maziva – oleje – technologické kapaliny

TRIBOTECHNICKÉ INFORMACE

1/2013

TECH MAGAZÍN
TECHNIKA VČERA, DNES A ZÍTRA

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

OBSAH

- **Editorial 2**
- **Důležitost správné aplikace maziv** 3
  Ing. Šimánek
- **Agregáty oběhových centrálních mazacích systémů** 4–5
  Špondr CMS
- **Analýzy turbínových olejů** 6–7
  ALS Czech Republic
- **Kolorimetrie – účinný a levný nástroj v boji proti nebezpečným úsadám** 8–9
  Kleentek
- **Vodou mísitelné obráběcí kapaliny bez obsahu boru a formaldehydu** 10–11
  Castrol
- **Určování a ověřování užitných vlastností kapalných a plastických maziv** 12–13
  SGS Czech republic
- **Průmyslové převodové oleje a mazání převodovek** 14
  Ing. Václavíčková
- **Biologicky rozložitelná maziva (biomaziva)** 15
  Doc. Ing. Kozák
- **Optimalizace tribosystémů při těžkých kluzných namáháních** 16–17
  Ing. Nacházel
- **Hydraulika šitá na míru** 18–19
  ULBRICH Hydroautomatik
- **Prediktivní a proaktivní údržba a její přínosy i úskalí** 20
  CMMS

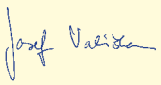
Česká strojnická společnost
OS Tribotechnika
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
tel.: 221 082 203, e-mail: strojspol@csvts.cz
www.tribotechnika.cz
www.strojnicka-spolecnost.cz

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

Tribotechnika na věčné časy, aneb "never ending tribostory"

Po půlroční pauze je tu opět čas na další vydání Tribotechnických informací. Novou podobu, kterou dostalo vzhledem ke změně vydavatele, podle dosavadních ohlasů česká tribotechnická komunita přijala pozitivně a nic tedy nebrání tomu v nastoupené tradici pokračovat.
Pokud budete toto číslo Tribotechnických informací číst ještě před 13. červnem, pravděpodobně byste stihli zúčastnit se jedné ze zajímavých akcí, kterou členové Tribotechnické sekce ČSS pořádají, a to tradičního semináře firmy Kleentek, který je letos zároveň jubilejním – pořádá se už podvacáté. Pokud nikoli, bude zde během letošního roku ještě samozřejmě i řada dalších příležitostí k setkání s profesionály a přáteli (či konkurencí) z oboru a získání dalších informací o zajímavých novinkách z branže. Například dvoudenní zářivý kurz Základy tribotechniky nebo seminář zaměřený na automobilovou techniku. Podrobněji viz níže uvedený přehled.
Nicméně ani když se nebudete moci žádné z uvedených akcí zúčastnit, řadu užitečných podnětů a informací byste měli najít i na následujících stránkách.
Význam tribotechniky stále roste, a s tím, jak se objevují nové materiály, rozšiřují se i její možnosti. Tribotechnika hraje stále významnější roli v současném trendu dosahovat u nejrůznějších mechanických systémů maximální efektivity a energetické úspornosti. I zdánlivě nepatrné snížení ztrát vznikajících třením může v konečném souhrnu přinést velmi významné úspory. Další oblastí, kde mají tribotechnické poznatky a na nich založená správná údržba mimořádná význam, je prevence poruch, k nimž může docházet (a jak se ukazuje také dochází) v důsledku zanedbané, či špatně prováděné údržby strojního vybavení, použití nevhodně zvolených maziv neodpovídajících konkrétnímu zařízení apod. I o tom se dočtete v tomto vydání Tribotechnických informací.
Navíc součástí tohoto vydání TechMagazínu je i příloha věnovaná ložiskům, což je oblast s tribotechnikou velmi úzce související, stejně jako železnice, na něž je zaměřena sekce věnovaná mezinárodnímu veletrhu Czech RailDays, který se koná od 18. do 20. června v Ostravě. Jeho účastníkům i návštěvníkům bude TechMagazín s Tribotechnickými informacemi rovněž distribuován, takže příspěvky autorů publikované v tomto vydání se rozhodně dostanou do těch nejpovolanějších rukou a k odborníkům z dalších oborů, jimž mohou být služby a produktové novinky firem a institucí zabývajících se tribotechnikou nesporně užitečné. A jak jistě mnozí z vás mohou potvrdit i z vlastních zkušeností získaných z praktických poznatků o tribotechnickém povědomi ve firemní sféře, osvěty není nikdy dost...

Kvalitní počtení a hezké léto



PhDr. Josef Vališka, šéfredaktor

Plán odborných akcí České strojnické společnosti na 2. pol. 2013

1. Kurz: Základy tribotechniky – (tribotechnické poznatky o mazivech a mazání, předpoklady praktické realizace v podnikové praxi)
termín: 19.–20. září 2013
místo: Hotel SKI – Nové Město na Moravě
odborný garant: OS Tribotechnika ČSS
Ing. Vladimír Nováček, ALS Czech Republic, s.r.o., Praha, *e-mail:* vladimir.novacek@alstribology.com

2. Konference: 22. Mezinárodní konference CAHP
termín: 23.–25. října 2013
místo: ČSVTS, Praha 1, Novotného lávka 5, budova A - 4. patro, sál 418
odborný garant: Česká asociace pro hydrauliku a pneumatiku - OS ČSS
Dr. Ing. Radim Olšovský, Ph.D., Parker Hannifin Czech Republic s.r.o., *e-mail:* rolsovsky@parker.com

3. Seminář: Seminář se zaměřením na automobilové produkty
termín: 27. listopadu 2013
místo: ČSVTS, Praha 1, Novotného lávka 5, budova A - 3. patro, sál 318
odborný garant: OS Tribotechnika ČSS
Ing. Petr Dobeš, Cimcool Europe B.V. – Czech Branch, *e-mail:* p.dobes@volny.cz

4. Seminář: El. řízení resp. regulace čerpadel
termín: 4. prosince 2013
místo: ČSVTS, Praha 1, Novotného lávka 5, budova A - 3. patro, sál 318
odborný garant: Česká asociace pro hydrauliku a pneumatiku - OS ČSS
Ing. Petr Jáchym, *e-mail:* jachym.petr@hydac.cz

Pozvánky a přihlášky na jednotlivé odborné akce bude možné najít a 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

DŮLEŽITOST SPRÁVNÉ APLIKACE MAZIV

O významu správného používání maziv při údržbě strojů a strojního zařízení snad nikdo, kdo má jen trochu povědomí o pohybujících se strojních součástkách, nepochybuje. Přesto se stále lze v praxi setkat s problémy, které vedou často k závažným negativním důsledkům v ekonomické oblasti.

Dle studií prováděných v minulosti, které analyzovaly příčiny těchto nedostatků, byly i u nás vyčísleny obrovské ekonomické ztráty. Např. v r. 1973 bylo možné s využitím tribotechnických poznatků zabránit ztrátám, odhadovaným na 5 mld. tehdejších Kčs. Tribologická komise v Anglii tehdy vyčíslila možnost docílit využitím tribotechnických zásad úspory 44 % v nákladech na údržbu a náhradních dílech a až 22 % ve snížení ztrát vyplývajících z nucených odstávek.

Ani současný stav péče o strojní zařízení není vždy uspokojivý, a je tak stále co zlepšovat. Celosvětově se odhaduje, že třetina až polovina vyrobené energie se při mechanickém přenosu mění třením převážně v teplo a účinnost jejího využití se tak výrazně snižuje. Přitom dochází k nadměrnému tepelnému zatěžování konstrukčních strojních skupin a snížení životnosti jejich materiálů při současné zrychlené degradaci používaných maziv. Mnohé chyby vedoucí k poruchám strojů tkví v podcenění správné volby maziva i samotné údržby strojů. Je na místě si připomenout známou tříbodovou zásadu o „správném mazivu na správném místě po správnou dobu". Cílem následujících příkladů poruch strojních skupin je poukázat na jejich příčiny a vyvodit závěry k jejich zabránění.

Příklady (nehodné následování)

1. Mezi jednu z nejzávažnějších poruch v r. 1987 patřila rozsáhlá havárie zauhlovacího pásového dopravníku v elektrárně Tušimice. Příčina: zadření většího počtu ložisek opěrných válečků dopravníku. Válečky se přestaly otáčet a gumový pás třením o jejich plochy způsobil tak vysoký vývin tepla, že došlo k vznícení uhelného prachu a k rozsáhlému požáru uhelného skladu a celého zauhlovacího zařízení ohrožujícího celou elektrárnu. Škody byly vyčísleny na desítky milionů korun, navýšeny ještě o následný výpadek plánované výroby elektřiny. Důvodem bylo zanedbání údržby ložisek podpěrných válečků, nebyly dodrženy domazávací lhůty ložisek.

2. Na přelomu roku 1978 způsobil pokles teplot z +15 °C na -15 °C znehybnění převodovek pásových dopravníků v povrchových dolech, v nichž zmrzla voda odsazená na dně olejových náplní. Důsledkem bylo mnohadenní znemožnění těžby uhlí, což ohrozilo pravidelné zásobování elektráren. Vláda tehdy mimo jiná opatření vyhlásila uhelné prázdniny. Mechanické havárie převodovek měly za následek milionové škody na náhradních dílech a následné ztráty vlivem odstávky těžební technologie. Šlo o následky nedůsledné péče o olejové náplně převodovek a opomenutí pravidelného odpouštění usazené vody zejména před příchodem zimy. Projevilo se i konstrukční podcenění klimatických vlivů, když se již při výrobě převodovek (Škoda Plzeň) nepočítalo s instalací elektrického ohřevu olejových náplní.

