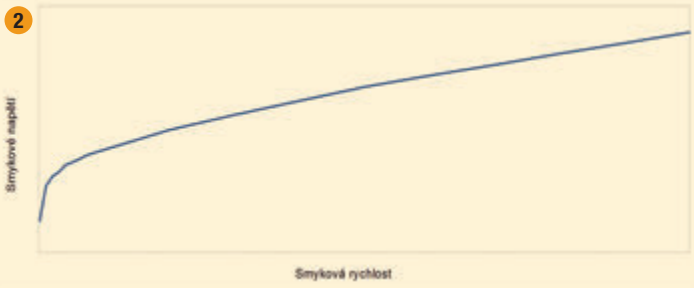
▼ INZERCE

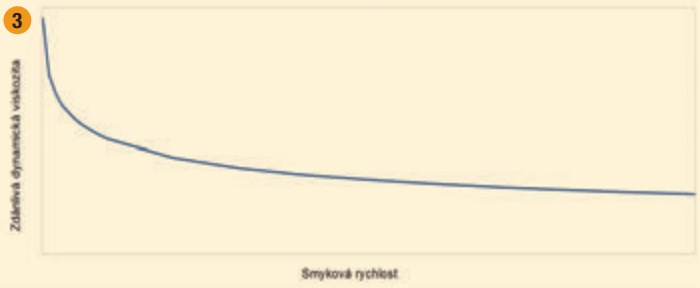
REOLOGICKÉ VLASTNOSTI PLASTICKÝCH MAZIV

Stanovení reologických vlastností je v současné době nedílnou součástí hodnocení kvality plastických maziv, i když ne zdaleka tak využívanou, jako např. stanovení penetrace kuželem, bodu skápnutí, odlučivosti základového oleje a měření infračervenou spektrometrií.



1 Vzhled plastického maziva
2 Toková křivka (Reogram)
3 Viskozitní křivka
4 Rotační viskozimetr
5 Pracovní geometrie deska-deska
6 Rotační viskozimetr – správné dávkování vzorku
7 DIN 51810-1 Měřící program
8 Konzistence plastických maziv
9 Výsledky testů
10 Toková křivka (Reogram) 25 °C
11 Toková křivka (Reogram) 60 °C
12 Toková křivka (Reogram) 0 °C

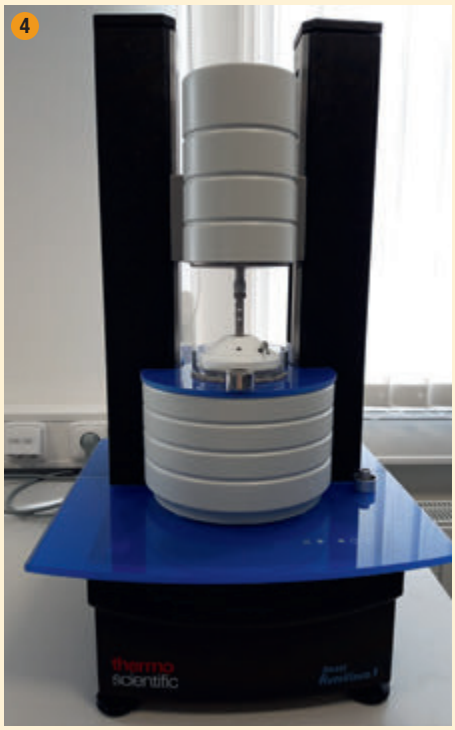




Rádi bychom vám představili metodu pro stanovení smykové viskozity podle DIN 51810-1 a metodu pro stanovení meze toku plastických maziv rotačním viskozimetrem.

Plastická maziva

Plastická maziva jsou vícefázové disperzní systémy složené z kapalné fáze (mazacího oleje) a dispergované tuhé fáze (zpevňovadla). Zpevňovadlo vytváří v oleji určité struktury (sítě, mřížky), které mazivu dodávají charakteristické reologické (tokové) vlastnosti. Podle typu a množství zpevňovadla mohou mít maziva různou konzistenci, od tekuté až po velmi tuhou (**obr. 1**). Konzistence plastického maziva je klasifikována podle stupnice zavedené organizací NLGI (National Lubricating Grease Institut) od 000 do 6. Pro vylepšení vlastností olejové složky se používají různé zušlechťující přísady např. antioxidanty, látky s protikorozními a protioděrovými schopnostmi, pevná maziva pro vylepšení tzv. vysokotlakých vlastností (grafit, MoS2).



