maziva – oleje – technologické kapaliny

TRIBOTECHNICKÉ INFORMACE

2/2016

TECH MAGAZÍN
TECHNIKA VČERA, DNES A ZÍTRA

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

OBSAH

- **Editorial** 2
- **Řezné oleje na bázi hydrokrakových rafinátů** 3
  Petr Kříž
- **50ročné jubileum vzniku tribológie** 4–5
  Pavol Klucho
- **Centrální mazací systémy 4.0** 6–7
  ŠPONDR CMS
- **Proaktivní diagnostika jako nástroj proaktivní údržby** 7–9
  Stanislav Sláčík
- **Přínosy systematické péče o čistotu hydraulických olejů** 10–11
  Jan Comorek
- **Vznik a tvorba měkkých kalů v průmyslových olejích** 12–13
  Jaroslav Černý
- **Technologie obrábění a vývoj obráběcích kapalin** 13
  Paramo
- **Nová teória chemického mechanizmu obrábania** 14–15
  Miroslav Kačmár
- **Analýza oleje jako nástroj proaktivní údržby** 16
  ALS Czech Republic

Foto na str. 49: Shutterstock

Česká strojnická společnost
OS Tribotechnika
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

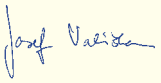
Nejen sezónní záležitost

Podzim je tradičně nejen obdobím barevných listů a vinobraní, ale i časem, kdy se k vám pravidelně dostává další vydání Tribotechnických informací, připadajících na tuto roční sezónu. Aktuální číslo vychází v době konání největší přehlídky v ČR – strojírenského veletrhu Brno, který je zasvěcen především výrobcům obráběcích strojů a nástrojů – tedy firmám a jejich zákazníkům, pro které má právě tribotechnologie mimořádný význam. Nejen jako nástroj pro zlepšování parametrů a funkčnosti jejich produktů, ale i účinného snižování nákladů prostřednictvím optimálně a efektivně fungující techniky. I to je důvodem, proč by měli věnovat pozornost jak osvědčeným postupům a řešením, tak seznámení s aktuálními nejnovějšími poznatky a technologiemi. S tím, jak se objevují a na trh přicházejí nové materiály, přísady apod., se obvykle také mění řada dosud zažitých věcí. A s tím samozřejmě vyvstává problém: ne všechny zejména produktové novinky musí být totiž skutečně přínosem. Při neuváženém nevhodném nasazení mohou někdy v krajních případech dokonce naopak způsobit víc škody než užitku – což bývá třeba častým rizikem „zázračných přípravků", nezřídka mohutně podporovaných reklamou výrobce či prodejce. To se ale může stát často i v případech, kdy je použito jinak dobré a standardní řešení, ale v nevhodné aplikaci, která jednoduše není pro daný typ určena. Zkušení už vědí, že „univerzální ideální řešení" je mýtus, takové neexistuje, a i když tak může zdánlivě vypadat, rozhodně nejde o řešení ideální, které by se svými parametry mohlo vyrovnat variantě určené a optimalizované speciálně pro dané konkrétní podmínky. I to je důvod, proč profesionálové tyto záležitosti obvykle přenechávají na starost jiným profesionálům – specialistům v příslušném oboru s letitou praxí a zkušenostmi, kteří jsou schopni posuzovat věci v kontextu a také poradit optimální řešení. Horší je to už ale samozřejmě s veřejností, ať už běžnou, nebo tzv. odbornou – ta zpravidla nemá dokonalý přístup ke všem potřebným informacím a tím má samozřejmě i limitované možnosti správného rozhodování (navíc často manipulované již zmíněnou reklamní a marketingovou aktivitou). Proto má neustále význam osvětová činnost v nejrůznějších podobách, mezi nimiž mají svou nezastupitelnou roli i Tribotechnické informace. Právě jejich prostřednictvím se totiž lidé a firmy mohou dostat nejen k různým užitečným kvalifikovaným poznatkům, ale i kontaktům na odborníky, kteří vědí o dané problematice, jak se říká „první poslední", zkrátka vše „od A do Zet".

Na rozdíl od řady pomíjivých věcí v běžných médiích, jež mají obvykle jepičí život do příchodu další „zásadní" události, která přebije dosavadní zájem, mají informace v odborně zaměřených titulech přinejmenším výrazně dlouhodobou platnost. Nejsou tedy rozhodně sezónní záležitostí, vyplatí se tudíž věnovat jim patřičnou pozornost – a jak ukazují dosavadní zkušenosti, své publikum si už během uplynulých let našly.

Zájemci o nejnovější dění a novinky v oboru by si ale kromě tištěných či webových Tribotechnických informací neměli nechat ujít ani informace „naživo" v podobě dvou akcí, které se konají ještě v závěru letošního roku. Tou první je dvoudenní kurz Základy tribotechniky, který proběhne 13. a 14. října v Novém Městě na Moravě, a je zaměřen na nejnovější poznatky o mazivech a mazání, a předpoklady jejich praktické realizace v podnikové praxi. Druhou je pak prosincový seminář Vysokovýkonná maziva, který se odehraje krátce po mikulášské nadílce – 7. 12. v prostorách ČSVTS na pražské Novotného lávce. Doufáme, že i ty vám pomohou rozšířit informační obzory.

Kvalitní počtení a hezký podzim



PhDr. Josef Vališka, šéfredaktor

Plán odborných akcí tribotechniky na 2. pol. 2016

Kurz: Základy tribotechniky – (poznatky o mazivech a mazání, předpoklady praktické realizace v podnikové praxi)
termín: 13.–14. října 2016
místo: Hotel SKI – Nové Město na Moravě
odborný garant: OS Tribotechnika ČSS, Ing. Vladimír Nováček, ALS Czech Republic, Praha (vladimir.novacek@alsglobal.com)
organizační garant: Česká strojnická společnost, Hana Valentová (strojspol@csvts.cz)

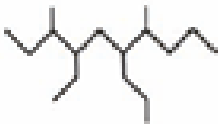
Seminář: Vysokovýkonná maziva
termín: 7. prosince 2016
místo: ČSVTS, Praha 1, Novotného lávka 5, budova A – 3. patro, sál 318
odborný garant: OS Tribotechnika ČSS, Ing. Petr Kříž, Chematribos (petr.kriz@chematribos.cz)
organizační garant: Česká strojnická společnost, Hana Valentová (strojspol@csvts.cz)

Pozvánky a přihlášky na jednotlivé akce bude možné stáhnout z internetových stránek České strojnické společnosti **www.strojnicka-spolecnost.cz**
Bližší informace: Hana Valentová, tajemník ČSS, tel.: 221 082 203; mobil: 728 747 242, e-mail: strojspol@csvts.cz

ŘEZNÉ OLEJE NA BÁZI HYDROKRAKOVÝCH RAFINÁTŮ

Hydrokrakové základové oleje jsou zásadním prvkem pro dosažení nejvyšších obráběcích výkonů při splnění nejnáročnějších hygienických a ekologických požadavků kladených na moderní řezné oleje.

Standardní základový olej, jako hlavní složka produktu, určuje rozhodujícím způsobem parametry výsledného řezného oleje. Volba oleje závisí zejména na podmínkách a nárocích aplikace a v neposlední řadě také na požadavcích hygieny a ekologie.

Typ uhlovodíků	Tribologické a fyzikálně-chemické vlastnosti
Parafíny = n-alkany	malá viskozita (do 20 mm²/s při 40 °C) nejvyšší viskozitní index: kolem 200 nejmenší odparnost nejvyšší bod vzplanutí nejvyšší bod tuhnutí = **ve vyšších koncentracích jsou nežádoucí** odstraňují se procesem odparafinování nebo katalytickými procesy
Isoalkany 	krátké řetězce mají podobné vlastnosti jako parafíny delší a nesymetrické řetězce: malá viskozita vysoký viskozitní index malá odparnost vysoký bod vzplanutí nízký bod tuhnutí
Nafteny = cykloalkany	větší viskozita menší viskozitní index větší odparnost vysoký bod vzplanutí při dané viskozitě nízký bod tuhnutí = vynikající nízkoteplotní vlastnosti výborná rozpustnost aditiv snadnější emulgovatelnost
Aromáty	větší viskozita nízký viskozitní index vyšší tvorba karbonu **ekologicky a hygienicky nepřijatelné** odstraňují se rafinací

Vlastnosti	Výhody
Minimální obsah aromatických molekul, absence těžkých kovů, zinku a chloru	Výrazný příspěvek k zlepšení hygienických a ekologických aspektů výroby
Vysoký bod vzplanutí, snížená odparnost a minimální sklon k tvorbě olejové mlhy	Zvýšení provozní bezpečnosti a hygieny
Nízký zápach	Zlepšení pracovních podmínek
Mimořádná průhlednost	Usnadňuje vizuální kontrolu obráběcího procesu
Excelentní termická a oxidační stabilita vůči stárnutí bez tendence k tvorbě nežádoucích úsad	Vyšší kvalita obráběného povrchu a prodloužení celkové životnosti oleje
Vynikající mazivost a viskozitní vlastnosti spolu s vyšší vnímavostí oleje vůči aditivaci	Zvýšení kvality obráběného povrchu a prodloužení životnosti nástrojů
Vysoký viskozitní index	Umožňuje nasazení oleje s nižší viskozitou a znamená tak nižší ztráty oleje výnosem na třískách a obrobcích

Běžné základové oleje na ropné bázi se získávají destilací různých typů surové ropy s následnou rafinací pro snížení obsahu nežádoucích složek. Na úrovni rafinace závisí kvalita výsledného základového oleje, ale jeho základní uhlovodíkové složení se běžnými rafinačními metodami zásadně nemění a stává se tak limitujícím faktorem pro možnosti využití finálního řezného oleje.

Hydrokrakování je unikátní technologický proces hluboké rafinace ropných frakcí, který umožňuje nejen odstranění nežádoucích složek surového ropného destilátu, ale také výrazné zlepšení jeho uhlovodíkového složení. Proces hydrokrakování je založen na principu katalyzované chemické reakce vhodné destilační frakce ropy s vodíkem za vysokého tlaku a teploty. V průběhu reakce dochází k odstranění nežádoucích balastních složek destilátu a současně k řízené konverzi původních složitých uhlovodíkových molekul na molekuly s definovanými vlastnostmi. Volbou podmínek hydrokrakování je možné získat ze základního destilátu vysoce kvalitní základový olej s přesně definovanými vlastnostmi. Žádoucí je zejména navýšení obsahu isoalkanů a cykloalkanů na úkor parafinů a aromátů.

Hydrokrakové základové oleje se vyznačují mimořádnými fyzikálně-chemickými parametry, které je předurčují pro použití v nejnáročnějších technických aplikacích a mají výrazný pozitivní vliv na ekonomiku výroby a současně na pracovní i životní prostředí.

Použitím produktů na bázi hydrokrakových základových olejů je možné dosáhnout výrazného zvýšení kvality výroby a produktivity práce za současného snížení rozpočtu pro řezné oleje. Řezné oleje na bázi hydrokrakových základových olejů mají zpravidla vyšší jednotkovou cenu, ale díky svým jedinečným vlastnostem vykazují výrazně nižší celkové provozní náklady. ■

Petr Kříž, Chematribos

50ročné JUBILEUM VZNIKU TRIBOLÓGIE

Tohto roku sme si pripomenuli vznik názvu TRIBOLÓGIA (Tribology), ktorého otcom je prof. Dr. Peter H. Jost, prezident ITC (International Tribology Council – Medzinárodný tribologický výbor) v Londýne. Jemu vďačíme nielen za autorstvo názvu, ale najmä za jeho zavedenie a uplatnenie v celom technickom svete.

Bol to pioniersky čin profesora Petera H. Josta, ktorý v pravý čas a na správnom mieste uverejnil tzv. Jost Report (Jostová správa) a posunul ju 9. 3. 1966 na to najdôležitejšie miesto, a to priamo vláde – parlamentu Spojeného kráľovstva Veľkej Británie.

Predsednícky stôl 10. ročníka INTERTRIBO, zľava Pavol Klucho, Marián Dzimko, Pavel Blaškovitš, Jozef Balla a Jozef Stopka

Aká bola situácia dovtedy?

Veľké oceliarske, hutnícke, banícke a iné spoločnosti vykazovali straty a škody na výrobných zariadeniach a strojných agregátoch. Museli sa často meniť opotrebované časti, stroje mali krátku životnosť, malú spoľahlivosť a tým narastali aj finančné náklady. Nejestvovali inštitúcie, ktoré by sa zaoberali súhrnne príčinami vzniku takéhoto stavu. Zlom nastal až vtedy, keď sa Peter H. Jost skontaktoval s viacerými odborníkmi a manažérmi spoločností, najmä z oceliarskeho priemyslu, ale aj z vedecko-technickej a akademickej oblasti nielen z Anglicka, ale aj z USA, Nemecka, Talianska a ďalších krajín.