3. Jak může zanedbání údržby stroje ohrozit dokonce lidské životy, svědčí havárie převodovky pohonu bubnu těžního lana na hlubinném rudném dole v Měděnci u Vejprt v Krušných Horách. Kvůli nedostatečnému množství oleje (nebyla dodržena pravidelná kontrola množství olejové náplně v převodovce) zůstalo několik desítek horníků v ohrožení hluboko pod zemí a museli být obtížně evakuováni nouzovými výstupy. Neplánované vícedenní odstavení provozu šachty znamenalo i vysoké následné náklady v důsledku omezení těžby manganové rudy a ohrožení výroby oceli.

Nevhodná EP aditiva mohou způsobit poškození kol šnekové převodovky, která jsou obvykle z bronzu

4. V polovině 80. let se vyskytly mnohačetné havárie šnekových převodovek osobních výtahů na sídlištích v Praze. Příčina: použití nevhodného převodového oleje. Podnik Kovoslužba Praha pro údržbu použil místo původně používaného čistě ropného oleje P19 (z výrobních důvodů zrušeného), zcela nevhodný EP olej OA-PP 90 (API GL-4), ačkoli měl být používán olej OT-K 18. V daném případě nevhodný proto, že známý efekt EP přísad spojený s tvorbou vysoce účinné protiotěrové vrstvy sulfidů a fosfidů na záběrových površích ocelového ozubení, se na bronzovém ozubení šnekového kola naopak projevuje negativně svou nízkou afinitou k barevným kovům. Ta má za následek natolik intenzivní stírání ozubením ocelového šneku, že nastává rychle postupující opotřebení bronzového ozubení až do jeho téměř úplného „smetení". O závažnosti případu s milionovými ztrátami svědčilo i to, že byl předmětem šetření tehdejší hospodářské kriminálky coby nedbalostní případ. Na expertíze pracovala i VŠ strojní v Plzni se závěrem, že materiálové dvojice (ocelový šnek i bronzové kolo) byly shledány v souladu s platnými normami. Je zajímavé, že o negativním působení EP přísady v oleji založené na kombinaci aditivních prvků S a P na barevné kovy neměli akademici na zmíněném pracovišti žádné povědomí. Proto při hodnocení všech souvisejících vlivů nezahrnuli do úvahy jev již dříve popsaný v odborné literatuře jako tzv. řízená koroze.

5. Papírenský stroj na sušení buničiny pro výrobu novinového papíru v podniku Sepap Štětí trpěl opakovanými poruchami, které vedly k častým neplánovaným a nákladným odstávkám při nutných výměnách valivých ložisek sušicích válců. Používaný oběhový mazací olej OT-K 8 totiž vytvářel v ložiscích karbonové úsady, které po čase ložiska zcela znehybňovaly. Stav se podařilo vyřešit použitím motorového oleje M6ADV, který díky svým detergentním vlastnostem a vysoké oxidační stálosti zamezil tvorbu i usazování oxidačních produktů v ložiscích a umožnil bezporuchový provoz strojního zařízení.

Problémy až mezinárodního formátu

6. Že mohou některé případy mít i mezinárodní rozměr dokazuje případ použití nevhodného převodového oleje v hypoidních rozvodovkách náprav tramvají (Tatra Smíchov) určených pro Káhiru. Provozovatel tramvají totiž místo oleje s vlastnostmi odpovídajícími předepsanému oleji PH 12 (SAE 140, API GL-5), použil nevhodný olej SAE 90 a následkem byly havárie rozvodovek. Došlo téměř k úplnému opotřebení kuželového pastorku soukolí diferenciálu. Do řešení případu byly tehdy vedle organizací zahraničního obchodu zapojeny i výzkumné ústavy VÚSTE, SVÚM, SVÚST a VÚPM Benzina. Vada materiálu ozubených kol ani vadná montáž nebyly prokázány a reklamace provozovatele tramvají mohla být odmítnuta s poukázáním na prokazatelné nedodržení předpisu použití odpovídajícího oleje.

7. Další z případů mezinárodního rozměru se týkal významné dodávky válcovací trati ze Škody Plzeň do železáren na Urale v tehdejším SSSR. Krátce po najetí linky došlo k hromadné havárii ložisek válců válcovacích stolic a provozovatel reklamoval nekvalitní montáž i kvalitu součástek ložisek. Požadovaná částka úhrady dosahovala téměř cenu celého zařízení. Expertízou do níž bylo zapojeno několik vědeckých institucí (VÚHŽ, SVÚM, VŠS Plzeň a další) se podařilo prokázat, že mazivo v centrálním mazání dodané místním dodavatelem nemělo potřebné vlastnosti zaručující protlačitelnost tukovody za nízkých sibiřských teplot, takže se nedostávalo do mazacích míst v dostatečném množství a neplnilo tak svojí funkci. Reklamace byla proto odmítnuta.

8. Mezi další zajímavé – pozitivní – případy patří např. změna aplikace vhodnějšího druhu maziva (v daném případě PM-LV 2 EP) v n.p. Válcovny plechů Frýdek Místek. Při stříhání válcovaných plechů se opotřebení ostří nůžek snížilo z původních 0,5 mm na pouhých 0,1 mm. Toto výrazné zvýšení životnosti nůžek bylo významným počinem pro zachování hodnoty zařízení pořízeného za tehdejších bezmála 20 mil. devizových korun.

Uvedené případy názorně vypovídají o významu správné volby maziva. Lze doufat, že povedou k větší zodpovědnosti i s ohledem na některé případy, kdy může převažovat komerční stránka obchodní výhodnosti nad stránkou technické odbornosti. ■

Ing. Milan Šimánek, ČSS, sekce Tribotechnika
strojspol@csvts.cz

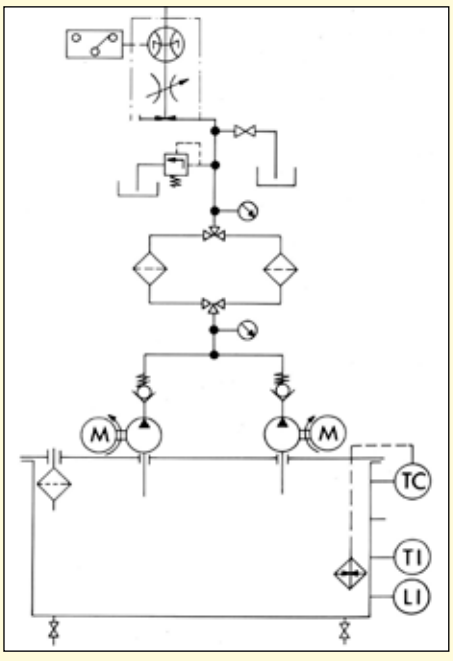
AGREGÁTY OBĚHOVÝCH CENTRÁLNÍCH MAZACÍCH SYSTÉMŮ

Mazací agregáty se používají jako zdroj mazacího oleje pro mazání a chlazení ozubených soukolí převodovek, ložisek a dalších průmyslových zařízení. Dodávka mazacího oleje do mazacích míst (jednoho, několika až stovek s nároky na různá dodávaná množství) probíhá, dokud čerpadlo mazacího přístroje dodává tlakové mazivo.

Mazací agregáty slouží k dávkování, shromažďování a úpravě mazací látky pro oběhové mazací systémy. Mohou být součástí větších běžných i speciálních průmyslových systémů, linek apod. nebo také mohou částečně nahradit hydraulické systémy.
Mazivo z mazacích míst odtéká do sběrných míst na olej, odtud do nádrže čerpadla a po vhodné úpravě (filtrace, ohřev/chlazení) je použito znovu do oběhu. Při použití kvalitních komponentů a vhodných výrobních postupů je zajištěn budoucí efektivní provoz a vysoká provozní spolehlivost mazaných zařízení.

Jak mazací agregáty fungují

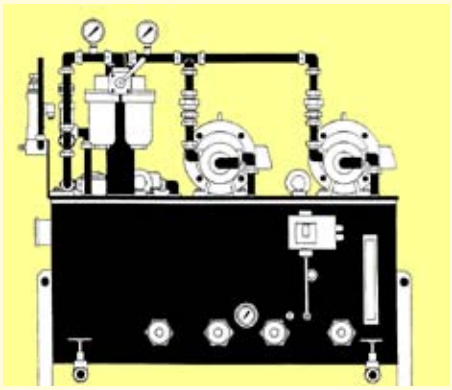
Funkci agregátů oběhových centrálních mazacích systémů popíšeme na jednom z příkladů ***(viz schéma)***.
Při připojení el. napětí na elektromotor začne zubové čerpadlo z výstupu převodovky přes kulový ventil a sací filtr nasávat olej, který je z výtlaku čerpadla veden na výstupní filtr, kde se čistí od jemných mechanických nečistot. Povolený provozní tlak oleje v celém systému (jeho hodnotu lze zjistit na tlakoměru oleje) zajišťuje pojistný ventil. Z výstupního filtru je olej dále veden do chladiče. V případě překročení provozní teploty oleje spustí řídicí termostat pomocí el. ventilu do chladiče oleje chladicí vodu. Chlazený olej je dále elektricky kontrolován především na vysokou teplotu a nízký tlak a hodnotu průtoku (tyto parametry lze ověřit opticky na měřidlech) a pak veden do vstupu převodovky. Pracovní režim agregátů oběhových centrálních mazacích systémů se volí podle charakteru a požadavků provozu – mohou pracovat v nepřetržitém nebo v přerušovaném pracovním režimu, který je řízen povely od obsluhy nebo automatiky zařízení či linky.