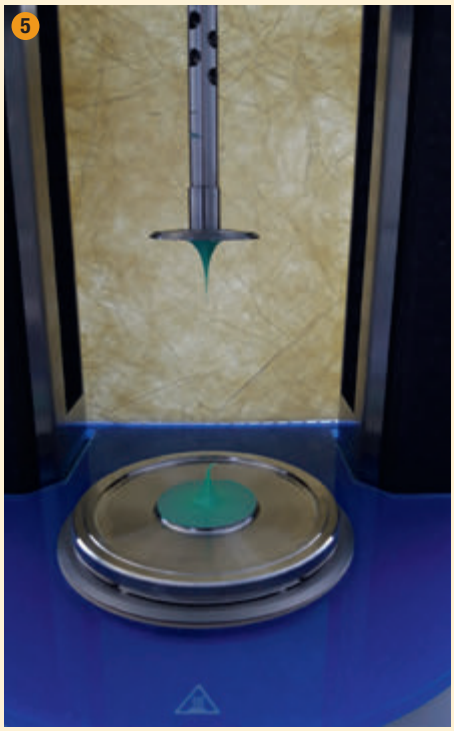
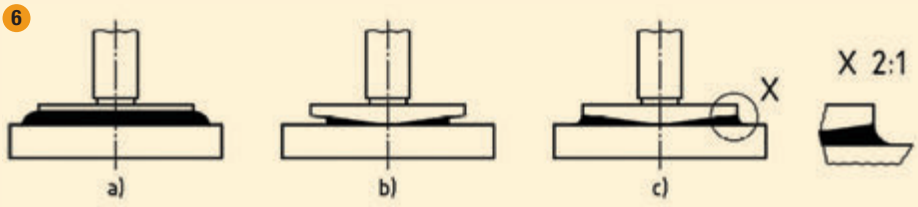


FOTO: archiv

6



8

NLGI	Penetrace, 1/10 mm	Konzistence PM	Mez toku [Pa]
000	445 – 475	tekutá	99 – 74
00	400 – 430	polotekutá	147 – 113
0	355 – 385	velmi měkká	222 – 169
1	310 – 340	měkká	344 – 255
2	265 – 295	poloměkká	573 – 404
3	220 – 250	středně tuhá	1081 – 696
4	175 – 205	polotuhá	2522 – 1392
5	130 – 160	tuhá	6057 – 3569
6	85 – 115	velmi tuhá	13462 – 7643

9

	Plastická maziva pro okolky kol					
	Mazivo A (25°C)	Mazivo A (60°C)	Mazivo A (0°C)	Mazivo B (25°C)	Mazivo B (60°C)	Mazivo B (0°C)
	maximální smyková rychlost 1000 s^{-1}					
Počáteční smyková viskozita [Pas] podle DIN 51810-1	0,218			0,296		
Konečná smyková viskozita [Pas] podle DIN 51810-1	0,195			0,238		
Relativní změna viskozity [%] podle DIN 51810-1	10,4			19,6		
	smyková rychlost v rozsahu 0,1-100-0,1 s^{-1}					
Mez toku [Pa]	19,1	15,5	23,1	20,1	17,6	142
Velikost tixotropní oblasti [Pa/s]	208	273	268	330	322	2656

Z reologického hlediska jsou plastická maziva považována za tixotropní viskoplastické látky. Mezi jejich nejdůležitější reologické charakteristiky patří mez toku, což je tlak, při kterém plastické mazivo přejde ze stavu tuhé látky do stavu kapalného. Viskozita plastických maziv závisí především na jejich fyzikálně-chemickém složení, ale také na teplotě, tlaku a čase. Vykazují tixotropní chování, které je charakterizováno pozvolným poklesem viskozity v čase při mechanickém namáhání, tj. při rostoucím smykovém napětí, s následným obnovením struktury, vzrůstem viskozity po odlehčení, při poklesu smykového napětí. O tixotropii se hovoří jen v případě, že zmíněné změny konzistence probíhají za konstantní teploty a vzhledem k vnějšímu mechanickému působení se jedná o vratné změny.