Na jednom takom stretnutí so zástupcom anglickej vlády pre vedu lordom Frankom Philipom Bowdenom, bol prof. Jost požiadaný, aby vytvoril výbor na vyšetrenie otázok trenia, mazania, opotrebovania, vzdelávania, výskumu a potrieb priemyslu v Anglicku. Profesor Jost prijal túto podnetnú výzvu a rozhodol sa riešiť tento vážny problém na zníženie strát energie, opotrebovania materiálov, mazania, korózie vo výrobných podnikoch, doprave a v celom národnom hospodárstve. Založil preto výbor, do ktorého kooptoval ľudí z najvyšších miest rôznych spoločností, ale aj akademických odborníkov (napr. prof. Duncana Dowsona). Na stretnutiach výboru boli na programe otázky nielen o mazaní v strojárenstve, ale aj problematika trenia, otázky fyziky, chémie apod. Výsledkom boli závery, na základe ktorých sa mohli vyjadriť ekonomické prínosy a napokon sa odborníci zjednotili aj na názve Tribológia. Ako je uvedené vyššie, Peter H. Jost svoju súhrnnú správu Jost Report predložil anglickej vláde 9. 3. 1966. Správa upozornila na ekonomickú hodnotu Tribológie (neskôr aj Tribotechniky) so zameraním na lepšiu aplikáciu tribologických zásad a postupov v praxi. Týmto činom prof. Jost neúnavne povzbudzoval vývoj tribológie (tribotechniky) po celom svete. V prvých 10 rokoch po zverejnení Jost Reportu boli podobné správy vydané v Nemecku, USA, Kanade aj v Číne. Najkomplexnejšia správa bola vypracovaná v Číne. Na jej vydaní sa zúčastnilo okolo 5000 odborníkov z rôznych odborov vedy a techniky, vrátane ekonomiky. Bolo preukázané, že správnou aplikáciou Tribológie sa môže ušetriť 1 až 1,4 % HDP.

V roku 1973 založil Peter H. Jost International Tribology Council (ITC) v Londýne, s cieľom uľahčiť výmenu informácií a spoluprácu medzi tribologickými spoločnosťami na celom svete.

Čo vlastne je a čo zahrňuje tribológia?

Tribológia rieši problémy trenia, opotrebovania a mazania povrchov trúcich sa dvojíc pri ich vzájomnom relatívnom pohybe. Toto je teória, avšak prax je oveľa zložitejšia, čo viedlo k tomu, aby sme sa podrobnejšie venovali tribológii a jej praktickému využitiu v priemyselnej a prevádzkovej praxi. Úlohou tribológie a tribotechniky je znižovanie resp. úplné odstránenie trenia a opotrebovania trúcich sa častí v exponovaných kontaktných uzloch. Riešenie nie je také jednoduché, ako sa nám na prvý pohľad zdá a závisí od viacerých faktorov, ako je konštrukcia navrhnutého výrobku, výber správneho materiálu, obrábacieho zariadenia (sústruh, fréza), obrábacieho média (technologických kvapalín), prevádzkové podmienky agregátov, teplota, tlak, prostredie atď. Dôležitú úlohu pri znižovaní trenia a opotrebovania hrá mazivo, ktoré je konštrukčným prvkom a preto sa pri konštrukcii a obrábaní s nim musí kalkulovať.

V oblasti techniky a technológie sú tribológia a tribotechnika zapojené do všetkých fáz výroby výrobkov. Ich technickou úlohou je optimalizácia výrobných a materiálových technológií, aby sa minimalizovali straty trením a opotrebovaním. Ekonomický význam aplikácie tribológie v praxi spočíva predovšetkým v úsilí zabrániť materiálovým a energetickým stratám a najmä škodám, alebo ich aspoň znížiť na minimum s využitím znalostí a najnovších poznatkov v tribológii a tribotechnike. Svojim zameraním zasahuje tribológia aj do životného prostredia tým, že je zameraná na úsporu energie a materiálov, čo sa ďalej odráža na kvalite života ľudí a udržateľnosti všestranného rozvoja spoločnosti.

Kam teda kráčaš tribológia?

Mnohé vedy existujú už od nepamäti, tribológia oslavuje práve v tomto roku 50 rokov svojej existencie, prekonala a prekonáva rekordy v aplikácii poznatkov v mnohých oblastiach vedy a techniky. Všetky úspechy sú zviazané s tým, že patrí medzi interdisciplinárne vedy, využíva a zovšeobecňuje poznatky mechaniky, fyziky, matematiky, chémie, biológie a ďalšie vedné odbory. Svetovými míľnikmi v oblasti rozvoja a pokroku tribológie boli celosvetové stretnutia odborníkov na Svetových Tribologických Kongresoch (WTC), ktorých bolo doteraz päť. Na nich sa nielen zhodnotili dosiahnuté výsledky, ale sa aj vytýčili nové smery, kam sa má uberať tribológia v budúcich rokoch. Už na IV. kongrese WTC v Kyotu v roku 2009 (Japonsko), predniesol profesor Jost veľmi významný historický prejav, ktorý sa týkal práve znižovania energie, trenia, opotrebovania materiálov a súčastí strojov správnym využívaním poznatkov tribológie a nazval toto zameranie Medzinárodným konceptom Zelená tribológia.

Ak túto koncepciu ďalej rozvinieme, bude Zelená tribológia vedou a technológiou tribologických aspektov ekologickej rovnováhy a životného prostredia a biologických vplyvov. Jej hlavnými cieľmi sú úspory energie a materiálov a zlepšovanie životného prostredia a kvality života, čo je požiadavkou nielen dnešnej doby, ale hlavne budúcnosti na celom svete.

Aj na V. kongrese WTC v Turíne (Taliansko) v roku 2013 sa opäť venovala pozornosť Zelenej tribológii. Na podnet prof. Josta sa na ňom vytýčili ďalšie

smery a nové úlohy pre tribológov na celom svete. Mikro a nanotechnológie, povrchové inžinierstvo, ekotribológia, bioprotetika, biotribológia už dnes patria a budú najmä v budúcnosti patriť medzi najsledovanejšie technológie, ktoré zasiahnu do všetkých oblastí nášho života.

Rozvoj tribológie na Slovensku

Podobne, ako v iných štátoch sveta, aj v bývalom Československu sa začali odborníci a technici intenzívnejšie zaoberať problematikou tribológie, a to vo všetkých výrobných podnikoch, doprave, stavebníctve, poľnohospodárstve a ostatných oblastiach. Touto problematikou sa na Slovensku veľmi intenzívne zaoberali členovia Slovenskej spoločnosti pre tribológiu a tribotechniku (SSTT), ktorá bola založená v roku 1971 pri Slovenskej spoločnosti priemyselnej chémie. Neskoršie (9/1992) vstúpila SSTT do Slovenského zväzu vedeckotechnických spoločností (ZSVTS). SSTT je od roku 1993 tiež členom ITC.

Hlavnou úlohou SSTT je prenos najnovších poznatkov multidisciplinárnej vedy tribológie do praxe a ich uplatňovanie vo všetkých odboroch činností, ku ktorým patrí starostlivosť o základné prostriedky, stavebné stroje a mechanizmy, dopravné prostriedky, strojárstvo, automobilový, chemický, ropný, petrochemický, papierenský, potravinársky priemysel atď.

Dr. Peter H. Jost (vlevo) s Mikem Hicksem, prezidentem Institute of Materials, Minerals and Mining (IOM3)

Nové poznatky SSTT nadobúda v kvalifikačných tribologických kurzoch, seminároch, konferenciách, sympóziách, dňoch novej techniky, v Poradenskom a konzultačnom centre SSTT a pod. K významnej udalosti, ktorá patrí už do histórie, bolo zriadenie Centra tribológie (CT) na SVŠT (teraz STU) v Bratislave v máji 1984, ktorej sa zúčastnil aj prezident ITC, Peter H. Jost z Anglicka. Pri tejto príležitosti boli ocenené jeho zásluhy za pomoc pri zriadení CT a SVŠT mu udelila Zlatú medailu SVŠT. Koordinačným pracoviskom sa stala Strojnícka fakulta SVŠT v Bratislave, ktorá v spolupráci s Chemickotechnologickou fakultou, Katedrou chémie a technológie ropy, SSTT, Slovnaftom a VÚRUP organizovala štyri semestrálne Postgraduálne štúdia v odbore Tribológia a tribotechnika. Spolupráca prof. Josta s SVŠT podporila rozvoj nosného výskumného smeru „Materiály, procesy a konštrukcie", čo sa premietlo do modernizácie výučby strojníckych a chemickotechnologických inžinierov. Na slávnostnom zasadnutí Vedeckej rady SVŠT dňa 20. 10. 1987 udelil rektor prof. Ing. Anton Blažej, DrSc. Peterovi H. Jostovi čestnú vedeckú hodnosť Doktor technických vied. Profesor Jost sa veľkou mierou pričinil aj o zorganizovanie I. Medzinárodného sympózia Intertribo´81 na Štrbskom Plese. Ďalšie sympózia nasledovali každé tri roky, na nich posielal významných odborníkov – prednášateľov nielen z Anglicka, ale aj Nemecka, Ruska, Japonska, USA a ďalších krajín. Dosiaľ sa uskutočnilo 10 sympózií, posledné sa konalo v roku 2009. Všetky boli zamerané na aktuálne problémy trenia, opotrebovania a mazania v exponovaných trecích uzloch a o najnovších poznatkoch v tribológii a tribotechnike. ■

Text a foto: Pavol Klucho, SSTT Bratislava

Co je cílem vzdělávacího kurzu?

Tribotechnika jako realizační úsek tribologie, tj. nauky o tření, opotřebení a mazání, zabývající se účinným využíváním jejích poznatků, je významnou disciplinou každé výrobní i provozní praxe. Mazivo je dnes považováno za konstrukční prvek každého stroje, ve kterém je použito. Proto tento odborný kurz bude účastníky informovat především o mazivech a mazání, ale také o správné aplikaci maziv a důležitosti jejich ošetřování, které jsou předpokladem pro bezporuchový provoz strojů a tím pro významné úspory nákladů.

Zásadou bude objektivita informací nezatížená komerčními zájmy tak, aby umožnila posluchačům průřezovou orientaci v tribotechnice od elementárních základů až po poslední aplikační poznatky. **Kurz je určen pro:** podnikové tribotechniky, vedoucí pracovníky technického rozvoje, konstruktéry, technology, pracovníky laboratoří, údržby a oprav ve všech druzích průmyslové výroby, energetiky, dopravy, ale i zemědělství. Bude přínosem i pro nové pracovníky olejářských společností a prodejců maziv, jejichž dobré znalosti tribotechniky jsou předpokladem kvalitních služeb a tím i seriozních obchodních úspěchů.

Kurz se koná v turisticky přitažlivé oblasti ležící v samém středu Českomoravské vrchoviny s celou řadou kulturních památek a přírodních zajímavostí. V okolí hotelu jsou upravené běžecké a cyklistické tratě v délce 15 km, které lze využít rovněž k jízdě na kolečkových bruslích a lyžích. V rámci hotelového komplexu jsou návštěvníkům k dispozici tenisové kurty, minigolf, wellness centrum, fitness, půjčovna horských kol, tenisového vybavení a míčů.

Příjem přihlášek je nejpozději do 2. 10. 2016 na adresu organizačního sekretariátu ČSS, e-mailem, poštou, nebo i telefonicky.

CENTRÁLNÍ MAZACÍ SYSTÉMY 4.0

Nebude to dlouho trvat a stroje, resp. přímo ložiska, si samy řeknou, zda potřebují promazat. Mikročipy v zařízeních samy určí v jakých dávkách a v jakých intervalech má být mazivo distribuováno. Při případné poruše nebo jiném problému se zařízení samo ohlásí s požadavkem na servisní zásah. Jde o systémové propojení pohonné řídicí a informační techniky, výstižně nazývané internetem věcí. Věci spolu navzájem komunikují a spolupracují.

Socioekonomické souvislosti současnosti vyžadují a technické možnosti dnes umožňují nasadit v průmyslových provozech takové zařízení, které plně nahrazuje opakující se a jednotvárné činnosti, které do této doby vykonávali lidé. Toto s sebou přináší naději na zvýšení kvality lidského života díky zvyšování produktivity práce a mizení monotónních a fyzicky náročných profesí. Automatizace, integrace systémů a vyšší efektivita díky propracovanější logistice jsou také nadějí pro snižování negativních lidských vlivů souvisejících s průmyslem a pro implementaci udržitelného rozvoje.

Průmyslová revoluce

Příčinou tohoto intenzivního rozvoje není žádné politické hnutí, žádná společenská změna, nýbrž obrovská dávka energie, kterou lidstvo získalo díky spálení zhruba 500 miliard tun fosilních paliv – uhlí, ropy a zemního plynu. Tato energie pohnula lidskou civilizací vpřed. Na každého z nás připadá denně spotřeba více než 100 kWh energie fosilních paliv. Analytici průmyslového dění zaznamenali v průběhu času několik revolucí. První průmyslová revoluce propukla koncem 18. století a odehrávala se ve znamení manufaktur, které využívaly energii vodních toků a páry. Druhá proběhla na počátku 20. století a charakterizovaly ji pásová výroba, využívání elektřiny a spalovací motory. Třetí revoluce odstartovala v 70. letech minulého století s příchodem mikroprocesorů, využitím počítačů a automatizací jednotlivých výrobních linek.

Před pár lety byl ohlášen příchod čtvrté průmyslové revoluce, kterou představují kyberneticko-fyzikální systémy, díky nimž vzniknou „chytré" továrny. Jejím typickým reprezentantem jsou digitální továrny, ve kterých převzala technická zařízení veškeré opakované činnosti (fyzické i duševní) a lidé se věnují jen tvůrčí práci, nikoliv rutinním výkonům. Jde o systémové propojení pohonné řídicí a informační techniky, výstižně nazývané internetem věcí (IoT). Věci spolu navzájem komunikují a spolupracují. Čtvrtá průmyslová revoluce, označovaná jako Průmysl 4.0, je mimo jiné i přirozenou odezvou na situaci na trhu pracovních sil.

Lidé nechtějí vykonávat namáhavou a monotónní práci, to je prostor pro moderní techniku.