Hydraulické schéma oběhového agregátu

Hlavní prvky agregátu

Olejové oběhové agregáty se dodávají ve velikostech (několik až tisíce litrů) a provedeních dle požadavků zákazníka. U malých zařízení jsou čerpadlo, filtr a nejdůležitější příslušenství obvykle umístěny na nádrži oleje. U větších zařízení je většina dílů rozmístěna samostatně, dle prostorových poměrů. Vybavují se řadou funkčních, kontrolních a ovládacích prvků z hlediska počtu (někdy až tisíce) mazacích míst a požadavku kontroly i automatizace.
Nádrže: jsou většinou svařované z ocelového plechu, vnější i vnitřní lakování je olejuvzdorné a dlouhodobě zabraňuje korozi. Pro čistění mají menší


Příklad oběhového agregátu centrálních mazacích systémů

nádrže snímatelné horní víko, větší nádrže jsou pak vybaveny průleznými otvory. Další možností výroby či typem použitého materiálu může být nádrž vyrobena litím z hliníkových slitin nebo plastová. Možným řešením je i využití cizí nádrže propojené potrubím či hadice s vlastním agregátem.
Objem nádrže oleje musí být větší než celkové množství oleje v systému. Velikost nádrže je ovlivněna rovněž dopravním výkonem čerpadla a provozními podmínkami. V případě předpokladu velkého množství nečistot, vody nebo vzduchu v oleji, je vhodné použít větší nádrž. Nádrž lze dělit na dvě i více komor.
Čerpadla: Volba se provede podle požadovaného průtoku a tlaku, a neméně důležité hodnoty kinematické viskozity používaného oleje. V zásadě jsou používána čerpadla zubová s vnějším ozubením nebo pístová. Pro oleje s vysokou viskozitou se používají šroubová vřetenová čerpadla. Jestliže se požaduje systém s větší bezpečností provozu, kdy

Rozklad pístového čerpadla mazacích systémů

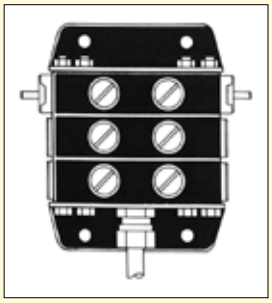
by porucha čerpadla způsobila výpadek výroby, je nutné vybavit systém rezervním čerpadlem.
Filtrace: Olej omýváním třecích míst a pohlcováním nečistot z okolního prostředí obsahuje nečistoty. Aby se předešlo problémovým stavům prvků samotného mazacího agregátu a hlavně mazaných míst, je nutná filtrace oleje. Stupeň filtrace je odlišný nejen podle toho, zda se jedná o sací nebo tlakový filtr, ale také, jaký je požadovaný kód čistoty.

Filtr s elektronickou indikací zanesení filtrační vložky

K dispozici jsou sací, zpětné a tlakové (jednoduché nebo paralelní) filtry, které jsou podle potřeby doplněny o bezpečnostní nebo kontrolní prvky, jako je např. obtokový ventil, nebo elektrická či optická indikaci zanesení.
Pro zajištění správné funkce a chodu agregátu je potřeba do obvodu umístit i regulační a kontrolní prvky, které automaticky zajišťují např. správný tlak v obvodu, množství protékajícího maziva, oznamují teplotu média atd. Mezi tyto kontrolní a řídicí prvky patří zejména:
pojišťovací ventil, škrticí a zpětný ventil, manometr, teploměr, termostat, tlakový spínač nebo snímač, ukazatel průtoku, hladinoměr, snímač pohybu kontrolního kolíku rozdělovače apod.
Pro rozdělování a kontrolu průtoku oleje od čerpadla k jednotlivým mazacím místům jsou určeny rozdělovací či dávkovací prvky. Podle druhu zvoleného prvku se oběhové CMS rozdělují na systémy s progresivními rozdělovači, s průtokoměry, případně na systémy s využitím jiných děličů průtoku.

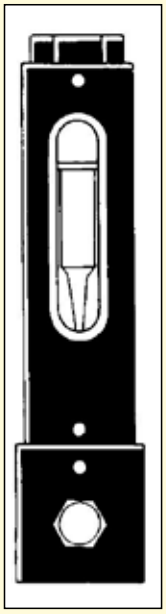
Oběhový CMS s progresivními rozdělovači a s průtokoměry

Pro potřebné rozdělení maziva do jednotlivých mazacích míst se do obvodu zařadí soustava progresivních rozdělovačů nebo průtokoměrů. K progresivním rozdělovačům (většinou jen hlavnímu v systému) se montuje bezkontaktní snímač pro 100% kontrolu mazání všech mazacích míst. Ty rozdělí tlakové mazivo na určená množství postupně



Progresivní rozdělovač

do jednotlivých vývodů rozdělovačů a odtud na připojená mazací místa. U oběhového CMS slouží pro rozdělení maziva do mazacích míst průtokoměry, a to pokud možno co nejblíže k mazacímu místu. Průtokoměry mají možnost plynulé regulace od cca 10 do 100 % jmenovitého průtočného množství a lze je sestavovat do bloků od jednoho až po cca dvaceti jednotkách. Průtokoměr pracuje na principu škrcení a kontroly průtoku. Stav průtočného množství ukazuje vznášející se kuželka. Stavěcím šroubem, působícím jako škrtící klapka, lze změnit průtočný průřez a tím i průtočné množství. Lze použít i průtokoměr s elektrickou kontrolou pro dálkovou identifikaci poruchy. Přerušení nebo snížení průtoku oleje při poruše v obvodu způsobí pokles kuželky směrem dolů a bezkontaktní snímač poté vypne elektrický obvod a u obsluhy se spustí výstražné zařízení.



Průtokoměr

Chlazení nebo ohřev

Z důvodů krajních stavů, např. při najíždění do provozu, může mít mazací olej nevhodnou viskozitu z hlediska použitých prvků agregátu, nebo naopak v provozu (např. při velkém zatížení mazaného zařízení) může dosahovat příliš vysoké teploty. Jeho viskozita pak může být již nevhodná z důvodů kluzných a jiných poměrů v mazaných uzlech zařízení.

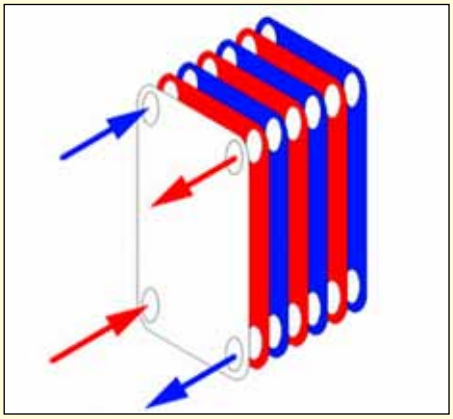
Chlazení nebo ohřev se provádí pomocí tepelného výměníku - zařízení, které slouží k výměně energie mezi soustavami a objekty o různých parametrech. Podle konstrukce teplosměnné plochy jsou nejčastěji používány výměníky deskové nebo trubkové. Výměníky můžeme rozdělit na typy určené pro chlazení (vzduchové nebo vodní), ohřev (parní, vodní) a elektrické (topná spirála, dnes převládající způsob pro malé agregáty).

Pro řízení a kontrolu funkce progresivních CMS se obvykle používá řídicí a kontrolní elektronika, obsahující často i silovou část pro napájení jednotlivých elektroprvků, která je součástí mazacího přístroje (příp. CMS) nebo je integrována v řídicím systému mazaného objektu. Automatický provoz (v závislosti na chodu mazaného zařízení) a kontrola funkce zajišťují vyloučení negativního lidského faktoru.

Rozvodné potrubí: Standardně se používají kovové (ocelové, měděné, příp. jiné) trubky. Pro pohyblivá spojení (a někdy z montážních důvodů) se využívají vysokotlaké hadice obvykle s nalisovanými koncovkami. K propojení jednotlivých prvků CMS (od mazacího přístroje po MM) se používají hlavně nepájená šroubení (spojky, redukce, přípojky, T - kusy, atd.) se zářeznými prsteny odpovídajících světlostí. Široký sortiment prvků rozvodných potrubí umožňuje provedení kvalitních a spolehlivých propojení.

Technické a provozní přednosti:

- robustní a spolehlivá konstrukce s vysokou životností,
- snadná automatizovatelnost provozu,
- vysoká úroveň pracovního tlaku,
- velká variabilnost použití,
- rozsáhlé možností aplikací,
- vysoká spolehlivost provozu a odolnost proti mechanickému poškození



Princip deskového výměníku

- minimální požadavky na údržbu
- bohatá výbava (chlazení, filtrace, snímání hladiny, spínače tlaku a teploty a další),
- komplexní dodávky včetně hadic, elektrického vybavení a elektronického řízení.

Ing. Pavel Špondr, Ing. Antonín Dvořák, Ph.D.
ŠPONDR CMS, spol. s r.o.

ŠPONDR® CMS spol s r. o.