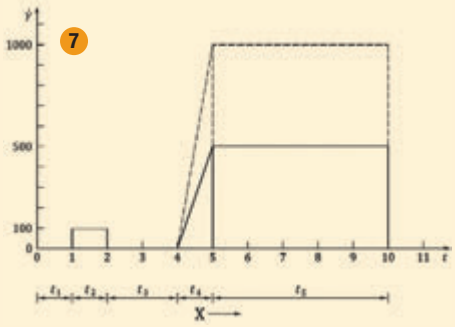
Tokové a viskozitní křivky

Závislosti mezi smykovým napětím a rychlostním gradientem (smykovou rychlostí) se experimentálně zjišťují a zobrazují jako tzv. tokové křivky (reogramy). Dále mohou být tokové vlastnosti kapalin vyjádřeny prostřednictvím zdánlivé dynamické viskozity, která je definována jako poměr mezi smykovým napětím a smykovou rychlostí (**obr. 2 a 3**). Tyto experimentálně naměřené tokové křivky a průběhy zdánlivé viskozity lze aproximovat vhodnými matematickými vztahy, které se nazývají reologické modely a viskózní funkce, např. Binghamův, Cassonův a Herschel-Bulkleyův viskoplastický model.

Rotační viskozimetr

U rotačních viskozimetrů (**obr. 4**) je vzorek podrobován smyku mezi dvěma definovanými plochami, z nichž jedna vykonává otáčivý pohyb a vyhodnocuje se brzdný účinek vzorku při různých rychlostech otáčení. Obě části pracovní geometrie jsou souosé a používají se ve třech základních konfiguracích: deska–deska (viz **obr. 5**), kužel–deska, válec–válec. Každá je vhodná pro určité konzistence zkoušených materiálů a různé druhy měření. Smyková rychlost neboli rychlost smykové deformace se počítá z úhlové rychlosti rotující části geometrie a smykové napětí je určeno točivým momentem. Existují dva režimy, ve kterých tyto přístroje pracují. Buďto je nastaveno smykové napětí a úměrně tomu se měří smyková rychlost (CS - Controlled Stress), nebo je nastavena smyková rychlost a měří se smykové napětí (CR - Controlled Rate). Podle toho, která část geometrie je ta pracující, dělíme měřicí systémy na Couettův,

7



kdy se otáčí dolní deska (případně vnější válec), nebo na častěji používaný Searlův, kdy se pohybuje horní deska (popřípadě vnitřní válec).

Stanovení smykové viskozity

Stanovení se provádí podle DIN 51810-1: Zkoušení maziv - Zkoušení reologických vlastností plastických maziv - Část 1: Stanovení smykové viskozity rotačními viskozimetry s měřicím systémem kužel–deska. Tato norma specifikuje metodu pro stanovení smykové viskozity (zdánlivé dynamické viskozity) plastických maziv NLGI tříd 000 až 2 při konstantní smykové rychlosti po definovaném předzatížení pomocí měřicího systému kužel–deska. Na dolní statickou desku rotačního viskozimetru se nanese dostatečné množství vzorku bez vzduchových bublin a po nastavení správné vzdálenosti obou částí pracovní geometrie se přebytečné mazivo odstraní. Správné nadávkování vzorku je znázorněno na **obr. 6c**. Měřicí program je uveden na **obr. 7**, pro plastická maziva NLGI třídy 000 až 1 je maximální smyková rychlost 1000 s^{-1}, pro maziva třídy 2 pak 500 s^{-1}. Výsledkem zkoušky, odkazující na tuto normu, jsou dvě smykové viskozity (počáteční a konečná), vypočítané z nastavené maximální smykové rychlosti a příslušných naměřených smykových napětí. V některých případech může být nejdůležitějším výsledkem celého měření relativní změna viskozity v procentech čili pokles viskozity s časem při konstantním zatížení.