Koncept centrálního mazacího systému 4.0

Mazací prostředky se do mazacích míst dopravují automaticky pomocí mazacích prvků, uspořádaných do centrálních mazacích systémů. Prvky centrálních mazacích systémů se rozdělují na tyto základní skupiny:

- zdroje tlakového maziva,
- rozdělovací a dávkovací prvky,
- ovládací, řídicí a kontrolní prvky,
- rozvodné potrubí,
- příslušenství mazacích systémů (filtry apod.).

Ekonomické souvislosti

Jedinou nevýhodou CMS proti individuálnímu mazání (kromě nejjednodušších aplikací) je nutnost investice na jeho pořízení. Ekonomicky nejnáročnější jsou po technické a provozní stránce dokonalé automatické dvoupotrubní a progresivní CMS vybavené celou řadou kontrolních a ovládacích prvků. Pro rozhodnutí o nasazení takových CMS je rozhodujícím aspektem ekonomická návratnost. Pro jednotlivé aplikace je různá a pohybuje se v rozsahu 0,5 až 2,5 roku. Při stanovení ekonomické návratnosti se vychází z následujících skutečností:

- úspora maziva – při nasazení CMS klesne celková spotřeba maziva oproti individuálnímu mazání na cca 5 až 40 % podle jednotlivých aplikací,
- úspora lidské práce – použitím CMS se odstraní fyzicky náročná a nehygienická práce při ručním promazávání jednotlivých mazaných míst v intervalech podle mazacích plánů,
- **prodloužení provozní doby** – při použití CMS není třeba stroj či strojní zařízení odstavit z provozu z důvodu promazání mazaných míst,
- **snížení nákladů na opravu a výměnu prvků třecích dvojic** – CMS zajišťují dodávání přesného množství maziva do všech mazacích míst ve vhodném okamžiku (tj. během provozu). CMS pracují zcela nezávisle na negativním lidském faktoru a je vyloučena možnost vynechání některého mazacího místa, použití nevhodného či znečištěného maziva, příp. přemazání při individuálním mazaní. Tím se prodlužuje životnost prvků třecích dvojic a snižují se náklady na jejich opravy a výměny.

Technické souvislosti

- jednoduchá montáž a seřízení systému u výrobce nebo uživatele,
- mimo doplňování zásobníku maziva a seřízení při změně režimu provozu nevyžaduje systém žádnou obsluhu,
- flexibilita elektronického řízení umožňuje přizpůsobení všem provozním podmínkám.

Zvyšující se stupeň mechanizace a automatizace strojů a zařízení vyžaduje nasazování obecně všech typů mazacích systémů.

Např. po celém světě se v období roků 2001 až 2003 dle dostupných informací namontovalo asi 3660 mazacích systémů pro mazání okolků kol kolejových vozidel vyrobených firmami DELIMON a SAXONIA u cca 75 uživatelů. Z tohoto množství připadá cca 2115 mazacích systémů na nejnovější systém mazání okolků kol RAILJET. Je zcela vyloučeno působení negativního lidského faktoru.

Koncept centrálního mazacího systémů surovinového drtiče

Sociální souvislosti

Jsou jimi myšleny souvislosti způsobené fyzickou náročností z důvodů většinou špatně přístupných mazacích míst jak z hlediska prostorového uspořádání stroje, nebo častěji z hlediska technologického. Také jde o špinavou práci většinou s ropnými látkami, které mohou být nebezpečné. Mezi tyto rizika patří toxicita, karcinogenita, mutagenita, dále mohou být toxické pro reprodukci. Patří sem také látky nebezpečné pro životní prostředí, které po proniknutí do životního prostředí představují nebo mohou představovat okamžité nebo opožděné nebezpečí. Ropné látky mohou pronikat do živého organismu vdechováním, požitím nebo sliznicemi a také potřísněnou pokožkou. Stupeň jejich nebezpečnosti je různý podle konkrétního druhu.

Tuto práci – pravidelné promazávání mazacích míst – je ovšem nutné provádět důsledně, protože nedodržování mazacích harmonogramů a předepi-

sovaných dávek maziva může být příčinou vážných poruch strojů a strojních zařízení nebo celků.

Hygienické a ekologické souvislosti

Použitím CMS se výrazně zvyšuje ekologičnost provozu příslušných strojů a strojních zařízení. Vzhledem k tomu, že výrazně převažuje ztrátové mazání, odráží se řádově nižší spotřeba maziva při použití CMS ve snížení pronikání ropných produktů do životního prostředí. Přesné dávkování maziva umožňuje použití biologicky odbouratelných mazacích prostředků. Biologická odbouratelnost tuzemských mazacích prostředků (až 90 % / 21 dnů) a jejich použití v CMS strojů a zařízení snižuje ekologické zatížení životního prostředí prakticky o celý řád. Nezanedbatelné není ani snížení ekologického zatížení životního prostředí při výrobě a likvidaci mazacích prostředků, které lze použitím CMS ušetřit.

- nulové ztráty způsobené při ručním mazání (úkapy, přemazání mazaných míst),
- přesné dávkování maziva → lze přesně zvolit dávkování maziva do mazaného místa,
- převažuje ztrátové mazání → řádově nižší spotřeba maziva,
- použití biologicky odbouratelných mazacích prostředků → biologická odbouratelnost,
- snížení ekologického zatížení životního prostředí → úspora při výrobě a likvidaci mazacích prostředků,
- zvýšení jejich technické úrovně → přínosy ekonomičnosti provozu a s výrazně kladným působením na hygienu provozu a životní prostředí.

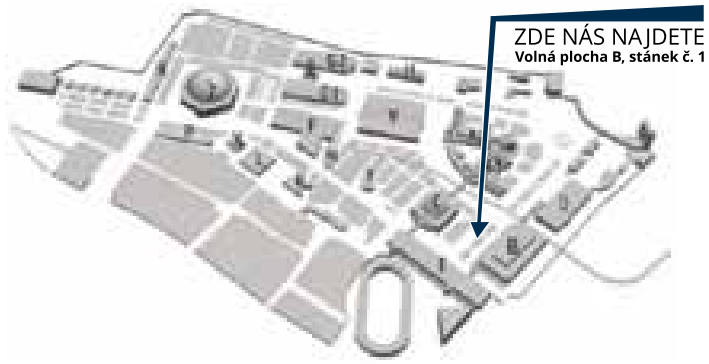
CMS strojů a strojních zařízení představují výrazné zvýšení jejich technické úrovně se značnými přínosy do ekonomičnosti jejich provozu a s kladným působením na životní prostředí. Rozsáhlé rozšíření stávajících CMS ve strojírensky vyspělých zemích dává předpoklady pro výrazné zvýšení jejich používání v celé řadě aplikací i v podmínkách našeho průmyslu. Použitím informační techniky implementované do CMS a propojené se serverem provozovatele nebo výrobce bude možná přímá komunikace se zařízením. Tato spolupráce umožní zcela nový kvalitní přístup z hlediska provozování CMS i jeho proaktivní údržby. ■

Pavel Špondr, Antonín Dvořák, ŠPONDR CMS

Vážení obchodní přátelé,

dovolujeme si Vás pozvat k návštěvě naší expozice v rámci Mezinárodního strojírenského veletrhu 2016, který se koná ve dnech 3. - 7. 10. 2016 v Brně.
Najdete nás na volné ploše B, stánek č. 1.

Ing. Pavel Špondr



BIJUR DELIMON INTERNATIONAL
VÝHRADNÍ ZASTOUPENÍ PRO ČR A SR

- prvky mazací techniky
- centrální mazací systémy
- zařízení pro úpravu a ovládání tlakového vzduchu
- pneumatické prvky

LubeSite® LubeSite Systems - prvky mazací techniky

Farval® Farval Lubrications Systems, Inc. - prvky mazací techniky - centrální mazací systémy

denco - prvky mazací techniky - chladírenská technika

- prvky mazací techniky - centrální mazací systémy

- zařízení pro úpravu a ovládání tlakového vzduchu - pneumatické prvky

ŠPONDR CMS, spol. s r. o., CENTRÁLNÍ MAZACÍ SYSTÉMY – Terezy Novákové 79, CZ - 621 00 Brno
provozovna: Ječná 26a, CZ - 621 00 Brno, tel./fax: +420 549 274 502, **mobil přímo na stánek: +420 725 593 446**
e-mail: spondr@spondrcms.cz, www.spondrcms.cz

PROAKTIVNÍ DIAGNOSTIKA JAKO NÁSTROJ PROAKTIVNÍ ÚDRŽBY

S růstem intenzity využívání strojních zařízení roste význam jejich údržby. U nejjednodušších zařízení se jejich údržba (natož sledování technického stavu) nevyplatí, např. „údržba" žárovky – výměna. Na složitějších zařízení je preventivní údržba založena na provedení preventivního zásahu dlouho předtím, než významněji vzroste pravděpodobnost poruchy. Jde tedy o systém (zdánlivě) zaručené bezpečnosti provozu, ovšem za cenu nevyčerpání skutečného technického života zařízení.

Rozdělení prvních tří typů (generací) údržby: **Neplánované** (po poruše) a **Plánované**, **Preventivní** (včasné, předcházející poruchu cestou dostatečně krátkého normativního technického života) a **Prediktivní**, tedy předcházející poruchu cestou diagnostiky a údržby. Jako dobrý příklad provozu v systému preventivní údržby slouží letecké turbínové motory (LTM), které po odpracování svého resursu v systému preventivní údržby na draku letounu bývají následně provozovány po dobu několika násobků tohoto resursu v pozemních aplikacích (turbokompresorové stanice plynovodů), aniž dojde k jakékoli poruše motoru. Čtvrtá, **Proaktivní údržba** je údržbou 4. generace.

Technická (bezdemontážní) diagnostika

Od defektoskopie se liší několika rysy. Zejména svou komplexností a systémovým přístupem, přináší odhad provozuschopnosti dílů, které ani nejsou přístupné personálu, a to bez nutnosti přerušení provozu zařízení, jeho demontáže na jednotlivé skupiny, uzly a díly, kdy by mohla nastoupit podrobná defektoskopie. Posledních 30–40 let se rozvoj diagnostiky soustředil na volbu vhodných fyzikálně-chemických metod a jejich další rozvoj. Vyčlenily se profesní skupiny diagnostiků vibračních, akustických emisí, tribotechnických, termografických a dalších. Spíše než o porozumění možným projevům poruch se jednotlivé skupiny snažily o plošnou aplikaci „svých" metod. Tak se např. vedly

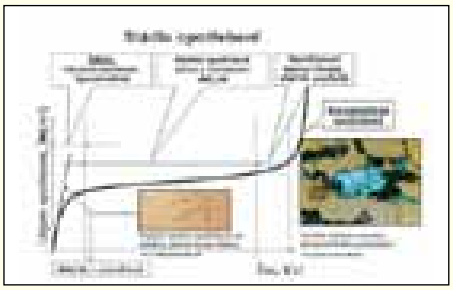
(a vedou) diskuse o větší přiléhavosti metod vibračních či tribotechnických pro odhalení defektů valivých ložisek. Přitom je zřejmé, že v počátečních fázích provozu zařízení s valivými ložisky lze jejich (velmi nepravděpodobnou, náhodnou) poruchu odhalit jinými soubory diagnostických metod, než na závěr jejich životnosti, což je ilustrováno na průběhu objemu opotřebení třecích dvojic během života zařízení na ***obr. 1***.

Technická diagnostika v systému preventivní údržby má sloužit k trvalému zjišťování aktuálního technického stavu s cílem ujistit se, že nedošlo k výskytu předem definovaných událostí, které byly stanoveny výrobcem zařízení. Jde např. o měření vibrací, zjišťování výskytu netěsností a průsaků, stop po spalinách, koroze, detekci trhlin a jejich pravidelné sledování. Mimochodem, všechny letouny bez výjimky létají s trhlinami. Jen je nezbytné, aby o nich pozemní personál leteckých společností věděl. Proto je účinné používat více diagnostických metod současně, a to pro různé oblasti projevu jedné a téže poruchy, avšak v různé době jejího vývoje. Příkladem mohou být opět valivá ložiska. V počátečních stavech únavového vydrolování ložisek (tzv. pitting) je signál jejich poruchy jasně patrný v přímočoucí i analytické ferografii a někdy i ve spektrálních metodách tribodiagnostiky, avšak ve vibracích (pokud není akcelerometr v přímém dotyku s kroužkem ložiska) se neprojeví. Proto NASA doporučuje jako nejvíce účinné společné nasazení tří skupin diagnostických metod, a to vibrační, tribologické a termografie, se zvláštním zřetelem k ferografii.

Selhání diagnostiky v systému preventivní údržby

Nedostatkem soustavy preventivní údržby je to, že plně nevyčerpává skutečný disponibilní technický život zařízení. Nadto, byť je tento systém údržby koncipován jako bezpečný, ukazuje se, že jeho slabinou bývá selhání navrženého způsobu zjišťování předepsaných diagnostických signálů.

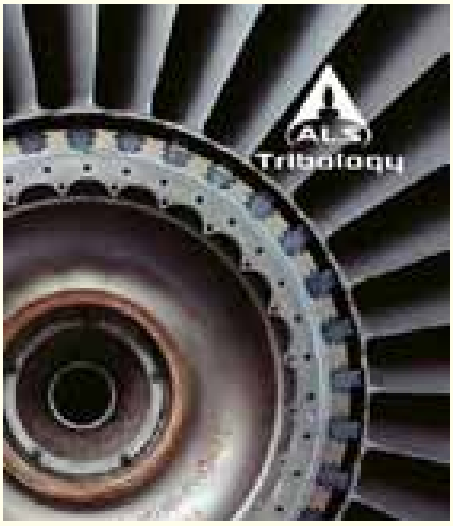
Tak např. vibrační diagnostika leteckých turbínových motorů je bezesporu vysoce účinnou diagnostickou metodou. Lze to ukázat na včasném odhalení poruch leteckých turbínových motorů Rolls-Royce



Obr. 1 Stádia opotřebení třecích dvojic smáčených olejem. Na počátku opotřebení, během tzv. záběhu, se třící se povrchy mění z výrobně dokončených na spolutvořené ve třecí dvojici a vzniká na nich Beilbyho vrstva. Je zřejmé, že v této fázi lze poruchu odhalit jinak (např. měřením tzv. stopdoběhu turbínových motorů, tedy času do zastavení rotoru po vypnutí přívodu pohonných hmot), než během ustálené fáze provozu a na jejím závěru. Avšak od záběhu až po konec života ložisek je ferografie oleje vysoce účinná.