CENTRÁLNÍ MAZACÍ SYSTÉMY /CMS/
PRVKY MAZACÍ TECHNIKY
PNEUMATICKÉ PRVKY
ZAŘÍZENÍ PRO ÚPRAVU A OVLÁDÁNÍ TLAKOVÉHO VZDUCHU

BIJUR DELIMON INTERNATIONAL
VÝHRADNÍ ZASTOUPENÍ PRO ČR A SR

UNIVERZÁLNÍ SYSTÉMY
Jednopotrubní systém
Dvoupotrubní systém
Vícepotrubní systém
Progresivní systém
Škrticí systém
Mazání olejovou mlhou
Směšovací systém
Postřikovací systém
Oběhové systémy, atd.

SPECIÁLNÍ SYSTÉMY
Mazání řetězů WS-E, WS-P
Mazání řetězů RK-C
Mazání ozubených kol NV-K
Mazání jeřábových drah KS-A
Mazání okolků kol RAILJET
Mazání podvozků mobilních strojů
Technologické mazání, atd.

SAXONIA SYSTEMTECHNIK · BIJUR · denco · Farval® Lubrication Systems, Inc. · LubeSite®

NABÍZÍME:

Kompletní dodávky

Výrobcům i uživatelům strojů a strojních zařízení nabízíme nejen samostatné prvky, ale především kompletní CMS. Součástí dodávek jsou tedy mimo hlavních prvků (zdroj tlakového maziva, rozdělovače nebo dávkovače, řídící a kontrolní prvky elektronické nebo hydraulické) i prvky rozvodného potrubí (trubky, hadice, šroubení apod.), příslušenství (připevňovací materiál – skříně, konzoly, příchytky, spojovací a spotřební materiál, ochrana proti poškození atd.) a související příslušenství (např. zařízení na úpravu a ovládání tlakového vzduchu – filtr, tlakový regulátor, olejovač, odlučovač vody, kohouty, ventily atd.).

Kompletní služby

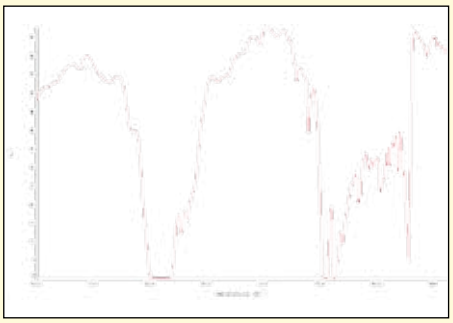
Mimo vlastních dodávek nabízíme kompletní řetězec předprodejních a poprodejních služeb:

- Konzultace a poradenství v celém rozsahu mazací techniky, tribotechniky a tribologie.
- Zpracování projekční, konstrukční a obchodně-technické dokumentace (hydraulická, pneumatická a elektrická schémata, výpočty, kusovníky, návody na obsluhu a údržbu, seznamy náhradních dílů, revizní zprávy atd.) k jednotlivým obchodním případům.
- Kompletní montáž nebo technický dozor nad montáží u výrobců i uživatelů včetně uvedení do provozu, seřízení, zaškolení obsluhy a sledování provozu.
- Záruční i pozáruční servis a náhradní díly po celou dobu technicko-ekonomické životnosti.

ŠPONDR CMS, spol. s r. o., Terezy Novákové 79, 621 00 BRNO
Provozovna: Ječná 26a, 621 00 BRNO, tel./fax: +420 549 274 502, e-mail: spondr@spondrcms.cz, www.spondrcms.cz

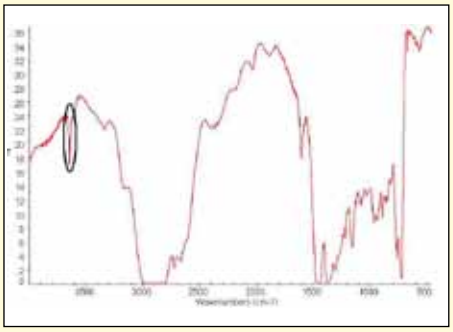
ANALÝZY TURBÍNOVÝCH OLEJŮ

Analýza vzorků olejů z turbín je důležitým nástrojem proaktivní údržby stejně jako u jiných typů strojů. Vzhledem k velkým objemům oleje v turbínách je sledování stavu oleje stejně důležité jako sledování stavu turbíny. V příspěvku je uváděn přehled zkoušek, které se provádí v rámci rutinního sledování turbín, i zkoušky, které jsou součástí komplexního rozboru turbínového oleje. Zdůrazněny jsou zkoušky, které je nutné provádět kvůli měnící se aditivaci turbínových olejů a kvůli provozním podmínkám turbínového oleje.



Obr. 3 – Degradovaný olej – infračervené spektrum

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.



Obr. 1 – FTIR spektrum turbínového oleje

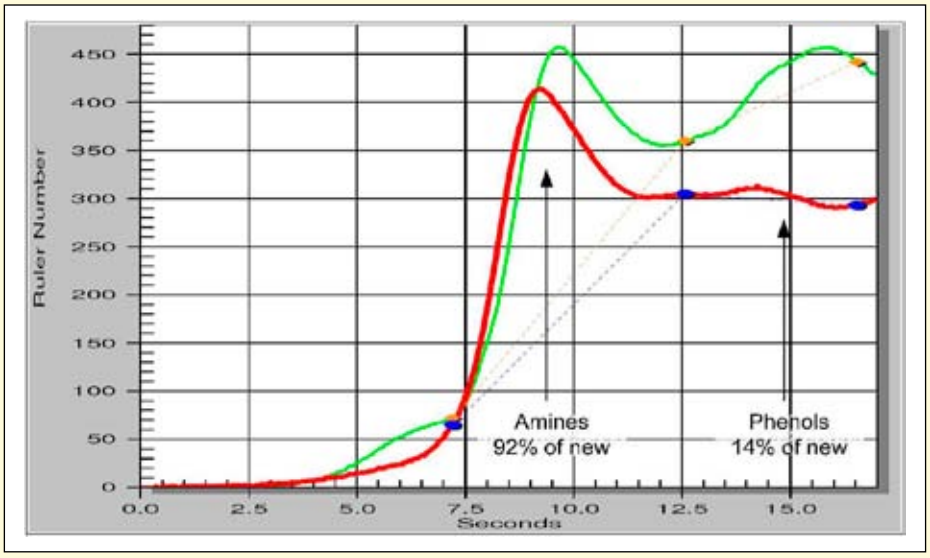
Analýza turbínových olejů – problém úsad

Turbínové oleje jsou skupinou, u které se klade na sledování stavu oleje minimálně stejný důraz jako na sledování stavu stroje. Je to dáno velkými objemy a tím pádem velkou cenou olejových náplní, ale i tím, že porucha turbíny způsobená nekvalitním olejem je vždy havárií velkého rozsahu.

Kondice turbínového oleje se tradičně (kromě jiného) sleduje stanovováním obsahu antioxidantu. Do devadesátých let bylo toto sledování relativně jednoduché, jako antioxidanty se používaly látky ze skupiny stíněných fenolů, které mají v infračerveném spektru zřetelný, ostrý a v zásadě „osamělý" pás v oblasti spektra 3700-3600 cm^{-1}, takže se správně nastavenou kalibrací nebyl žádný problém obsah antioxidantu spolehlivě vyhodnotit. Modernější turbínové oleje jsou ale vybaveny dvěma typy antioxidantů – vedle zmíněných fenolů ještě látkami ze skupiny difenylaminů, které už tak jednoduše infračervenou spektrometrií sledovat nelze. Přesto i tato metoda nezůstává stranou. Na *obr. 1* je infračervené spektrum typického turbínového oleje na ropné bázi s vyznačenou oblastí pásu nízkoteplotního antioxidantu typu stíněný fenol.

Co je ovšem důležité – vlivem několika faktorů (vysoká provozní teplota a celkově zvýšená provozní zátěž, použití skupin II a III základových olejů s menšími rozpouštěcími schopnostmi, výbojů elektrostatické elektřiny v mechanických filtrech, dále tzv. mikro-dieselingu – vysoká teplota v bublinkách vzduchu při zvýšení tlaku, a v neposlední řadě vliv přísad) dochází vyššímu termooxidačnímu namáhání oleje, které dává vzniknout úsadám zvaných v angličtině „varnish". Jednoznačný český překlad tohoto slova je obtížný, proto jsem se uchýlil k obligátním úsadám.