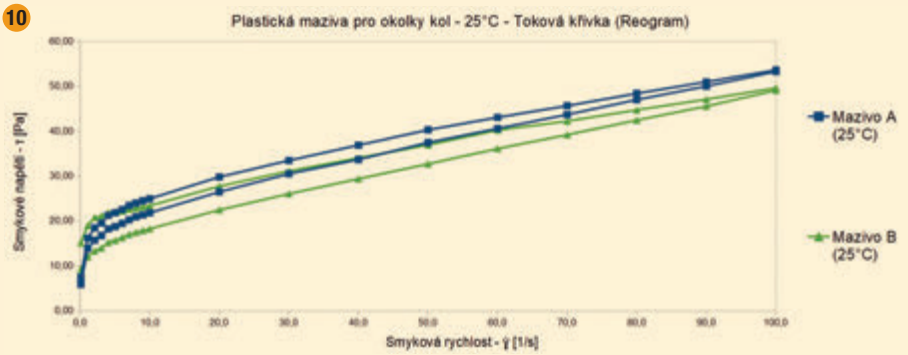
Stanovení meze toku

Doporučenou metodou pro stanovení meze toku je DIN 51810-2: Zkoušení maziv - Zkoušení reologických vlastností plastických maziv - Část 2: Stanovení meze toku oscilačním reometrem s měřicím systémem deska–deska. Jelikož náš přístroj oscilační měření neumožňuje, vytvořili jsme vlastní Standardní operační postup: Stanovení meze toku, měření tokových (Reogram) a viskozitních křivek plastických maziv pomocí rotačního viskozimetru. Princip metody spočívá v naměření závislosti smykového napětí na smykové rychlosti v rozsahu smykových rychlostí 0 až 100 s^{-1} metodou stupňovitého navyšování smykové rychlosti

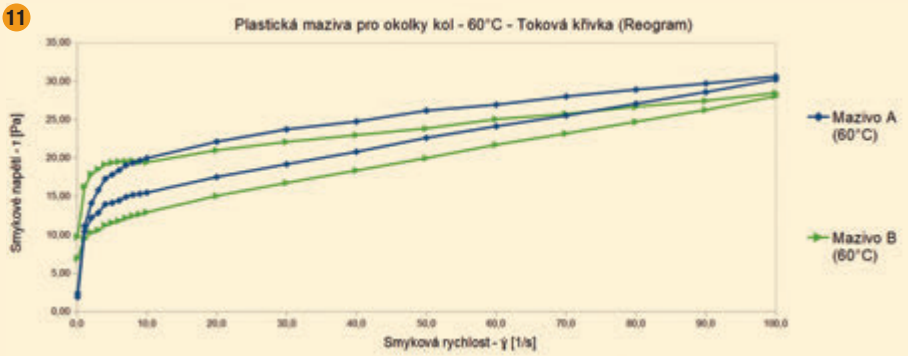
FOTO: archiv

▼ INZERCE

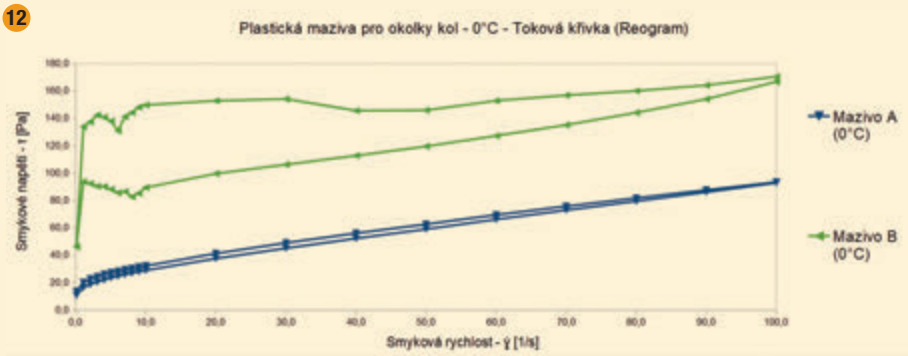
10



11



12



a poté jejího identického snižování až zpět k nule. Hodnoty smykového napětí jsou následně přepočítávány na hodnoty smykové viskozity neboli tzv. zdánlivé dynamické viskozity. Tyto závislosti jsou zpracovány do grafické podoby, kde Toková křivka neboli Reogram je závislost smykového napětí na smykové rychlosti a Viskozitní křivka je závislost smykové viskozity na smykové rychlosti. Z tokové křivky při vzrůstající smykové rychlosti je poté stanovena mez toku plastického maziva, která se určí extrapolací smykového napětí na tzv. nulové smyky (nulová hodnota smykové rychlosti) za pomoci Cassonova matematicko-reologického modelu (jako kontrolní se používají modely Herschel-Bulkleyův a Binghamův). Tixotropní chování je dáno hysterezí tokové křivky, tzn. jako velikost oblasti, která je stanovena rozdílem mezi tokovou křivkou získanou při nárůstu smykové rychlosti a při jejím poklesu.