Conway, předčasně stažených z provozu, na čemž se nejvýrazněji (35 %) podílela právě kontrola jejich vibrací pomocí dvou indukčních snímačů, sledujících pásmově odfiltrovanou rotorovou vibraci. Vibrace LTM v provozu bývá výrobcem motoru omezena zpravidla maximem amplitudy vibrační rychlosti (anebo zrychlení) v přesně předepsaném místě. Tak např. v dnes již zaniklém podniku Motorlet předepisoval výrobce pro kontrolní měření vibrací svých motorů M-701 přírubu skříně turbíny (***obr. 2***). Autor provedl v dobách svého působení ve strukturách čs. vojenského letectva diagnostický experiment. Motor Walter M-701 byl vybrán pro jednoduchost své konstrukce, a proto, že má individuální spalovací komory. Jedna ze sedmi komor (vrchní, číslo 1, na ***obr. 2)*** byla vybavena sadou 4 palivových trysek s průtokem omezeným na 72 %, 52 %, plně zaslepenou, 0% a plně funkční 100%. Škrcení průtoku paliva do motoru vyvolává vznik studeného jádra v proudu plynů, což dynamicky budí turbínu motoru prudkou změnou úhlu náběhu plynu na lopatky. O mohutnosti studeného jádra si lze udělat představu z ***obr. 3***, kdy ve změřeném poli teplot za turbínou se v obvodovém úhlu cca 30° mezi komorami 1 a 2 změní teplota plynu (a tudíž i rychlost jeho proudění) z 50 na 700 °C. Experiment modeloval postupné ucpání palivové trysky karbonem a odezvu motoru na nerovnoměrnost teplotního pole před turbínou, což je mimořádně nebezpečný defekt LTM. Úplné vypnutí spalovací komory č. 1, vedoucí k mohutné aerodynamické nevyváženosti rotoru LTM, se ve spektru vibračního zrychlení projevilo téměř 250% zvýšením amplitudy lopatkové frekvence rotoru turbíny (při nezměněných ostatních složkách spektra), což bylo očekáváno.

Avšak skutečným překvapením bylo, že zrychlení celkové vibrace na přírubě skříně turbíny, tedy tam,

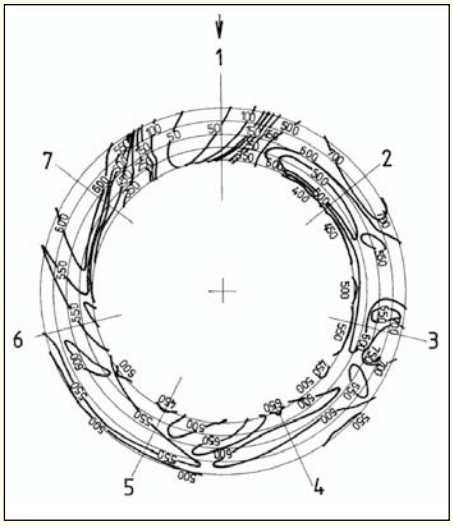


Obr. 2 Vibrodiagnostický experiment na LTM typu Motorlet M-701 (letoun L-29 Delfín). Na obrázku vlevo je pohled na letoun s odpojenou zadní částí trupu, pro dobrý přístup k motoru během experimentu. Na pojízdném stolku je měřicí magnetofon a soustava napájení akcelerometru (vibračního snímače), který musel být při běžích motoru chlazen vodou z vědra. Pohled na akcelerometr uchycený na přírubě turbíny, jeho elektrické kabely (svisle) a potrubí chlazení vodou (černá smyčka) je na obrázku vpravo.

kde jej výrobce motoru předepisuje měřit, bylo o cca 33 % **menší**, než před zaslepením palivové trysky, tedy na motoru v pořádku.

Porovnání spekter motoru v pořádku („Go" Engine) a s úplně vypnutou jednou spalovací komorou („No Go" Engine) je na **obr. 4**. **Spektrální doména** nereaguje na vnesený defekt. Porovnání dobrého a defektního motoru **v časové doméně**, tedy přímo ze záznamu elektrického napětí vibračního signálu, je na **obr. 5**. Tady je patrné, že signál vibrací motoru s vypnutou komorou je výrazně špičatější (má tedy špičatost – anglicky kurtosis – empirické hustoty pravděpodobnosti signálu vyšší než tři, zatímco dobrý motor má toto rozdělení hustoty pravděpodobnosti mezokurtické, a tedy blízké ke Gaussovu, normálnímu.

Výrobce se k jednou navrženému systému diagnostiky svého výrobku vrací zpravidla jedině v případě vážných potíží. Otřesná je v tomto ohledu katastrofa letounu Il-62 imatrikulace SP-LBG polských aerolinií LOT dne 9. května 1987 ve Varšavě. Příčinou katastrofy byla konstrukční chyba v uložení mezihřídelového válečkového ložiska motoru Solovjov D-30 KU (motor č. 2 v draku). Ložisko bylo pro zvýšení přítlaku a omezení prokluzování válečků (jemuž stejně nezabránilo) osazeno pouze 13 z původních 26 válečků ve stejné kleci. Nadto, mazáno bylo 3 otvory vyvrtanými do vnitřního ložiskového kroužku, což vyvolalo koncentraci napětí na těchto otvorech (spolu s hydraulickými rázy, jak byl kanál periodicky uzavírán odvalujícími se válečky). Zvýšené opotřebení a následné únavové poškození (pitting drah i válečků) ložiska vedlo ke kontaktu labyrintové ucpávky tohoto ložiska s vnějším hřídelem, blokaci vnitřního kroužku ložiska a jeho protáčení na hřídeli, s enormním vývinem třecího tepla a dosažením teploty hřídele přes 1000 °C. Změklý hřídel se přenášeným momentem ukroutil a turbína, stále ještě podávající výkon přes 20 MW, se roztočila do roztržení disku.



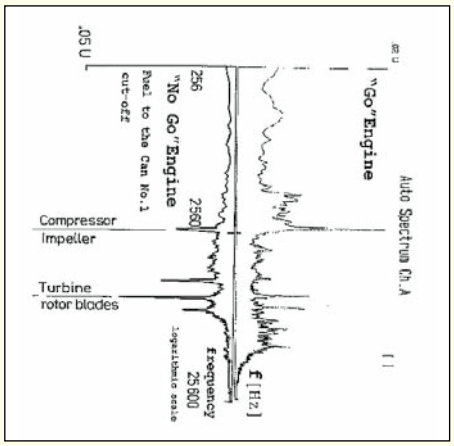
Obr. 3 Teplotní pole za turbínou motoru Walter M-701c-500, změřené 21 mm za odtokovými hranami oběžných lopatek turbíny, spalovací komora č. 1 vypnuta úplným zaslepením palivové trysky

Vibrační diagnostika na tento defekt nezareagovala, zčásti díky nevhodnému místu měření vibrací (podobně jako ve výše popsaném experimentu autora), zčásti díky stárnoucím soupravám měření vibrační rychlosti (seismická čidla). Výrobce motoru až po katastrofě předepsal odběr vzorků oleje a jejich spektrální analýzu (obsah železa a mědi) po každém letu. Jsem přesvědčen, že rozvinutý pitting tohoto ložiska se musel v oleji projevit a byl by včas zpozorován. Ale za chybějící tribodiagnostiku zaplatilo 183 lidí životem.

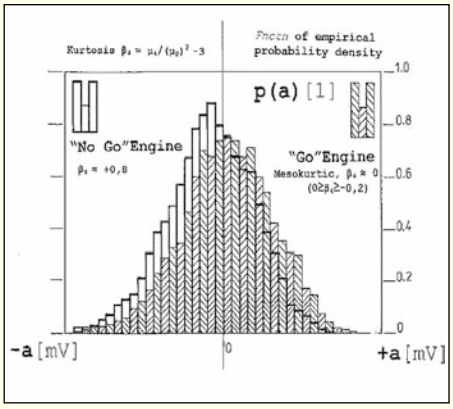
Proaktivní diagnostika pro proaktivní údržbu

Nejvyšším systémem z hlediska úspor nákladů na provoz i jeho bezpečnosti a plynulosti je proaktivní údržba. **Proaktivita** je opakem **reaktivity**. Reaktivní údržba čeká pasivně na signál z diagnostiky o nutnosti zásahu, ten pak provede a dál pasivně čeká na další diagnostický pokyn. Zato **proaktivní údržba** neustále vyhledává možnosti zlepšení, problémy anticipuje, jde jim vstříc, odhaduje je dříve, než skutečně vzniknou.

Má-li být údržba skutečně proaktivní, pak je potřeba organizovat diagnostiku podle nových zásad. Diagnostika nesmí být v podniku popelkou, její vedoucí pracovník musí mít v matici podniku dostatečné pravomoci v horizontální i vertikální struktuře. Diagnostika sama pak musí být **sebezkoumající**, neustále hledající nové způsoby zjišťování technického stavu. Na příkladu autorova experimentu je zřejmé, že se nesmíme spokojit s předepsanými testy od výrobce, ale naopak je nutné neustále organizovat nové diagnostické



Obr. 4 Porovnání spekter vibračního zrychlení dobrého motoru („Go" Engine) a motoru s porušeným teplotním polem před turbínou („No Go" Engine). Zobrazení vibrací ve spektrální doméně maskuje defekt motoru. Diagnostika nařízená výrobcem motoru selhává, protože defekt se projevuje poklesem daného parametru.



Obr. 5 Porovnání odezvy motoru M-701c-500 na aerodynamické rozvážení v časové doméně. Dobrý motor („Go" Engine) má histogram rozdělení blízký ke Gaussovu (vyšrafované obdélníky), zatímco defektní motor má toto rozdělení výrazně špičatější, zobrazení histogramu prázdnými obdélníky.

experimenty se vnášením fiktivních poruch do systému.

Proaktivní diagnostika by měla využívat soubor metod a postupů trvalého zlepšování, tzv. systém **Six Sigma**, dobře známý a používaný v leteckém a automobilním průmyslu. Zásadní je používání postupů **FMEA** (Failure Mode and Effects Analysis), kdy jsou vytvářeny myšlenkové experimenty možných i nemožných poruch a způsobů jejich projevu, detekce defektů a jejich odstraňování. Výkonným nástrojem diagnostiky by se mělo stát využívání experimentů **MSA** (Measurement Systems Analysis), tedy analýza měřicích soustav. Standardní nástroje statistického zpracování dat (**ANOVA Gauge R&R** – Analysis of Variance Gauge Repeatability and Reproducebility), tedy měření opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření jsou mocným nástrojem odhalení zdrojů rozptylu a chyb. ■

Ing. Stanislav Sláčík, CSc., ALS Czech Republic

ALS Tribology poskytuje detailní analýzy mazacích olejů pro dosažení bezporuchového provozu a vysoké produktivity zařízení pomocí preventivní údržby.

Výhody spolupráce s naší nezávislou laboratoří

- Jednoduchá sada pro odběr a zaslání vzorku
- Příznivé ceny analýz
- Kvalitní diagnóza na základě výsledků
- Přizpůsobivost schémat rozboru olejů
- Svoz vzorků z našich poboček po ČR a SR

ALS Czech Republic, s. r. o.
Na Harfě 336/9,
Praha 9, 190 00
email: alspr.tribo@alsglobal.com
www.alsglobal.cz

tel: +420 284 081 575,
+420 284 081 578
+420 602 162 535,
+420 603 566 106

PŘÍNOSY SYSTEMATICKÉ PÉČE O ČISTOTU HYDRAULICKÝCH OLEJŮ

Hlavním cílem péče o hydraulické oleje je hledání souvislostí mezi chováním stroje a nečistotami obsaženými v oleji. Rozklíčování těchto souvislostí nám umožňuje včas diagnostikovat blížící se poruchu stroje a předejít tak zvýšeným nákladům na jeho údržbu.

Technologie KLEENTEK: čistí elektrostaticky, podle Coulombova zákona. Olej obtéká mezi více páry elektrod s rozdílem potenciálů. Mezi elektrodami jsou vloženy vhodně tvarované vložky – kolektory, na kterých se částice působením elektrostatických sil ukládají. Tato sada kolektorů je lehce vyměnitelná, interval výměny je podstatně delší než u vysoce účinného filtru. Kapacita – jímavost – je vysoká, lze ji vyjádřit až v kilogramech.

Konkrétní příklady přínosů systematické péče o hydraulické oleje:

Snížení, stabilizace a identifikace nečistot v oleji

Zavedením systematické péče technologie KLEENTEK na vstřikovacím lisu se podařilo nejen stabilizovat znečištění na minimální hodnotu, ale i identifikovat příčiny nečekaných nárůstů znečištění, které bezporuchový provoz stroje velmi negativně ovlivňují. Nečistoty se do oleje dostaly pravděpodobně z výstavby nové haly v areálu firmy. Jednalo se tedy především o prachové částice, což potvrdily provedené analýzy z 26. května 2015. Opětovným nasazením přístrojů KLEENTEK a výměnou zavzdušňovacího filtru jsme snížili a následně stabilizovali celkový obsah nečistot.