Výsledek toho všeho je, že zatímco dříve turbínové oleje „stárly s lineárním průběhem", dnes jsou změny vedoucí k degradaci oleje náhlé. Proto je nutné zachytit analýzou oleje poměrně krátký časový úsek, ve kterém dochází k prudké změně rychlosti degradace s následnou tvorbou úsad nazývaných „varnish". Tyto úsady způsobují během provozu závažné problémy, např. problémy v regulačních prvcích, zanášení teplosměnných ploch a olejových filtrů, vypadávání úsad v místech s nižší teplotou a malým pohybem oleje. Za tím účelem byly vyvinuty nebo upraveny metody, které mají zvýšení potenciálu turbínového oleje k tvorbě těchto úsad zachytit. Podle našich zkušeností nejznámější jsou tzv. RULER (**R**emaining



Obr. 2 – Výsledky stanovení obsahu antioxidantů pomocí RULERu

Tabulka 1 – Zkoušky používané při monitorování stavu turbín

Zkouška	Sledování
OES-ICP – Al,Cr,Cu,Fe,Pb,Sn,Mo,Zn,Ni	Opotřebení turbíny
OES-ICP – Al,Si,Mg,Na,K,Ca,	Znečištění oleje
OES-ICP – B,P	Aditivace některých typů oleje
FTIR-voda	Znečištění oleje
FTIR-oxidace	Degradace oleje
Viskozita při 40°C	Stav oleje; Záměna olejů
Kód čistoty	Znečištění oleje; Opotřebení turbíny
TAN	Degradace oleje

OES-ICP = optická emisní spektrometrie s indukcí vázanou plazmou
FTIR = infračervená spektrometrie s Fourierovou transformací
TAN = celkové číslo kyselosti

Useful **L**ife **E**valuation **R**outine) a MPC (**M**embrane **P**atch **C**olorimetry). První z nich je založena na voltamperometrickém stanovení úbytku fenolického i aminického antioxidantu porovnáním použitého s nepoužitým olejem – viz ***obr. 2***. Druhá metoda vyhodnocuje barevné změny membrán, přes které jsou vzorky oleje filtrovány. Postup měření je dán normou ASTM D 7843. Na ***obr. 3*** je infračervené spektrum degradovaného oleje, u kterého byla naměřena hodnota MPC = 60. Na ***obr. 4*** je příslušná membrána. Problémy s úsadami typu „varnish" se týkají především plynových turbín, kde je olej vystaven velkému termooxidačnímu namáhání – cca 76 % turbín má problémy. U parních a vodních turbín se toto číslo pohybuje okolo 14 %.

Analýza turbínových olejů – doporučené analýzy

V případě, kdy se sleduje především stav turbíny a je nutný častější odběr vzorků – běžně se v takovém případě používá interval 3 měsíce – je aplikován zjednodušený balíček zkoušek složený tak, aby bylo možné monitorovat stav turbíny i turbínového oleje. Typický balíček zkoušek je uveden v ***tabulce 1***. V případě, kdy je monitorován především stav oleje, je aplikován komplexní rozbor turbínového oleje, který se běžně provádí v intervalech 1 rok. Příklad takového rozboru je uveden v ***tabulce 2***. V rámci tohoto rozboru se sledují povrchové vlastnosti oleje, které ovlivňují tvorbu pěny a odlučování vody a vzduchu z oleje. Dalším testem jsou protikorozní vlastnosti oleje. A kromě degradace oleje se také stanovuje rezerva oxidační stability oleje. K tomu je možné použít výše zmíněný RULER test nebo se používá test oxidační stability v tlakové nádobě naplněné kyslíkem podle ASTM D 2272. Poslední možnost je stanovení obsahu antioxidantů FTIR spektrometrií, v tomto případě je naprosto nutné provést diferenční analýzu proti novému nepoužitému oleji stejného typu, jako je v turbíně. Optimální by byla stejná šarže, ale to v případě turbínových olejů s životností i v desítkách let často není možné. Provedením komplexního rozboru je možné zmapovat všechny důležité vlastnosti turbínového oleje ovlivňující další provoz turbíny a dostatečně přesně predikovat životnost oleje. Tato předpověď nemůže samozřejmě zahrnout mimořádné změny provozních podmínek oleje (neobvyklé znečištění, zvýšená teplota apod.).

Tabulka 2 – Zkoušky v komplexním rozboru turbínového oleje

Ukazatel	Metoda
Kin.viskozita při 40 °C	EN ISO 3104
Deemulgační číslo nebo deemulagační schopnost*	ČSN 656230 nebo ISO 6614
Číslo kyselosti TAN	ISO 6619
Obsah vody coulometricky	ASTM D 6304
Kód čistoty čítačem částic	ISO 4406
Celkové nečistoty na membráně 0,45 µm	EN 12662
MPC	ASTM D 7843
Infračervené spektrum s vyhodnocením	metodika
Obsah prvků OES-ICP	ASTM D 5185
Pěnivost	ISO 6247
Odlučivost vzduchu	ISO 9120
Oxidační stabilita	ASTM D 2272 nebo RULER
Protikorozní vlastnosti	ISO 7120
Vyhodnocení stavu oleje	–

* Podle typu turbíny, ve které je olej používán; v případě plynové a vodní turbíny je vhodnější deemulgační schopnost, v případě parní turbíny se používá deemulgační číslo

Obr. 4 – Membrána s MPC = 60

Závěrem

Analýza vzorků olejů z plynových, parních i vodních turbín je dnes standardní součástí proaktivní údržby turbín. Vzhledem k cenám turbín, olejových náplní v nich a ztrát, které by mohly být způsobeny výpadkem provozu turbíny, se vyplatí provádět i náročnější a dražší komplexní rozbory postihující detailně stav turbíny i turbínového oleje.

Ing. Vladimír Nováček, ALS Czech Republic, s r.o.

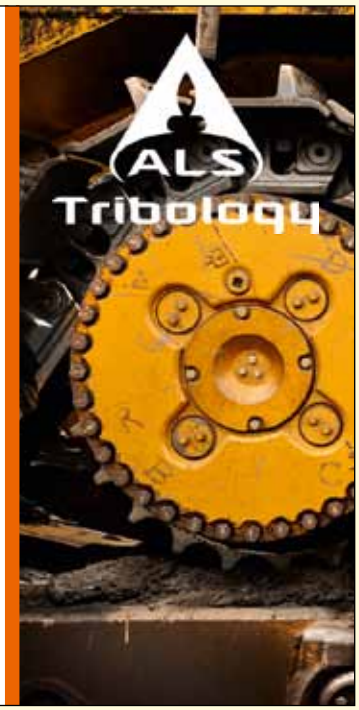
ALS Tribology poskytuje detailní analýzy mazacích olejů pro dosažení bezporuchového provozu a vysoké produktivity zařízení pomocí preventivní údržby.

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
- Školení a konzultace pro zákazníky

ALS Czech Republic, s. r. o.
Na Harfě 336/9,
Praha 9, 190 00

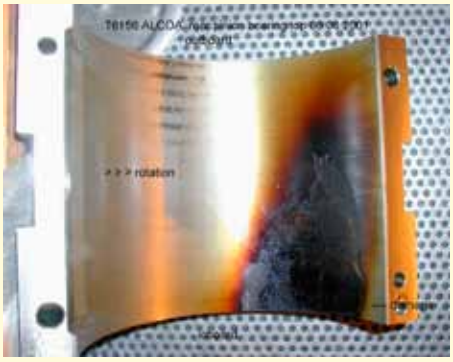
email: tribology@alsglobal.com
tel: +420 284 081 575, +420 602 162



KOLORIMETRIE – ÚČINNÝ A LEVNÝ NÁSTROJ V BOJI PROTI NEBEZPEČNÝM ÚSADÁM

Často opomíjený a přehlížený konstrukční prvek strojů je olej. Jde o zcela zásadní složku, kterou si mnozí obvykle neuvědomují a tudíž z toho důvodu jeho roli podceňují. Přitom právě kondice a čistota oleje má zcela klíčový vliv na spolehlivost a produktivitu strojů.

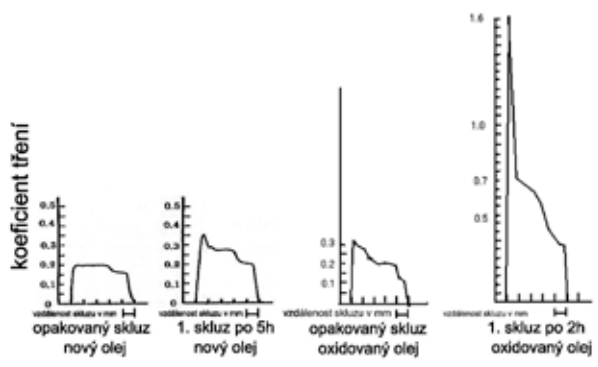
Mezi časté příčiny dlouhých prostojů, snížené produktivity a nejdražších provozních problémů vůbec patří poruchy mazání, zasekávání ventilů, rychlé opotřebení a tvorba úsad v kritických částech olejových systémů. Je proto důležité a podstatné definovat jejich příčiny.



Obr. 1: Ukázka úsad na ložisku (zdroj Siemens)

Obr. 2: Příklad úsad na soukolí převodovky (zdroj Siemens)

Obr. 3: Porovnání koeficientu tření oleje bez a s produkty degradace



Většina problémů tohoto typu je způsobena špatným stavem oleje v důsledku jeho znečištění, nebo degradace vlivem různých faktorů. Mezi kondicí oleje a kondicí stroje je jednoznačná přímá závislost. Z poznatků získaných v průběhu své více než 40leté praxe, kdy se společnost KLEENTEK zabývá fenoménem degradace oleje a tvorby úsad, resp. souvislostí kondicí oleje a kondicí stroje vyplývá, že základním nástrojem optimalizace spolehlivosti a produktivity strojů je kvalifikované stanovení potenciálu k tvorbě úsad a aplikace technologií na odstranění či zabránění jejich vzniku.

Hlavní příčiny poruch mazání – úsady

V tribotechnické terminologii úsada znamená tzv. měkké znečištění a lze jej poznat podle typického zabarvení – od hnědé po černou. Úsady negativně ovlivňují zejména ventily, čerpadla, hydromotory, ložiska, filtry, soukolí převodovek, teplosměnné povrchy chladičů a ohřevu oleje, ucpávky atp. Měkké znečištění je tvořeno degradací oleje zejména působením zvýšených teplot a kyslíku – tedy produkty (degradace základového oleje, degradace aditiv – přísad, *viz obr. 1, 2*). Díky oxidaci oleje vznikají v oleji volné radikály, které chemicky reagují a začnou tvořit kyseliny, alkoholy, estery a další nežádoucí chemické látky, které dále reagují a mohou se shlukovat, kvůli čemuž začnou z oleje vypadávat. Další reakce vedou už k produktům degradace v oleji nerozpustných, které pak

Obr. 4: Zařízení pro vakuovou membránovou filtraci

začnou tvořit úsady různých forem v olejovém systému – od měkkých rosolovitých, přes lepivé kaly až po tvrdé a lesklé laky.