Vztah mezi konzistencí plastického maziva a mezí toku

Konzistence plastických maziv a jejich rozdělení do NLGI tříd podle rozsahu penetrace se provádí podle ČSN 65 6901, která odpovídá ASTM D217-88 a DIN 51818. Stanovení penetrace se provádí podle ČSN ISO 2173. Alternativou pro určení konzistence plastických maziv by mohla být metoda stanovení podle rozsahu meze toku. Závislost mezi penetrací a mezí toku představil profesor z Univerzity v Twente Piet M. Lugt ve své knize Grease Lubrication in Rolling Bearings (Mazání valivých ložisek pomocí plastických maziv). V laboratořích firmy Lubricant jsme provedli řadu měření na plastických mazivech firmy Bechem a můžeme se plně postavit za výsledky práce pana profesora (**obr. 8**).

Rotační viskozimetry v současné době disponují Peltierovým nástavcem pro řízení teploty, který umožňuje rychlé a přesné nastavení měřicích teplot v rozsahu od -40 °C až do 180 °C. Velkým přínosem této metody je snadné určování změny konzistence plastických maziv v závislosti na teplotě.

Porovnání dvou maziv na okolky kol

Okolek železničního kola je výstupek vytvořený po obvodu na jeho vnitřní straně a zabezpečuje vozidlo proti vykolejení. Při mazání okolků kol je důležité používat plastické mazivo, u kterého nebude odloučený olej volně vykapávat z trysky a na druhé straně je důležité, aby jeho mez toku byla nízká a mazivo bylo možné čerpat z nádržky do systému dávkovače bez tvorby tzv. nasávacího kužele, tj. aby nedocházelo k blokaci sání. Tomu odpovídají maziva s nízkou mezí toku a co nejmenší hysterezní křivkou, s malou tixotropií. Přesněji s malou změnou viskozity na čase a také na teplotě. Úkolem bylo porovnat dvě plastická maziva při teplotě 25, 60 a 0 °C.

Měření bylo provedeno podle Standardního operačního postupu firmy Lubricant: Stanovení meze toku, měření tokových a viskozitních křivek plastických maziv pomocí rotačního viskozimetru a podle DIN 51810-1: Zkoušení maziv - Zkoušení reologických vlastností plastických maziv - Část 1: Stanovení smykové viskozity rotačními viskozimetry. Výsledky jsou zobrazeny na **obr. 9, 10, 11, 12**.

Z výsledků testů vyplývá, že obě maziva splňují při teplotě 25 °C kritéria pro třídu tekutosti NLGI 000 a disponují nízkými hodnotami meze toku i tixotropie. Obě maziva jsou také dobře použitelná při teplotě 60 °C, při které dochází k mírnému snížení meze toku, tak i tixotropie, ale zároveň nedochází k odlučování základového oleje. Při teplotě 0 °C dochází naopak u obou maziv ke zvýšení meze toku. U maziva A je však zvýšení nepatrné (1,2x), za to u maziva B je enormní (7,1x). Tomu odpovídá i průběh tokové křivky s výrazným nárůstem tixotropní oblasti. Naopak u maziva A lze konstatovat, že jeho tixotropní vlastnosti jsou na teplotě nezávislé. Zhoršené chování maziva B při vysokém zatížení potvrzují i hodnoty relativního poklesu viskozity při měření dle DIN 51810-1. Je možné tedy konstatovat, že mazivo B není použitelné při nízkých teplotách.

Závěr

Byla představena normovaná metoda i vlastní metody pro měření reologických vlastností plastických maziv. Klasickému posouzení tuhosti plastického maziva pomocí hloubky vniku zkušebního jehlanu do maziva tak přibylo alternativní hodnocení. K hodnocení postačuje již velmi malé množství maziva a tuhost lze jednoduše posuzovat i při teplotách, ve kterých plastická maziva pracují. Viskozitní, tokové křivky a mez toku poskytují mnohem komplexnější pohled na chování plastických maziv, který lze využít, jak při konkrétní aplikaci plastického maziva, tak pro návrh transportních a dávkovacích systémů plastických maziv. ■

Ing. Martin Legner, Ing. Jiří Valdauf
LUBRICANT s.r.o.

FOTO: archiv