Měření spotřeby elektrické energie a zrychlení cyklování vstřikovacího stroje

Zkouška byla provedena na vstřikovacím stroji ENGEL 243 43. Čištění oleje probíhalo od 6. do 10. 5. 2016 přístrojem na elektrostatické čištění firmy KLEENTEK, typ ELC-R50SP.

Měření obsahu znečištění oleje se provádělo gravimetricky (mg/kg) a kolorimetricky MPC (ΔE) před a po servisním čištění. Měření průběhu napětí probíhalo při lisování výroby jednoho druhu výrobku před a po servisním čištění pomocí univerzálního měřicího přístroje FLUKE 189 s vestavěnou pamětí. Hodnoty napětí byly zaznamenávány na jednom vodiči motoru hydrogenerátoru. Výsledky měření jsou uvedeny v přiložených grafech.

Vyhodnocení

Délka 9 výrobních cyklů před nasazením přístroje byla 6 minut 31 vteřin. Po nasazení přístroje ELC a poklesu měkkého znečištění o 78 %, došlo ke zrychlení cyklování o 6 sekund. Procentuálně se zvýšila produktivita lisu o 1,53 %. Na tomto konkrétním stroji to představuje roční zvýšení produktivity o 68 072 Kč.

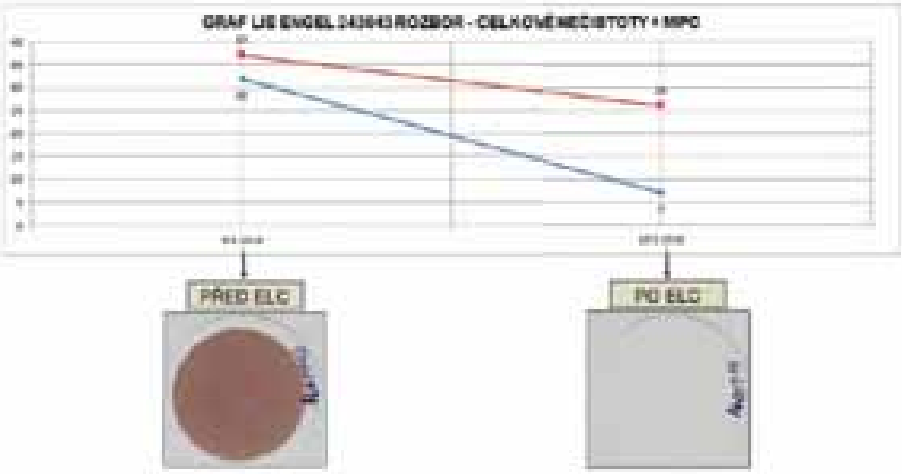
Očekávané přínosy zavedení systematické péče o oleje

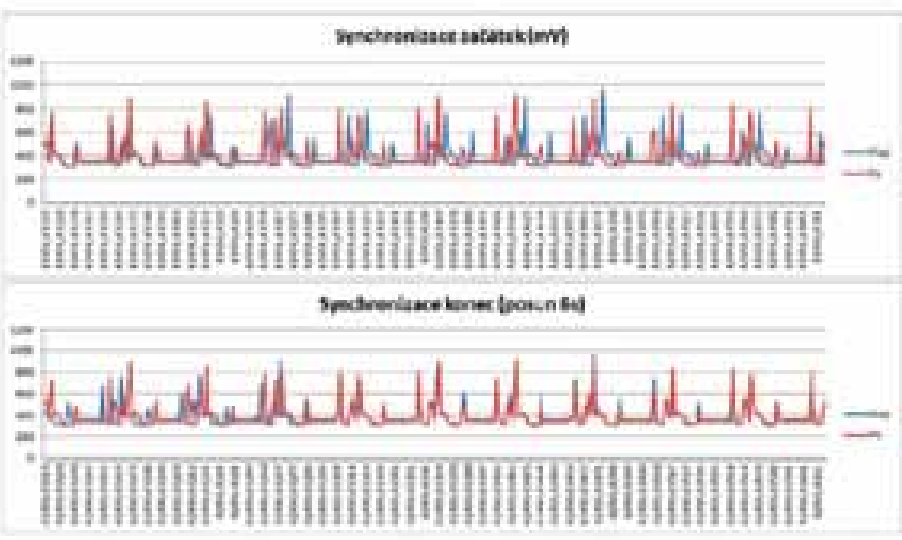
Náklady na nákup nového oleje: pokles až o 90 %,
Náklady na filtry: pokles až o 80 %,
Výpadky výroby z důvodu poruch: pokles až o 56 %,
Náklady na náhradní díly, údržbu, odborný servis: pokles až o 70 %,
Zmetkovitost výroby: pokles až o 40 %.

Závěr:

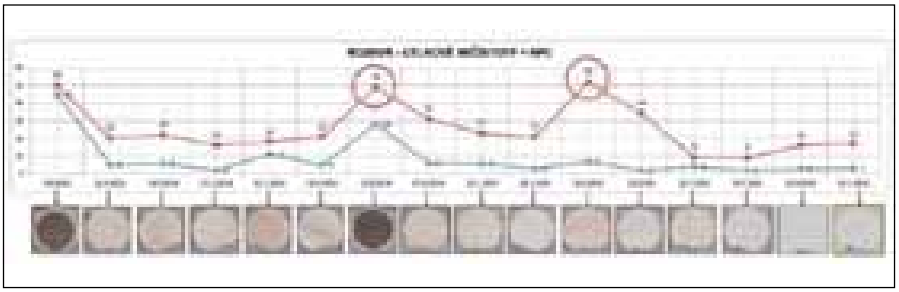
Pravidelné elektrostatické čištění olejů vede ke snížení a stabilizaci nečistot na minimální úroveň a nutí stroj pracovat v nízkonákladovém a bezpo-

Graf: průběh znečištění celkových nečistot a MPC (před a po čištění)





Graf: Průběh znečištění celkových nečistot a MPC (před a po čištění)



4. 9. 2013 – **Vysoké znečištění** – zavedení systematické péče o hydraulický olej
22. 8. 2014 – **Vysoké znečištění** – 19. 8. 2014 plánovaná odstávka, oprava hydraulického vedení, přetěsnění spojů
26. 5. 2015 – **Vysoké znečištění** – výstavba nové haly, zvýšený obsah prachových částic – instalace zavzdušňovacího filtru DES – CASE ND – 35 (0,3 µm)

ruchovém režimu. Laboratorní analýzy, které jsou nedílnou součástí péče o stroj, nám umožňují nejen problémy řešit, ale hlavně jim předcházet. Výsledkem spojení těchto dvou hlavních faktorů je celková úspora nákladů na provoz stroje. ■

Jan Comorek, KLEENTEK

Zveme vás na specializovaný seminář **„Zvyšování zisku precizní péčí o oleje v průmyslu a energetice“**, který se bude konat **23. 11. 2016 v Seminárním Centru Akademie v Ostravě**.

Tradičně povedou přednášky: Vladislav Chvalina (KLEENTEK), Jan Novák (INTRIBO) a Vladimír Nováček (ALS Czech republic).

Témata semináře jsou:

- Průmyslové oleje - doplňování, mísení, provozní rizika, aktuální zkušenosti,
- Kvalitní mazání = kvalitní výroba,
- Snížení prostojů, zvýšení kvality výroby komplexní péčí o oleje,
- Informace zaměřené na využití analýz olejů pro diagnostiku strojů a správné ošetřování olejů,
- Konkrétní výsledky z praxe,
- Tematické panelové diskuze, vzájemná výměna provozních zkušeností a informací,
- Zavzdušňovací filtry poslední generace,
- Technologie pro rychlé a přesné měření kondice a životnosti průmyslových maziv a motorových olejů, normy ČSN, ASTM, DIN v průmyslové praxi.

Více informací na: **www.kleentek.cz**

ČESKÁ STROJNICKÁ SPOLEČNOST z.s.

Novotného lávka 200/5, 110 00 Praha 1, tel. 221 082 203, mobil 728 747 242
www.strojnicka-spolecnost.cz

odborná sekce Tribotechnika
www.tribotechnika.cz

Vás zve na odborný seminář:

VYSOKOVÝKONNÁ MAZIVA A INOVATIVNÍ TECHNOLOGIE

ve středu 7. prosince 2016

od 9:00 v budově Českého svazu VTS, Praha 1, Novotného lávka 200/5, 3.patro - sál 318

Seminář bude zaměřen na progresivní technologie a poznatky z oblasti vysokovýkonných maziv, jejich výroby, aplikací, údržby a kontroly.

Odborným garantem semináře
je OS Tribotechnika ČSS a společnost Chematribos, s.r.o.
www.chematribos.cz, e-mail: petr.kriz@chematribos.cz

ChemaTriboS
VÁŠ KLÍČ K CHEMII

VZNIK A TVORBA MĚKKÝCH KALŮ V PRŮMYSLOVÝCH OLEJÍCH

Příčiny oxidačního stárnutí mazacích olejů

Oxidace je hlavní příčinou stárnutí mazacích olejů při jejich provozu. Jde o jev zcela přirozený a probíhá téměř v každém systému při styku oleje se vzdušným kyslíkem. Zvýšená teplota a další podmínky, např. přístup a zvýšená intenzita světla nebo katalýza otěrovými kovy průběh oxidace ještě urychlují.

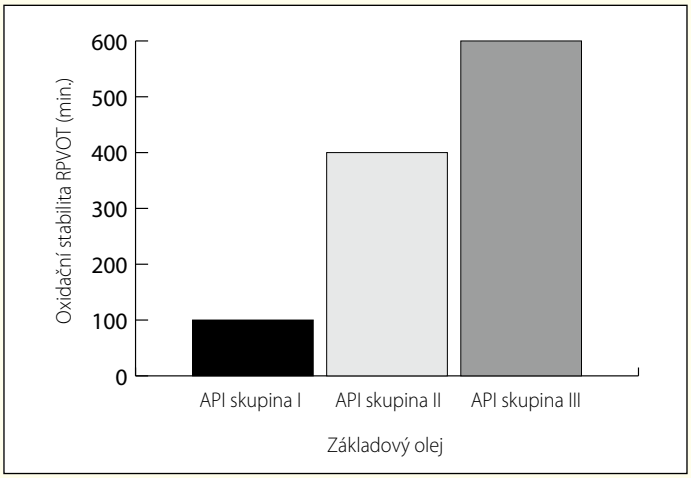
Naprostá většina mazacích olejů se vyrábí z ropných základových olejů, které jsou složeny z uhlovodíků a právě na uhlovodíkových vazbách mezi uhlíkem a vodíkem probíhají oxidační reakce. Produkty oxidace jsou různé kyslíkaté látky, zejména ketony, aldehydy, étery, kyseliny a estery. Ty mohou dále podléhat kondenzačním a polymeračním reakcím. Tyto následné reakce a nárůst obsahu kyslíku v molekulách oxidačních produktů vedou k tomu, že se začne zvyšovat číslo kyselosti, viskozita a mění se také barva oleje, v níž převládají hnědočervené tóny. Z oleje se také začnou vylučovat nerozpustné látky, které časem způsobí zakalení oleje, později až zanesení či zalepení celého mazacího systému. Charakter a vlastnosti nerozpustných úsad a kalů jsou však velmi závislé na typu mazacího oleje.

Pro vztah mezi složením uhlovodíkových mazacích olejů a oxidační stabilitou platí několik základních pravidel:

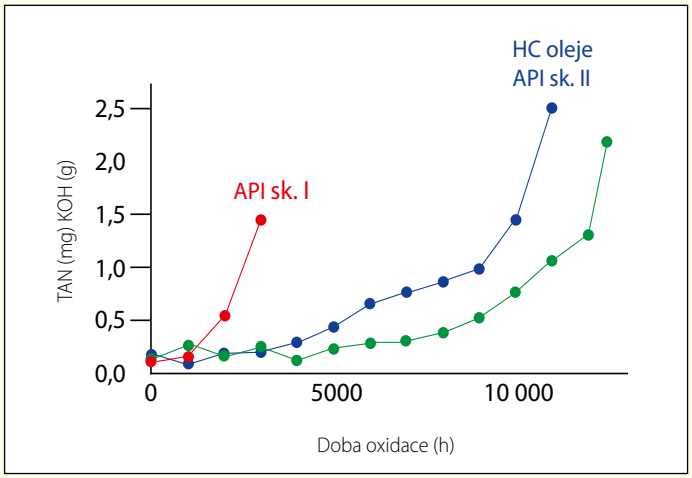
- Nasycené uhlovodíky se považují za oxidačně nejstabilnější složku základových olejů. Nejstabilnější jsou n-alkany (parafíny), které však jsou z olejů odstraňovány kvůli jejich špatným nízkoteplotním vlastnostem. Isoalkany (rozvětvené uhlovodíky) jsou cennou složkou ropných olejů a jejich oxidační stabilita je také velmi dobrá. Cyklanické (naftenické) uhlovodíky, typické např. pro elektroizolační kapaliny, však mají oxidační stabilitu poněkud horší, zejména při vyšším počtu cyklanických kruhů v molekule uhlovodíku.
- Nenasycené uhlovodíky jsou při oxidaci velice reaktivní. V olejích jsou považovány za nežádoucí. Nízká stabilita nenasycených struktur (dvojných vazeb) se projevuje ve špatné oxidační stabilitě rostlinných olejů a snadné tvorbě pryskyřic při jejich používání.
- Aromatické uhlovodíky jsou v podmínkách běžného průmyslového použití oxidačně méně stabilní než nasycené uhlovodíky a jsou příčinou menší stability olejů, které jsou méně rafinované. Se zvyšujícím se počtem aromatických kruhů oxidační stabilita klesá.