Důsledky vzniku úsad

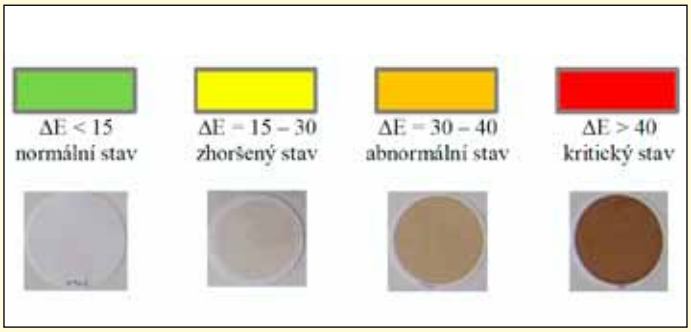
Úsady narušují mazací film a zvyšují tření na pohyblivých součástech. Vzhledem k tomu, že produkty oxidace oleje jsou také velice lepivé, podobně jako mucholapka na sebe zachytávají větší částice tzv. tvrdého znečištění. Povrch součástí tak postupně začíná získávat místo původní ideální hladké podoby strukturu připomínající smirkový papír. Přestože mikroskopická vrstva úsad není (přinejmenším v počáteční fázi) pouhým okem rozpoznatelná, její vliv postupem času rozeznatelný je: Vyšší tření na takto zasaženém povrchu vede k výraznému lokálnímu zvýšení teploty, a s tím spojenými negativními důsledky jako je zvýšené namáhání stroje, rychlejší opotřebení a ve svém důsledku vede k rychlejší degradaci oleje a vzniku dalších úsad *(viz obr. 3)*.

Typické projevy úsad:

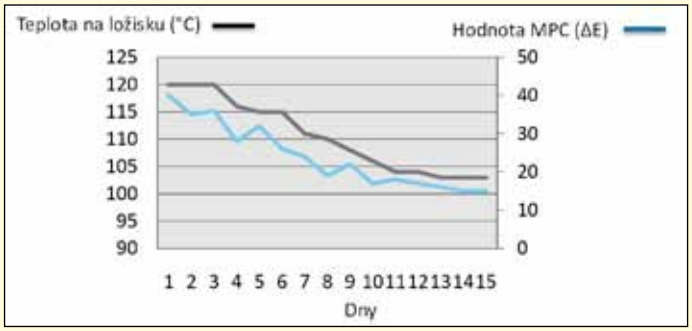
- Zasekávání ventilů
- Trhavý pohyb hydraulik (Slip-stick efekt)
- Zvýšené opotřebení – zejména ložisek a převodovek
- Snížená účinnost chlazení způsobující přehřívání strojů
- Zkrácená životnost filtrů a olejů

Kondice oleje přímo ovlivňuje ekonomiku provozu stroje – úsady v olejovém systému zvyšují náklady a snižuje se produkce. Kondice oleje přímo ovlivňuje:

- Kvalitu výroby, četnost zmetků a množství oprav vadných výrobků
- Odstávky, zpoždění dodávek



Obr. 5: Tabulka hodnocení závažnosti hodnoty MPC



Obr. 6: Graf souvislosti MPC a teploty ložiska

- Náklady na údržbu a náhradní díly
- Životnost stroje
- Spotřebu energií, efektivitu výroby
- Návratnost investic

Kolorimetrie – analýza barevnosti membrán olejových zkoušek

Na pomoc proti nebezpečí tvorby úsad a zhoršování kondice strojů se všemi z toho plynoucími – a často nákladnými důsledky – je k dispozici poměrně jednoduché a nepříliš nákladné, ale přitom vysoce efektivní řešení. **Kolorimetrie membrán**. Jde o novou analytickou metodu, která vznikla díky mnohaleté mezinárodní spolupráci předních světových výrobců strojů a specializovaných tribotechnických laboratoří. Kolorimetrie nabízí možnost měření a sledování množství nerozpustných nečistot v oleji a umožňuje tak předem upozornit na nebezpečí tvorby úsad v kritických komponentech. Definuje potenciál oleje k tvorbě úsad, resp. příčiny vedoucí k většině problémů strojů a zařízení *(viz obr. 4)*.

Metoda kolorimetrie, jako nástroj pro stanovení potenciálu oleje k tvorbě úsad v olejových systémech, byla schválena **jako standard ASTM D7843** mezinárodní organizací pro standardizaci ASTM International (americká obdoba ISO) na začátku prosince 2012.

Kolorimetr vyhodnocuje zbarvení membrány 0,45 µm resp. 0,8 µm způsobené zachycenými nerozpustnými nečistotami a produkty degradace. Čistě bílá laboratorní membrána má největší odrazivost a propustnost světla. Čím je membrána po průchodu definovaného množství oleje s rozpouštědlem tmavší, tím méně světla se od měřené membrány odrazí, tím méně světla membránou projde a tím vyšší je pak naměřená hodnota ΔE. Hodnota ΔE tedy vyjadřuje rozdíl vyslané a přijaté energie v porovnání s etalonem – čistou membránou. Čím vyšší je změřená hodnota ΔE kolorimetrem, tím vyšší je znečištění oleje a tím vyšší je zároveň i potenciál k tvorbě úsad v olejovém systému.

Jinými slovy – **čím je světlejší membrána po průchodu vzorku oleje, tím nižší je změřená hodnota kolorimetrem a tím vyšší bude spolehlivost a životnost strojů a zařízení** *(viz obr.5)*.

Hlavní výhody kolorimetrie:

- Rychlá a snadná interpretace výsledku
- Výsledky je možné jednoduše trendovat, z trendu lze odhadovat další vývoj
- Vysoká přesnost a opakovatelnost
- Je proveditelná přímo v provozu či laboratoři
- Nízké náklady

Příklady z praxe

Příklad 1 – Souvislost MPC a množstvím úsad způsobujícím zvýšení teplot na ložisku

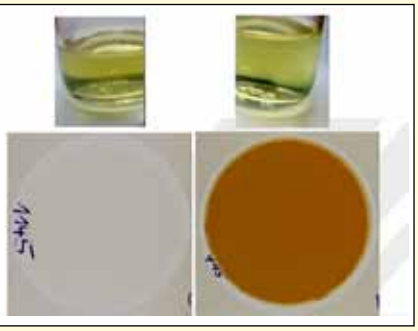
Na grafu *(viz obr. 6)* je patrná jasná souvislost teploty na ložisku s naměřenou hodnotou MPC v průběhu čištění oleje za provozu.

Příklad 2 – Porovnání kolorimetrie a částicových metod

V praxi se pro hodnocení kondice olejů stále hojně využívají metody měření množství částic v definovaném množství vzorku oleje, které však principiálně

Obr. 7: Příklad srovnání výsledků částicových metod a gravimetrie s kolorimetrií, dle ISO 4406 a NAS 1638 jsou vzorky stejné

Metoda		
ISO 4406:1999	14/12/9	14/12/9
NAS 1638	5	5
mg/kg	32	217
MPC	9,6	68,1



nepostihují produkty degradace oleje. Hodnocení kondice oleje na základě kódu čistoty NAS 1638 resp. ISO 4406 tak nepřináší podstatnou část informace o oleji, kterou bychom mohli využít pro odhalení a prevenci příčin prostojů a poruch strojů a zařízení *(viz obr. 7)*.

Kolorimetrie je jednoduchým a praktickým nástrojem pro vyhodnocení kondice oleje – tj. kondice stroje. Pravidelné sledování čistoty olejů a potenciálu k tvorbě úsad v systému je důležitou součástí diagnostiky a je nástrojem pro: Snižování nákladů spojených s provozem strojů a zařízení, eliminaci prostojů, zvýšení produktivity a kvality výroby a v neposlední řadě zvýšení efektivity výroby. ■

Ing. Jan Novák, KLEENTEK, spol. s r.o.
jan.novak@kleentek.cz

www.kleentek.eu \ elektrostatické čištění olejů

Zastoupení ČR:
KLEENTEK, spol. s r. o.
+420 266 021 559
Sazečská 8
108 00 Praha 10

Zastoupení SR:
KLEENTEK SLOVAKIA, s.r.o.
+421 456 857 026
Bernolákova 27
968 01 Nová Baňa

slavíme 20 let s vámi • slavíme 20 let s vámi • slavíme 20 let s vámi •
20

UŠETŘÍME VAŠE VÝROBNÍ NÁKLADY
- prodloužíme životnost oleje
- prodloužíme životnost stroje
- snížíme spotřebu elektrické energie
- zvýšíme kvalitu vaší výroby
- pracujeme za plného provozu, bez jeho omezení
- využijte možnosti dlouhodobého nájmu

KLEENTEK®

VODOU MÍSITELNÉ OBRÁBĚCÍ KAPALINY BEZ OBSAHU BORU A FORMALDEHYDU

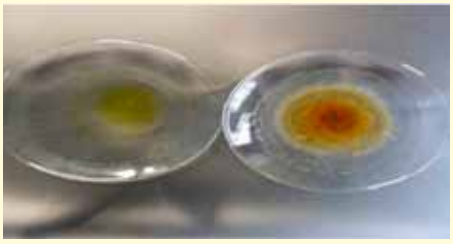
AKTUÁLNÍ CHEMICKÁ LEGISLATIVA, POŽADAVKY MODERNÍ PRAXE A VÝSLEDKY NEJNOVĚJŠÍHO VÝVOJE CHEMICKÝCH FORMULACÍ VODOU MÍSITELNÝCH OBRÁBĚCÍCH KAPALIN VEDOU VE SVÝCH DŮSLEDCÍCH K VELKÉMU TLAKU NA POUŽÍVÁNÍ NEJMODERNĚJŠÍCH PRODUKTŮ BEZ OBSAHU BORU A FORMALDEHYDU. POUŽÍVÁNÍ TĚCHTO PRODUKTŮ NEPŘINÁŠÍ „POUZE" HYGIENICKÉ, ALE I VÝRAZNÉ TECHNICKÉ VÝHODY.