Z výše uvedených údajů vyplývá, že vysoký obsah parafinických uhlovodíků a nízký obsah naftenických a aromatických sloučenin v oleji má za následek jeho větší oxidační stabilitu, se zvyšujícím se obsahem naftenů a aromátů stabilita klesá.

Složení olejů a zastoupení jednotlivých strukturních typů uhlovodíků se pak projeví i v oxidační stabilitě olejů, která je na ***obr. 1*** vyjádřena pomocí výsledků tzv. RPVOT testu. Nejmenší oxidační stabilitu proto vykazují základové oleje API skupiny I, které mají v porovnání s API skupinami II a III vysoký obsah aromatických uhlovodíků, obvykle mezi 15–30 %. Nejkvalitnější hydrokrakové oleje skupiny III mají oxidační stabilitu největší díky velmi malému obsahu aromátů. Rozdíl v oxidační stabilitě mezi oleji API skupiny I a II je vidět i na ***obr. 2***, který znázorňuje výsledky dlouhodobého testu turbínových olejů. Turbínové oleje vyrobené ze základových olejů API skupiny II byly navíc aditivované dvěma různými aditivačními balíky, což se také projevilo v odlišném průběhu oxidačního stárnutí testovaných turbínových olejů.



Obr. 1: Oxidační stabilita základových olejů API skupin I až III



Obr. 2 Oxidační stabilita turbínových olejů při testu TOST (AST M D 943)

Kvalita průmyslových olejů

V 90. letech minulého století byly vyvinuty moderní technologie výroby kvalitních hydrokrakových olejů a začaly se budovat výrobní kapacity pro produkci základových olejů API skupin II a III. Na přelomu tisíciletí a později byly výrobní kapacity již takové, že hydrokrakové oleje se začaly používat nejen pro výrobu motorových, ale i průmyslových olejů. Kvalita průmyslových olejů tak výrazně vzrostla, zvýšila se jejich oxidační stabilita a tím také životnost. Takové oleje byly vyhledávané a postupně, se zvyšováním výrobních kapacit základových olejů, se hydrokrakové oleje, převážně API skupiny II, staly běžným standardem pro velkotonážní výrobu turbínových, hydraulických a dalších průmyslových olejů.

Se změnou základových olejů proběhla také inovace v použití antioxidantů. Fenolické antioxidanty byly nahrazeny aminovými, případně se začaly používat směsi fenolických a aminových antioxidantů, s údajnými synergickými účinky, které předčily účinek jednotlivých složek. Takové oleje, s až několikanásobně prodlouženou životností, se staly žádanými a vyhledávanými mazivy. Avšak nová kvalita olejů přinesla také nové aspekty do údržby a péče o mazací oleje.

Antioxidační kapacita olejů

Antioxidační kapacita olejů nebo jejich zbývající životnost bývaly standardně sledované pomocí FTIR spektroskopie. Tradiční fenolický antioxidant poskytoval velmi dobře čitelný a vyhodnotitelný signál fenolických -OH skupin, pomocí něhož se vyhodnocovala zbývající koncentrace fenolického antioxidantu. Pokud se koncentrace antioxidantu přiblížila určitému limitu, vyjádřenému např. v procentech z původní koncentrace, byl dostatek času k účinnému zásahu, např. k výměně olejové náplně. U nových aminových antioxidantů spektroskopický monitoring již není možný a určení koncentrace antioxidantu či zbývající životnosti oleje, se stalo velmi obtížné a pracné. Již v roce 2000 firma Fluitec proto začala prosazovat nový směr v analýze zbývající životnosti mazacích olejů a navrhla a zkonstruovala přístroj tzv. RULER (Remaining Useful Life Evaluation Routine), který byl založený na cyklické voltametrii. Nová technika se prosazovala do praxe jen velmi pomalu. Dnes se už dostává do komerčních laboratoří i v Evropě a také v Česku se stává běžnou součástí péče o mazací oleje.

Pracnější alternativou může být také testování mazacích olejů pomocí normovaných oxidačních

testů, např. tradiční test pomocí rotační bomby (RPVOT či RBOT test). Tento test je schopný určit klesající antioxidační schopnost oleje. V případě, že oxidační stabilita oleje opakovaně klesne pod určitou hranici, měly by být učiněny kroky k výměně olejové náplně. Provedení oxidačních testů je však poměrně náročné na čas, testy trvají běžně kolem 10 hodin, na přístrojové vybavení i na personál laboratoře.

Uhlovodíkové složení mazacích olejů

Jak již bylo uvedeno, kvalitnější hydrokraková rafinace základových olejů přinesla zvýšení oxidační stability olejů a prodlouženou životnost. Převaha nasycených uhlovodíkových struktur a velmi nízká koncentrace aromátů však přinesla jednu negativní vlastnost moderních olejů. Tou je velmi nízká rozpouštěcí schopnost hydrokrakových olejů.

Při oxidaci olejů vznikají polární oxidační produkty. Čím více je olej oxidován, tím je těchto produktů více a obsahují také více kyslíku. To způsobuje nárůst polarity oxidačních produktů. A s rostoucí polaritou se mění také jejich rozpustnost v uhlovodíkovém oleji. Dokud jsou málo polární produkty rozpustné v oleji, nic hrozného se oleji neděje. Při překročení hranice polarity, kterou ještě základový olej zvládne rozpustit, však začnou z oleje vypadávat nerozpustné látky. Tato hranice závisí na kvalitě oleje. Starší oleje API skupiny I obsahovaly poměrně velké množství aromatických uhlovodíků a jejich rozpouštěcí kapacita byla velká. Oleje rozpustily oxidační produkty v takovém množství, že vypadávání nerozpustných kalů nebyl nijak výrazný problém. Navíc nerozpustný materiál byl poměrně tuhý, protože obsahoval velké množství zabudovaného kyslíku, a při výměnách oleje a proplachu systému se většinou odstraňoval bez větších problémů.

U hydrokrakových olejů však nastal problém, který se řeší již několik roků. Oxidační produkty se z hydrokrakových olejů vylučuji nejprve ve formě nerozpustných jednotlivých molekul o rozměrech v řádu nanometrů. Protože hydrokrakové uhlovodíky mají nízkou rozpouštěcí schopnost, nerozpustné oxidační produkty mají nízkou polaritu s malou koncentrací kyslíku. Takový materiál je proto velmi měkký a lepivý. Nerozpustné molekuly oxidačních kalů jsou proto zprvu pouze neviditelné částice v řádu nanometrů. Díky své polaritě a lepivým vlastnostem na sebe postupně začnou nabalovat další nerozpustný materiál a rozměry nerozpustných konglomerátů začnou růst. Dokud jsou shluky měkkých kalů v řádu jednotek a desítek nanometrů, lidské oko vidí olej jako čirou kapalinu a běžné přístroje je také nezaznamenají.

Při nárůstu rozměrů shluků kalů na stovky nanometrů, tj. desetiny mikrometru, se začne olej postupně jevit již jako mírně zakalený. Při filtraci přes membránové filtry se shluky lepivých nerozpustných oxidačních produktů začnou na filtrech zachycovat a filtr se zabarví. Na tomto principu je založena také metoda detekce měkkých oxidačních kalů Membrane Patch Colorimetry (MPC), ASTM D 7843. Ze zkušenosti s filtrací oxidovaných olejů se proto zdá, že rozměry částic měkkých kalů jsou v řádu desetin mikrometrů. To se ovšem zdá jen proto, že jemnější membránové filtry nejsou běžně k dispozici. Skutečnost je mnohem horší, větší množství nerozpustného kalu nelze zaznamenat, ale v oleji je přítomné. Jen čeká na příležitost, aby se malé částice při vzájemných srážkách na sebe nalepily a zvětšily tak svou velikost. Takto zvětšené částice a konglomeráty už jsme potom schopni zaregistrovat pomocí filtrace a později i vizuálně.

Náprava a čištění olejového systému

Nadměrné zabarvení filtru při MPC testu je obvykle známkou toho, že je třeba nasadit filtraci oleje či provést výměnu olejové náplně. Nevyhovující výsledky testu říkají, že nerozpustného materiálu je v oleji již tolik, že se v oleji vytvořily shluky oxidačních kalů o velikosti v řádu desetin mikrometrů zachytitelné pomocí membránových filtrů a takových velkých nerozpustných shluků kalu je v oleji již nadměrné množství. Znamená to ovšem také to, že v oleji je navíc ještě velké množství nerozpustných oxidačních kalů, které jsou zatím rozměrově v řádu nanejvýš desítek nanometrů a zatím nejsou nijak zachytitelné. Sportovní komentátoři by takovou situaci komentovali výrazem, že jsou „na čekačce". Je pouze otázkou krátké doby, kdy malé a zatím neviditelné shluky nerozpustných lepivých kalů na sebe nabalí další nerozpustný materiál a začnou být viditelné pouhým okem jako zakalení oleje.

Z uvedeného vyplývá, že náprava situace pouhou filtrací olejové náplně je nedostatečná a nevede k vyřešení problému. Je to jen krátkodobé oddálení skutečného řešení problému. Filtrací lze odstranit pouze ty největší a viditelné shluky nerozpustných kalů, opticky se tak olej vyčistí. Je proto pouze otázkou krátké doby, než se ze zatím neviditelného nerozpustného materiálu stanou větší a problémové částice měkkých kalů se všemi jejich negativy.

Filtrace tak zůstává řešením pouze v případě, kdy je potřeba získat čas na přípravu a výměnu celé olejové náplně. K částečnému oddálení náročné výměny velkých objemů olejové náplně lze také použít pouze částečnou výměnu, např. třetiny náplně, čímž dojde k částečnému antioxidačnímu oživení oleje. Konečným řešením při výskytu měkkých kalů v oleji však je pouze celková výměna olejové náplně s předchozím vyčištěním systému pomocí detergentů a následný proplach systému.

Při správné údržbě olejových systémů je proto velmi žádoucí, aby se větší pozornost věnovala již zmíněnému testu RULER. Jen tak lze zachytit ubývající množství antioxidantů a přicházející riziko zrychlené oxidační degradace. Olejový systém je možné tímto způsobem udržet v obvyklé čistotě. V momentě, kdy se začne objevovat varování při nevyhovujících hodnotách MPC testu, je většinou již pozdě a potom začíná boj o minimalizaci nákladů při čištění celého olejového systému. S takovou situací obvykle souvisí také technologická odstávka zařízení, nebo i celé technologie, a řešení finančních ztrát spojených s přerušením výroby. ■

Jaroslav Černý, TriboChem

TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ A VÝVOJ OBRÁBĚCÍCH KAPALIN

pohledem tradičního českého výrobce

Dnes používané obráběcí kapaliny mísitelné s vodou uvedené v portfoliu společnosti PARAMO prochází neustálým procesem vývoje.

Společnost PARAMO nabízí širokou škálu vysoce výkonných obráběcích kapalin, a to jak minerálních, polosyntetických tak syntetických. Jednou ze syntetických obráběcích kapalin společnosti PARAMO je **PARAMO SYNT 220**.

PARAMO SYNT 220 je syntetická obráběcí kapalina neobsahující minerální olej. Je dokonale rozpustná ve vodě a s vodou tvoří stabilní roztok. Svým složením se chová šetrně k životnímu prostředí a její použití v provozu vede ke zlepšení pracovních podmínek a pracovního prostředí. Používá se v koncentraci 3 až 5 % a je určena pro všechny operace obrábění prováděné broušením, tedy nástroji, kde není přesně definována jejich geometrie. Její ideální technologické vlastnosti se projeví zejména při broušení tepelně zpracovaných (kalených) ocelových dílů. Je vhodná pro broušení i běžných tepelně nezpracovaných ocelí a ostatních kovových materiálů. V případě obrábění nástroji s přesně definovanou geometrií břitu je použitelná pouze při operacích prováděných na snadno obrobitelných materiálech, které disponují přirozenou mazivostí (šedá a tvárná litina, výjimečně).

Charakteristické vlastnosti kapaliny PARAMO SYNT 220 jsou především dokonalá rozpustnost ve vodě, kde tvoří transparentní roztok, má vynikající chladicí, penetrační, oplachovací a čisticí schopnost. Její předností je téměř okamžitá sedimentace oplachovaných a unášených pevných částic. Vyznačuje se značnou mikrobiální stabilitou znamenající dlouhodobou provozní životnost. Má dobré protikorozní vlastnosti, velmi dobrou smáčivost a odlučivost cizího oleje a minimální sklon k pěnění. ■

www.paramo.cz

NOVÁ TEÓRIA CHEMICKÉHO MECHANIZMU OBRÁBANIA

Výrobné procesy pri spracovaní kovov možno v základných rysoch rozdeliť na trieskové a beztrieskové. Veľká väčšina týchto procesov vyžaduje použitie mazív, ktoré uľahčujú daný technologický proces svojím mazacím a chladiacim účinkom. Jednotlivé technologické procesy opracovania kovov si vyžadujú špecifické zloženie a vlastnosti mazív. Používané mazivá môžeme rozdeliť na: mazivá na obrábanie a na tvárnenie kovov.

Základnými funkciami mazacích prostriedkov používaných pri trieskovom obrábaní kovov sú: **zlepšenie rezného účinku nástroja** (minimalizovanie jeho opotrebenia), **chladiaci účinok** (odvod tepla) a **čistiaci účinok** (odstraňovanie triesok z miesta ich vzniku).

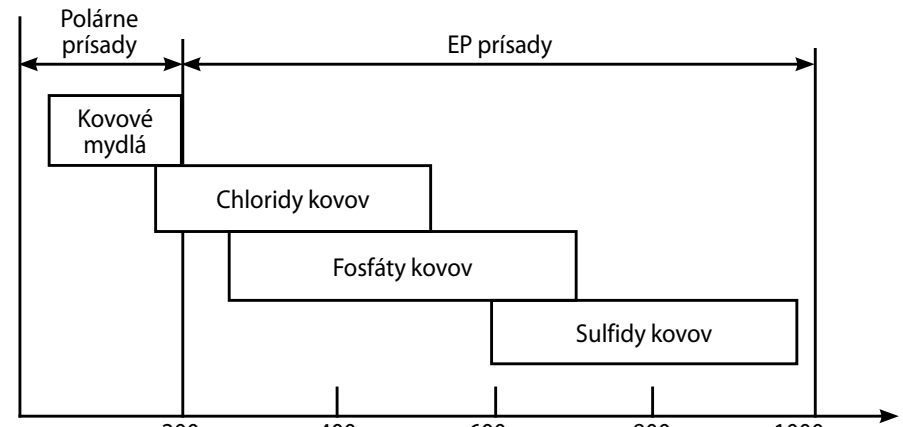
Pri opracovaní materiálov nástrojmi s definovateľnou geometriou ostria je jednou z hlavných funkcií reznej kvapaliny ochrana nástroja, čiže eliminovanie vzniku nežiadúceho nárastku na ostrí, ktorý za určitých okolností môže poškodzovať povrch obrábaného materiálu a zníženie predčasného opotrebenia ostria. Proces tvorby žiadúceho nárastku výrazne ovplyvňuje rezný proces a kvalitu obrábaného povrchu. Žiadúci nárastok chráni nástroj pred opotrebením, tepelným zaťažením, mení geometriu ostria nástroja žiadaným smerom, a tým ovplyvňuje kvalitu obrábaného povrchu. Vytváranie nárastku je možné ovplyvňovať reznou kvapalinou obsahujúcou prísady. Pri reznom procese nastáva otupovanie nástroja trením na dotykových miestach s obrábaným materiálom, ktoré je výsledkom: brúsneho účinku tvrdých častíc triesky a plochy rezu na čelo a chrbát nástroja, adhézie medzi kovovými povrchmi a difúznych transferov pri zvýšených teplotách v reznej oblasti.

Staršie teórie vysvetľovali vplyv rezných kvapalín obsahujúcich aktívne látky (prísady) tým, že priebeh plastickej deformácie je uľahčený prenikaním molekúl prísady do povrchu kovu deformovaného tlakom nástroja po kĺzných plochách kovových zŕn. Povrch materiálov je obvykle obklopený plynným alebo kvapalným prostredím. Atómy na povrchu kovu priťahujú atómy alebo molekuly prostredia a vytvárajú s nimi väzby. Na povrchu kovu vzniká tenká adsorpčná vrstva. Tento, tzv. adsorpčný film pozostáva z chemických zlúčenín atómov kovu a prostredia a z tenkej vrstvy prostredia so silnou priľnavosťou. Priľnavosť je taká silná, že adsorpčný film nemožno odstrániť bez poškodenia kovového povrchu a tak pozmeňuje jeho vlastnosti. Ak je celistvý (nepoškodený) potom súčiniteľ trenia závisí nie od vlastnosti povrchu, ale od vlastnosti adsorpčnej vrstvy. Materiály, ktoré obsahujú fosfor, halogenné prvky alebo skupiny OH, COOH, NH, SOOH vytvárajú pevné adsorpčné vrstvy. Prostredie vplýva aj na vlastnosti kovových povrchov. Povrchovo aktívne látky vnikajú do mikrotrhlín materiálu. Na steny trhlín pôsobia tlakom, znižujú súdržnosť materiálu a uľahčujú jeho deformáciu. Vlastnosti povrchovej vrstvy sa menia aj vplyvom difúzie. Molekuly sa rozkladajú na atómy a vnikajú do kovovej mriežky. Kov sa stáva krehkejším. Vznikajú chemické zlúčeniny. Opísané fyzikálne a chemické javy pozmenia vlastnosti povrchovej vrstvy kovu, jej odolnosť voči opotrebovaniu. Rozhodujúcu úlohu hrajú nie pôvodné vlastnosti kovu, ale vlastnosti povrchovej vrstvy. Podľa týchto teórií rezné kvapaliny o vhodnom zložení pôsobia na rezný proces za určitých podmienok okrem fyzikálneho aj chemickými účinkami obsiahnutých prísad, ktoré prenikajú do aktívneho povrchu kovu a nástroja v miestach kontaktu a vytvárajú na nich pevné filmy zlúčenín kovu a prísady. Aby došlo k zníženiu trenia postulujú tieto teórie nutnú podmienku, že vytvorená zlúčenina musí mať nižšiu pevnosť strihu ako kov obrobku a bod topenia vzniknutej zlúčeniny bol vyšší ako skutočné teploty na ostrí nástroja. Väčšina chemikov a tribológov doteraz predpokladala, že prísady ako sú chlórované parafíny, sulfátované estery, polysulfidy alebo prísady obsahujúce fosfor reagujú v relatívne krátkom čase za vzniku kovových chloridov, sulfidov alebo fosfidov/fosfátov. Z chemického hľadiska takéto reakcie sú možné a reakčné vrstvy môžu byť v procese vytvorené bez problémov. V týchto reakciách sa tvoria chemické zlúčeniny, ktoré ovplyvňujú mechanické vlastnosti povrchových vrstiev nástroja i obrobku a tým rezný proces a jeho výsledok.

Napr. v porovnaní s oceľou majú chloridy železa teplotu topenia až 640 °C a strihovú pevnosť 150 – 380 MPa a uplatnia sa teda v oblastiach teplôt cca 200 až 400 °C.

Výskumníci firmy FUCHS WISURA tento model spochybnili, pričom použili argument, že pri väčšine operácií u obrábania kovov nie sú kvapalina a obrobok v kontakte dosť dlho, aby mohli prebehnúť reakcie potrebné pre vznik týchto vrstiev. Ďalším významným faktorom je skutočnosť, že chemické vlastnosti povrchov rôznych obrábaných materiálov sú výrazne odlišné a podľa novej teórie práve táto odlišnosť ma významný vplyv na mechanizmy interakcií s prísadami obsiahnutými v obrábacích kvapalinách. V januári 2013 na konferencii OilDoc v nemeckom Rosenheime riaditeľ výskumu a vývoja spoločnosti FUCHS WISURA profesor Joachim Schulz prvý krát prezentoval novú teóriu založenú na predpoklade, že prísady sa adsorbujú na povrchy obrobkov. Profesor Schulz súhlasí s tým aspektom konvenčných teórií, ktorý tvrdí, že prísady musia nejakým spôsobom vytvoriť interakciu s obrobkom, aby uľahčili proces obrábania kovov. Bez kvapaliny sa obrábacie stroje vo všeobecnosti opotrebúvajú rýchlejšie, povrch obrobkov je drsnejší a zvyšuje sa pravdepodobnosť adhézie medzi nástrojom a obrobkom. Ako uviedol Prof. Schulz: „Nejaký typ reakcie je nevyhnutný pre zabezpečenie dlhej životnosti nástroja ako aj pre vytvorenie optimálnej povrchovej úpravy." Podľa neho má výskum podporujúci konvenčné teórie základné nedostatky. „Jedným problémom pri všeobecne rozšírených teóriách je, že vychádzajú z testov, v ktorých majú prísady na reagovanie s kovom veľa času." Okrem toho väčšina štúdií nerobí rozdiel medzi rôznymi druhmi kovov. A tu je podľa výskumníkov veľký rozdiel, napr. v spôsobe reagovania uhlíkovej ocele a nehrdzavejúcej ocele. Pri skúmaní modelov interakcie s obrobkami, výskumníci najprv uskutočnili výskum atómových štruktúr rôznych kovov používaných pri obrábaní kovov. Použitím hmotnostnej spektroskopie našli rôzne typy molekúl pokrývajúcich povrchy rôznych kovov. Železné povrchy sú typicky pokryté hydroxylovými skupinami, zatiaľ čo uhlíková oceľ je pokrytá vrstvou hydroxidov a oxidov. Oxidy buď pokrývajú celú plochu, alebo tvoria ostrovčeky. Nehrdzavejúce ocele sú vo všeobecnosti pokryté oxidmi chrómu a niklu s ich pomerom závislým od špecifickej zliatiny. Hliník je pokrytý pevnou vrstvou oxidov. Oceľ, nehrdzavejúca oceľ a hliník majú odlišné povrchové štruktúry a preto s prísadami reagujú rozlične. Prísady tvoria

Vysokotlaké prísady tvoria rôzne produkty s chemickým zložením, ktoré závisia od aktívneho prvku: chlór, síra, fosfor. Oblasť účinnosti závisí na teplote.



Ilustrácia teplotnej oblasti účinnosti pre rôzne EP prísady podľa popísaných teórií

interakciu s oxidmi, hydroxidmi alebo kovovými iónmi. Vo všeobecnosti sa prísady klasifikujú ako iónové (kyslé fosforečné estery kyselín a prísady pre pasívny extrémny tlak (PEP)) alebo neiónové (chlórované parafíny a polysulfidy). Testy ukázali, že iónové prísady reagujú prednostne s kovovými iónmi, zatiaľ čo neiónové reagujú s oxidovými a hydroxidovými skupinami. Výskumníci študovali účinnosť prísad obsahujúcich chlór a síru v rozličných procesoch obrábania kovov.„Chlórované oleje pôsobia v každom druhu procesu tvárnenia a so všetkými druhmi materiálov, obzvlášť s nehrdzavejúcou oceľou. Okrem toho, chlórované oleje dobre pôsobia vo vysokorýchlostných procesoch, ako je ťahanie rúr alebo ťahanie tyčí. Oleje neobsahujúce chlór však zvyčajne nepôsobia na nehrdzavejúcu oceľ, a to dokonca aj ak sú olej a kov v kontakte počas dlhej doby." Chlórované parafíny a zlúčeniny obsahujúce síru pôsobia na nehrdzavejúcu oceľ, nepôsobia na ňu však prísady PEP a kyslé fosforečné estery. Na druhej strane, prísady PEP kombinované so zlúčeninami obsahujúcimi síru pôsobia dobre na uhlíkovú oceľ podobne ako aj chlórované parafíny. Prof. Schulz prezentoval rôzne mechanizmy, ktorými môžu chemické látky vstupovať do interakcie a poznamenal, že interakcia neznamená nevyhnutne chemickú reakciu, v ktorej sa jeden alebo viac reaktantov mení na nové molekuly. Tieto reakcie vyžadujú relatívne dlhý čas – dlhší ako pri interakcii akou je adsorpcia, kde sa materiály s voľnými radikálmi alebo iónovými nábojmi spolu viažu alebo spájajú.

V svetle tohto faktu bola položená otázka: Koľko času má molekula prísady na interakciu s kovovým povrchom? Priemerný čas spracovania závisí od samotného procesu. Napr. preťahovacie stroje pracujú pri rýchlostiach od 6 do 30 m/min, sústruhy pri 100 m/min a brúsky pri obvodovej rýchlosti 100 m/s alebo vyššej. Proces ťahania drôtov a ťahania rúr prebieha pri rýchlostiach nad 50 m/min. Preto priemerný čas spracovania 60 m/min znamená, že nástroj s Ø 1 mm kontaktuje špecifickú oblasť dielu len počas milisekundy. Keďže to je príliš krátky čas na rozvinutie chemických reakcií, konvenčné teórie opisujúce interakcie kovoobrábacích kvapalín sú určite neplatné a je potrebná preto nová teória, uvádza Schulz. Súčasný model je založený prevažne na tvorbe reakčných vrstiev na povrchu kovu, a o povrchoch rôznych kovov sa predpokladá, že sú chemicky homogénne, pozostávajúce primárne z vrstiev oxidov. **Naproti tomu nový model minimalizuje vplyvy reakcií medzi prísadami a kovovými povrchmi a počíta hlavne s adsorpčnými vplyvmi prísad. Tento model nazerá na chemickú povahu kovových povrchov veľmi odlišným spôsobom. V novom modeli sa prísady adsorbujú na kovové povrchy tromi možnými spôsobmi, dvomi pre neiónové prísady a jedným pre iónové prísady.**

Prvý mechanizmus je pre atóm síry alebo kyslíka neiónové prísady pre viazanie sa s hydroxidovou skupinou na kovovom povrchu za vzniku takzvaného vodíkového mostíka. Podľa druhého prísada iónového typu nahrádza hydroxidovú skupinu na povrchu. Tretí mechanizmus má prísada iónového typu adsorbujúca sa na atómy kovu oxidovej skupiny.