Nová technologie obráběcích kapalin

Německá hygienická norma TRGS 611 se stala v posledních letech standardem renomovaných výrobců obráběcích kapalin. Vylučuje používání fenolů, dusitanů, chlorovaných látek a sekundárních aminů, které mohou vytvářet karcinogenní N-nitrosaminy. Řada aditiv je ostře sledována díky nové chemické legislativě platné v EU. Jde například o omezení v oblasti detergentů, jejichž složky musí být biologicky odbouratelné, některé látky jako např. nonylfenolethoxyláty jsou zakázány z důvodu toxicity a bioakumulace. Další významná omezení se týkají používaných biocidů. Aktuální je regulace složek uvolňujících formaldehyd. Jde o toxický, štiplavý, páchnoucí plyn, který je považován za potenciálně karcinogenní, což vedlo ke snížení expozičních limitů a tlaku na zavádění kapalin, které formaldehyd neuvolňují. Jako konzervant se také používá kyselina boritá, která se v roce 2010 dostala díky ECHA na seznam SVHC "tzv. látky vzbuzující mimořádné obavy" z důvodu své prokázané a nyní povinně deklarované teratogenity (toxicity pro reprodukci tj. negativní vliv na vývoj nenarozeného lidského plodu). Dnes proto existuje v Evropě výrazná snaha eliminovat sloučeniny boru z obráběcích kapalin.

Srovnávací testy

Značka Castrol se dlouhodobě snaží udávat trendy ve vývoji obráběcích kapalin, nejinak je tomu ve vývoji kapalin bez obsahu boru a formaldehydu.



Srovnání odparků mezi mikroemulzí bez boru (vlevo) a s borem (vpravo).

Předmětem úspěšných srovnávacích testů s konkurenčními i vlastními formulacemi klasického složení byly především vysokotlaké vlastnosti měřené formou tzv. Tapping Torque Testu, povrchové vlastnosti, odolnost vůči pěnění a tvorbě úsad, dále testování biostability.

Srovnání vzhledu moderních syntetických kapalin (vlevo) a mikroemulzí (vpravo)

Mikroemulze pro obrábění hliníku i železných kovů

K dlouholetým výborným zkušenostem v oblasti kapalin bez formaldehydu s řadou **Castrol Almaredge FF**, vyznačující se především excelentní biostabilitou a extrémní odolností vůči průniku cizích olejů, přibývají příklady úspěšných praktických aplikací univerzálních produktů bez boru a formaldehydu zaměřených na obrábění hliníku ve velkém měřítku především v automobilovém průmyslu. Typickým zástupcem je skupina **Castrol Alusol BF** vynikající zejména výbornou kompatibilitou v rozmezí širokého rozsahu tvrdosti vody. Spolu s řadou **Castrol Hysol BF** zaměřenou na železné kovy vykazují hlavní technickou výhodu při používání mikroemulzí bez boru, totiž mimořádně nízkou tvorbu úsad v prostoru strojů, jak je zřejmé na snímku při srovnání odparků mezi klasickou mikroemulzí a formulací bez obsahu boru.
Hygienicky nejpříznivější formulace jsou zastoupeny značkou **Castrol Alusol ABF**. Tyto univerzální produkty zaměřené na hliníkové slitiny neobsahují nejen formaldehyd a bor, ale dokonce jsou zcela prosté všech typů aminů. Představují šetrné řešení pro pracovní prostředí s minimální dráždivostí pro lidský organismus. **Castrol Cooledge ABF** má stejně příznivé složení, avšak se zaměřením na železné kovy včetně litiny.

Mikroemulze na esterové bázi

Další moderní skupinou obráběcích kapalin jsou speciální mikroemulze vyráběné na bázi esterových olejů. Velká většina jejich formulací je založena na technologiích bez obsahu kyseliny borité - řada **Castrol CareCut S**. Řešení Castrol disponují též účinnými vícefázovými systémy **CareCut SM a CareCut EM** bez obsahu boru, na bázi esterů, které nacházejí uplatnění zejména v největších centrálních systémech z důvodu možnosti volnější optimalizace koncentrace dílčích složek kapaliny.

Syntetické roztoky pro moderní obráběcí technologie

Tyto kapaliny jsou definovány jako produkty zcela prosté minerálního oleje. Typickou vlastností je schopnost deemulgovat tj. odrážet pronikající cizí strojní mazací oleje mimo kapalinu. Jako biocidy se nepoužívají látky uvolňující formaldehyd a většina moderních formulací, které jsou zastoupeny řadou **Castrol Syntilo BF**, neobsahuje sloučeniny boru. Obvykle se aplikují pro modernější technologický park. Jejich nejširší nasazení je možné za optimalizace provozních podmínek, pro přípravu roztoků je podstatné použití měkké vody.

Syntetické kapaliny emulgující cizí oleje

Vrcholem vývoje v oblasti obrábění železných kovů jsou unikátní syntetické kapaliny **Castrol Syntilo EF** bez obsahu boru i formaldehydu, formulované na základě syntetických uhlovodíků a syntetických esterů. Prakticky spojují všechny výhody emulzí i syntetických kapalin, jako je extrémně nízký výnos, nízké pěnění, minimální tvorba úsad včetně aplikací ve velmi tvrdé vodě nebo použitelnost pro jakýkoliv strojový park, díky výjimečné schopnosti emulgovat cizí oleje.

Sortiment dnes používaných kapalin vykazuje velké rozdíly ve výnosu a spotřebě

Hlavní výhody použití obráběcích kapalin bez obsahu boru a formaldehydu

Jedná se vesměs o nové formulace, které nejsou výhodné jen z hlediska hygieny, ekologie a pracovního prostředí, ale přinášejí řadu technických výhod. Případové studie dokládají běžné zvýšení životnosti nástrojů v řádu desítek procent a mimořádně nízkou tendenci tvořit úsady. Primární ekonomický parametr jednotkové ceny je pozitivně ovlivněn nízkou spotřebou koncentrátů. Zkušenosti z trhu nám jasně ukazují, že sortiment dnes používaných kapalin charakterizuje mimořádně velký rozdíl ve výnosu emulze, jenž je dán vhodným nastavením povrchových vlastností vyjádřených hlavně veličinou povrchového napětí. Špičkové nově formulované syntetické kapaliny a mikroemulze vykazují až poloviční úsporu koncentrátu vůči konvenčním produktům. ■

Ing. Petr Kříž
www.castrol.com/industrial, petr.kriz@castrol.com
Tel.: + 420 603 222 163

CASTROL VÁŠ SPECIALISTA NA
VODOU MÍSITELNÉ OBRÁBĚCÍ KAPALINY BEZ OBSAHU BORU A FORMALDEHYDU

- kapaliny s extrémní stabilitou a životností
- kapaliny s excelentními hygienickými vlastnostmi
- syntetické roztoky pro extrémní výkony
- kapaliny pro nejširší rozsah kvality vody
- nadstandardní technická a servisní podpora
- produkty pro efektivní fluid management
- produkty s potenciálem snížení nákladů

www.castrol.com/industrial

IT'S MORE THAN JUST OIL. IT'S LIQUID ENGINEERING.

Castrol Industrial

PRAXE URČOVÁNÍ A OVĚŘOVÁNÍ UŽITNÝCH VLASTNOSTÍ KAPALNÝCH A PLASTICKÝCH MAZIV

Jednotlivé druhy mazacích olejů jsou charakterizovány typickými užitnými vlastnostmi, které se ověřují laboratorními zkouškami. Pro zařazení motorových olejů do výkonových tříd jsou kromě splnění požadavků ověřovaných laboratorními zkouškami používány hlavně modelové motorové zkoušky. Pro ně jsou k dispozici standardizované postupy. Pro laboratorní zkoušky jsou to mezinárodní technické normy označované ISO nebo americké normy ASTM nebo postupy vydané organizacemi výrobců zařízení např. CEC.

Motorové oleje jsou charakterizovány viskozitními vlastnostmi (kinematickou viskozitou při 40 °C, 100 °C, viskozitním indexem, viskozitou za nízkých teplot při vysokém smykovém spádu a při vysokém smykovém spádu při teplotě 150 °C). Stabilita viskozity oleje se zkouší jako střihová stálost oleje, vyjádřená poklesem viskozity při 100 °C po střihovém namáhání. Obsah detergentně-disperzních přísad charakterizuje hodnota TBN. Termooxidační stálost je vyjádřena hodnotou karbonizačního zbytku. Dalšími charakteristikami motorových olejů jsou odparnost, popel, bod vzplanutí, pěnivost v teplotním rozmezí až do 150 °C a obsah zinku, vápníku a hořčíku, kovů obsažených v popelných detergentních aditivech. *Tabulka 1* uvádí požadavky na vlastnosti ověřované laboratorními zkouškami pro motorové oleje pro vozidla s katalyzátory označené „low SAPS" tříd C1 až C4 specifikace ACEA z roku 2012.