Prvý a druhý mechanizmus pôsobia na rovnakej molekulovej skupine, a preto navzájom súťažia o miesta. „Ak kovový povrch obsahuje hydroxidové aj oxidové skupiny, reakcie sa líšia medzi mechanizmom 1 a 3 alebo mechanizmom 2 a 3. V každom prípade možno pozorovať synergický efekt," uviedol Schulz. Tieto zistenia preukázali, že klasické teórie chemickej reakcie majú v procesoch obrábania kovov len obmedzené použitie. Dominantnou interakciou pre

obrábaciu kvapalinu je adsorpcia prísad na kovový povrch. Preto štiepenie a rekombinácia molekúl nie sú pre operácie obrábania kovov rozhodujúce. Výskum preukázal, že povrchovo aktívne prísady výrazne znižujú energiu potrebnú na proces tvárnenia. Toto je ďalší dôkaz, že adsorpcia je dominantná interakcia. Špecificky, povrchovo aktívne prísady zvyšujú rýchlosti tvárnenia kovov a znižujú intenzitu únavy materiálu. U operácií rezania sa ukázalo, že použitie prísad vykazovalo stabilizáciu mikrotrhlín v kovových materiáloch, čím ich chránili pred opätovným spojením a tvorili sa menšie triesky. Všetky procesy obrábania kovov, vrátane tvárnenia tvoria čerstvé kovové povrchy. Ak sa tieto povrchy ihneď nepokryjú prísadami, nástroj a diel sa môžu spolu spojiť. Tento efekt bol najčastejšie pozorovaný u nehrdzavejúcej ocele, hliníka a titánu – materiálov pokrytých vrstvami čistých oxidov – a menej často u uhlíkovej ocele alebo mosadzí. Adhézia sa vyskytuje preto, lebo čerstvo opracovaný kov je vo vysoko reaktívnom stave a ľahko tvorí nové chemické väzby. Adhézii je možné vyhnúť sa len ak sa prísady rýchlo adsorbujú na novom povrchu. Testovanie novej teórie bolo vykonané na modelových kvapalinách. Skúmalo sa pôsobenie prísad na báze esterov a polysulfidov.

Výsledky pritom ukázali nízke rýchlosti adsorpcie na nehrdzavejúcu oceľ s výnimkou komplexných esterov. Možné vysvetlenie pre toto zistenie je, že elektrónová hustota a vyššia viskozita molekúl napomáhajú adsorpcii. Nasýtené estery mastných kyselín vykázali najnižšiu adsorpciu, pretože ich molekuly majú menej väzbových miest.

Na uhlíkovej oceli komplexné estery vykázali lepšiu adsorpciu, pretože ich molekuly majú viac väzbových miest. Vplyv viskozity nemožno úplne vylúčiť, hoci kvapaliny s vyššou viskozitou nevykazovali vždy vyššiu adsorpciu.

Pre poskytnutie lepšieho pochopenia vplyvu esterov, boli tieto kombinované s inými prísadami: s polysulfidom, ktorý sa prednostne viaže s kyslíkovými skupinami a v menšej miere tvorí vodíkové mostíky; a sulfonátmi so stechiometrickým prebytkom kovu, ktoré prednostne tvoria iónové väzby.

Teoreticky by sa polysulfid mal viazať prednostne s oxidovými skupinami na kovových povrchoch, čím by inhiboval adsorpciu esterov. Prekvapivo hodnoty adsorpcie vykázali opačný efekt. To znamená, že estery a polysulfidy nesúťažia o rovnaké povrchové oblasti, ale sú komplementárne v ich účinkoch. To tiež naznačuje, že estery pôsobia hlavne tvorbou vodíkových mostíkov, a nie adsorpciou na oxidové skupiny.

Pre ďalšie potvrdenie novej teórie boli preskúmané zmesi, ktoré bližšie zodpovedajú komerčne dostupným chladiacim kvapalinám. Najvyššie hodnoty adsorpcie vytvorili triglyceridy na uhlíkovej oceli. Výsledky ukazujú, že správanie sa esterov závisí od toho, ako sa ich atómy kyslíka viažu s atómami vodíka hydroxidov. Rovnaký efekt bol pozorovaný na nehrdzavejúcej oceli.

V testovacej matrici bol aktívny polysulfid nahradený iným aktívnym polysulfidom a v tretej skúške neaktívnym polysulfidom. Výskumníci udržiavali stálu hladinu síry vo všetkých troch prípadoch. Výsledky ukazujú, že zmena polysulfidu nemala žiadny významný vplyv na výsledky. To znamená, že rýchlosť adsorpcie nezávisí od aktivity polysulfidu, ale len od samotného obsahu síry.

Prísady, ktoré sú v interakcii s kovovými povrchmi

Mechanizmus 1 Vodíková väzba		**Mechanizmus 2** Nahradenie hydroxidovej skupiny		**Mechanizmus 3** Adsorpcia na kyslíkovú skupinu	
Hydroxid železa	Funkčná skupina neiónového prísady	Hydroxid železa	Funkčná skupina iónovej prísady	Oxid železa	Funkčná skupina neiónovej prísady síra alebo kyslík

Záver:

Výsledky doteraz vykonaných testov potvrdzujú, že klasická teória o homogénnych kovových povrchoch neplatí. Zistením prítomnosti hydroxidov a oxidov na povrchu vedie k dobrému predpovedaniu chovania sa prísad a/alebo ich zmesí. Synergické a antagonistické účinky možno vysvetliť rôznou afinitou prísad určitým štruktúram kovov. Vo všeobecnosti oxidované povrchy na nehrdzavejúcej oceli, hliníku a titáne nie sú schopné reagovať s iónovými prísadami; prednostne tvoria interakciu len s neiónovými prísadami. Väzba medzi kyslíkom a železom, chrómom alebo niklom je veľmi stabilná a nemôže byť narušená prísadami pre obrábacie kvapaliny. Tie sa môžu len adsorbovať na povrch. Povrch viac alebo menej pokrytý hydroxidmi môže reagovať s neiónovými aj s iónovými prísadami. Reakcie medzi hydroxidmi a iónovými prísadami nahrádzajú hydroxylovú skupinu pôsobiacim iónom. Reakcie s neiónovými prísadami tvoria vodíkové mostíky. Navrhovaná teória si vyžaduje vykonať ešte ďalšie práce. Nová teória však poskytuje hlbší pohľad na deje pri obrábaní kovov a umožňuje efektívnejšie navrhovať zloženie kvapalín pre obrábanie kovov. ■

Ing. Miroslav Kačmár, Fuchs Oil Corp.(SK)

ANALÝZA OLEJE JAKO NÁSTROJ PROAKTIVNÍ ÚDRŽBY

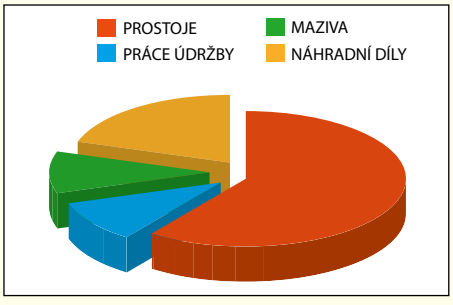
Neplánované opravy a odstávky výrobních strojů a velké zásoby náhradních dílů způsobují pokles produkce a vzrůst nákladů. Proaktivní („vstřícná“) údržba je taková, při které se na vznik poruch nečeká, ale je snaha jim aktivně předcházet.

Tento způsob údržby ovlivňuje výrazně spolehlivost provozu. Monitorování stavu oleje po celou dobu provozu, sledování průběhu změn vlastností (tedy tribodiagnostika) a jeho správné ošetřování – to je proaktivní údržba mazacích olejů. Analýza mazacích olejů dnes slouží jako diagnostický prostředek ke sledování různých typů strojů s uzavřeným cirkulačním mazacím systémem od turbín po plynové motory. Schémata rozborů, tedy jaké zkoušky se mají provést, se liší právě podle typu stroje a jsou dobře známá. Při dodržení optimálních intervalů odběru vzorků lze spolehlivě zachytit všechny změny od běžného stavu (běžných hodnot jednotlivých sledovaných parametrů) a s velkým předstihem upozornit uživatele stroje, že se děje něco neobvyklého. Velmi důležité přitom je, aby diagnostik z laboratoře znal podrobnosti o sledovaném stroji, což velmi často není možné bez komunikace s uživatelem stroje. Při formulaci diagnostického závěru analýzy mazacího oleje je nutné „poskládat“ údaje od výrobce stroje, uživatele stroje a výrobce oleje s naměřenými daty.

Možnost úspor

Stále je možné setkat se s názorem, že analýzou mazacího oleje zjistíme jeho stav a posoudíme, zda je možné ho ponechat ve stroji navzdory dosaženému předepsanému intervalu výměny oleje. A to že je ta hlavní úspora – nemuseli jsme koupit nový olej. Přitom je dávno zřejmé (a dokázáno), že hlavní úspory dosažitelné proaktivní údržbou jsou v minimalizaci prostojů strojů (*viz. obr. 1*).

Je tedy zřejmé, že hlavním cílem je pokud možno zabránit prostojům, a když už k prostoji dojde, pak ho zkrátit na minimum. Proto i jedna z podmínek úspěšné diagnostiky je rychlost. Stav stroje, příčina poruchy a možnost jejího odstranění musí být známy, co nejrychleji je to možné. Tady je úskalí všech „off-line“ prováděných diagnostik, tedy i analýzy olejů prováděné v laboratoři, kam je nutné vzorek odebraný ze sledovaného stroje poslat. Přesto se po celém světě analýzy olejů v komerčních laboratořích v širokém měřítku provádějí. Jak je to možné?



Obr. 1 – Skladba úspor dosažitelných proaktivní údržbou zaměřenou na mazací oleje

Výhody tribodiagnostiky

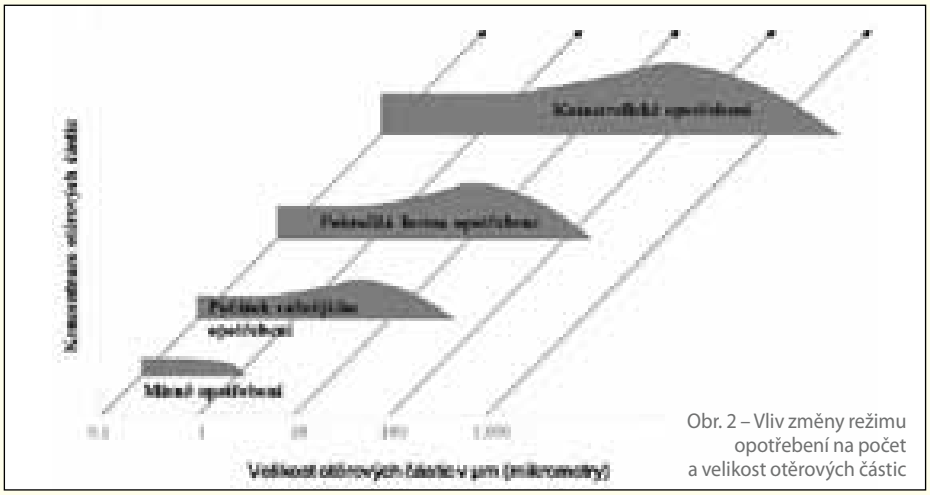
Nejpodstatnější je, že při správně aplikované tribodiagnostice lze s velkým předstihem zjistit vznikající poruchu – sledujeme totiž změnu režimu opotřebení ve stroji, když ke skutečné poruše je ještě daleko. Na *obrázku 2* je ilustrován vliv režimu opotřebení na počet a velikosti otěrových částeček kovů, které můžeme vhodnou metodou detekovat v mazacím oleji. Analýzami oleje tedy můžeme sledovat stav stroje, především jeho dílů, které jsou v kontaktu s mazacím olejem, i stav oleje. Dokonce je možné sledovat stav součástí stroje, které s olejem v kontaktu vůbec nejsou (např. vzduchový filtr motoru).

Laboratoř Tribology ALS Czech Republic nabízí analýzy všech typů mazacích olejů pro účely tribodiagnostiky. Pro každý typ oleje je vytvořen balíček testů, který je sestaven tak, aby při nejnižším možném počtu testů (cena rozboru) bylo možné posoudit stav stroje i oleje (*viz. Tabulka*). Důležité je, že ke správnému vyhodnocení především stavu stroje a změn režimu jeho opotřebení je nutné odebírat a analyzovat vzorky oleje pravidelně, aby z výsledků analýz mohly být vytvořeny trendy. Na základě trendů lze totiž změny sledovaných parametrů jednoznačně vyhodnotit a s dostatečným předstihem uživatele stroje upozornit na blížící se možný problém. A pak pokud je to pro správné vyhodnocení situace vhodné, je možné provést detailnější analýzu vzorku s varovnými výsledky. ■

Vladimír Nováček, ALS Czech Republic

Balíčky testů pro tribodiagnostiku

Typ oleje	Zkoušky
Motorový (benzin)	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, glykol, nitrace, palivo Viskozita při 40 °C
Motorový (nafta)	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, glykol, saze, sulfatace, oxidace, palivo Viskozita při 100 °C, TBN
Hydraulický	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, oxidace Viskozita při 40 °C, ISO kód (ISO čistota)
Turbinový	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, oxidace Viskozita při 40 °C, ISO kód (ISO čistota), TAN
Převodový	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, oxidace Viskozita při 40 °C
Pro vzduchové kompresory	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, oxidace Viskozita při 40 °C, TAN
Pro chladicí kompresory	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – oxidace Viskozita při 40 °C, TAN, ISO kód (ISO čistota), obsah vody (KF)
Pro plynový motor	ICP – Al, Cr, Cu, Fe, Pb, Sn, Si, Mg, Mo, B, Na, K, Ca, Zn, P, Ni, S FTIR – voda, glykol, nitrace, oxidace, sulfatace Viskozita při 40 a 100 °C, TBN, TAN, i-pH



Obr. 2 – Vliv změny režimu opotřebení na počet a velikost otěrových částic

Kvalita, inovace, servis – to jsou průmyslové kapaliny Paramo.

• oleje hydraulické • oleje kompresorové • oleje turbínové • oleje ložiskové • oleje antikorozní • oleje řezné • oleje pro kluzná vedení • plastická maziva • oleje pro kalení a přenos tepla • oleje elektroizolační • oleje průmyslové převodové • obráběcí kapaliny

PARAMO
Industry oils

www.paramo.cz | www.mogul.cz