Převodové automobilové oleje jsou aditivovány bezpopelnými přísadami a jsou charakterizovány viskozitními vlastnostmi, bodem tekutosti, vlastnostmi protikorozními a deemulgačními a pěnivostí.

Průmyslové oleje jsou charakterizovány především kinematickou viskozitou oleje při 40 °C (třída ISO VG podle ISO 3448) a specifickými vlastnostmi pro jednotlivé druhy mazacích olejů.

Pro **hydraulické oleje**, vyráběné obvykle ve viskozitních třídách ISO VG 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100, výjimečně 150 se podle ISO 6743 dělí na 13 tříd podle účelu použití: Nejpoužívanějšími druhy jsou: HM oleje, HV oleje a oleje na bázi rostlinných a syntetických esterů.

U hydraulických olejů jsou vyžadovány výborné viskozitně teplotní vlastnosti, dobrá oxidační stálost a protioděrové vlastnosti (oleje s přísadami s obsahem a bez obsahu zinku), výborné vlastnosti deemulgační, protikorozní a protipěnivostní. Požadována je i výborná odlučivost vzduchu. Pro vysokotlaké hydraulické systémy je potřeba používat oleje s vysokým viskozitním indexem a výbornou stálostí ve střihu. Specifickým typem hydraulických olejů jsou oleje pro kluzná vedení, které musí kromě dalších vlastností zajišťovat velmi nízký koeficient tření a zabraňovat trhavému pohybu, např. u obráběcích strojů. Pro specifické aplikace v prostředí, kde nelze použít ropné typy hydraulických olejů, se používají biologicky rozložitelné hydraulické kapaliny. Jejich základem jsou rostlinné oleje (např. řepkové) a ve srovnání s ropnými hydraulickými oleji mají nižší oxidační stálost. Ta omezuje jejich použití pro teploty do 60 °C. Pro vyšší pracovní teploty je nutné použít biologicky rozložitelné oleje vyrobené ze syntetických esterů.

Průmyslové převodové oleje se vyrábějí ve viskozitních třídách ISO VG 100 až 680 a používají se k mazání otevřených a uzavřených převodů. Vlastnosti průmyslových převodových olejů jsou definovány ve specifikacích US STEEL 224 a AGMA 9005-D04. Dobře odlučují vodu (deemulgační vlastnosti), musí chránit proti korozi a rezivění, jsou odolné proti tepelně oxidačním změnám a musí zajistit odolnost proti oděru (protioděrové vlastnosti) a mít vysokou únosnost mazacího filmu. Důležitá je i nízká pěnivost průmyslových převodových olejů.

Tabulka 1 – Požadavky na fyzikálně-chemické vlastnosti motorových olejů podle specifikace ACEA

Požadavky na výsledky laboratorních zkoušek – třídy C1, C2, C3, C4							
Ukazatel	Zkušební metoda	Vlastnosti	Jednotka	Limit			
				C1-12	C2-12	C3-12	C4-12
Viskozitní třída		SAE J 300		Bez omezení s výjimkou požadavku na střihovou stálost a HTHS viskozitu			
Střihová stálost	CEC-L-14-A-93 nebo ASTM D 6278	Viskozita při 100 °C po 30 cyklech	mm^2/S	Stabilní ve třídě			
Viskozita HTHS	CEC-L-36-A-90	Viskozita při 150 °C a při smykové rychlosti $106s^{-1}$	mPa·s	≥2,9	≥2,9	≥3,5	≥3,5
Odparnost	CEC-L-40-A-93	Max. ztráta odpařením při 250 °C za 1 h	% m/m	≤13			≤11
Sulfátový popel	ASTM D 874		% m/m	≤0,5	≤0,8	≤0,8	≤0,5
Pěnivost	ASTM D 892	Pěnivost/stabilita	ml/ml	Sekvence I (24 °C) 10/0 Sekvence II (93 °C) 50/0 Sekvence III (24 °C po 93 °C) 10/0			
Pěnivost při vysoké teplotě	ASTM D 6082	Pěnivost/stabilita při teplotě 150 °C	ml/ml	Sekvence IV (150 °C) 100/0			
TBN	ASTM D 2896		mg KOH/g	–	–	≥6	≥6
Síra	ASTM D 5185		% m/m	≤0,2	≤0,3	≤0,3	≤0,2
Fosfor	ASTM D 5185		% m/m	≤0,05	≤0,09	0,07 - 0,09	≤0,09
Oxidace v přítomnosti paliva B10	GFC- Lu-43A-11	170°C, 144 hod, vzduch a katalyzátor Porovnání výsledků oleje a oleje s obsahem paliva B10	Viskozita při 100°C Změna po 72 hod 96 hod 120 hod 144 hod	Změna viskozity <200% bez přítomnosti pevných úsad			

Turbinové oleje (třída T) se používají k mazání parních a vodních turbin, ale i turbokompresorů a pro některé aplikace mazání průmyslových převodů. Vyznačují se dobrou oxidační stabilitou, výbornými deemulgačními a protikorozními vlastnostmi, nízkou pěnivostí a dobrou odlučivostí vzduchu. Požadované vlastnosti jsou zajištěny použitím kvalitního základového oleje, ale obsahují antioxidační, protikorozní a deemulgační přísady a pro některé aplikace i protioděrové přísady (druh TS).

Kompresorové oleje (třída D) jsou oleje bez přísad ve viskozitních třídách ISO VG 46 až ISO VG 320 a používají se pro mazání vzduchových pístových kompresorů. Pro dosažení požadovaných vlastností je nutné použít základové oleje (úzký destilační řez) s vynikajícími oxidačními vlastnostmi, což zajistí potřebnou odolnost proti tvorbě karbonu. Pro mazání vysoce namáhaných vzduchových kompresorů, šroubových kompresorů a plynových kompresorů se používají kompresorové oleje se směsnou přísadou (označené DAJ-VDL) ve viskozitních třídách ISO VG 46 až ISO VG 100. Kromě vynikající termooxidační stálosti chrání tyto oleje i proti korozi a rezivění, mají nezbytné nízkoteplotní vlastnosti, nízkou odparnost a dobré protioděrové vlastnosti. Oleje pro chladivové kompresory (viskozitní třídy ISO VG 22 až 100) mají specifické složení. Požadované mazací vlastnosti za nízkých teplot jsou dosaženy buď použitím neparafinického základového oleje nebo použitím základového oleje, s obsahem depresantních přísad pro snížení teploty tekutosti pod (-30 °C). Specifickým požadavkem je odolnost proti působení chladiva (freony, čpavek).

Oleje pro termální kalení (třída U) se používají ve viskozitních třídách ISO VG 10 až 68 pro kalící lázně s teplotou 80 až 150 °C. Důležitými vlastnostmi olejů pro termální kalení jsou oxidační stálost, detergentní a protikorozní vlastnosti.

Elektroizolařní oleje (třída N) u nichž je požadována výborná tekutost i za velmi nízkých teplot. Vyrábějí se převážně z nealkanického typu ropy. Pro dosažení potřebných elektroizolačních vlastností musí být oleje hluboce rafinované, obvykle obsahují antioxidační přísady, umožňující jejich dlouhodobé použití.

Obráběcí (řezné) oleje a kapaliny mísitelné s vodou (třída M), obráběcí (řezné) oleje se vyrábějí z nízkoviskozních hydrokrakových olejů. Pro dosažení potřebných mazacích, protikorozních a protioděrových vlastností obsahují zušlechťující přísady, mohou obsahovat i přísady pro zlepšení řezného účinku a potlačení tvorby aerosolu. Jde o velmi důležité vlastnosti, neboť zajišťují prodloužení životnosti řezného nástroje, potlačení tvorby aerosolu je nezbytné pro dodržení hygienických požadavků. Specifickým druhem obráběcích olejů jsou obráběcí emulze. Pro tvorbu se používají oleje v koncentraci 3 až 10 % ve vodě. Emulze musí mít vzhledem ke specifickým vlastnostem a složení dobrou odolnost proti mikrobiálnímu rozkladu, dobré mazací (obsahuje mazivostní přísadu), protikorozní vlastnosti, chladicí schopnosti. Důležitým požadavkem je i stabilita emulze.

Konzervační prostředky (třída R) jsou používány pro dočasnou ochranu železných a neželezných kovů před atmosférickou korozí. Obsahují inhibitor proti korozi a pro lepší aplikaci mohou obsahovat lehké podíly. Novou koncepcí konzervačních prostředků jsou vodou ředitelné konzervační prostředky, obvykle směs protikorozních prostředků rozpuštěných ve vodě. Ochranný film se vytváří po odpaření vody.

Modelové strojní zkoušky maziv

Užitné vlastnosti průmyslových maziv se kromě laboratorních zkoušek ověřují i laboratorními zkouškami na modelových strojích. Nejznámějšími jsou:

Čtyřkuličkový test (ČSN EN ISO 20623)

Norma pro stanovení vysokotlakých (EP) a protioděrových vlastností mazacích olejů a kapalin čtyřkuličkovým strojem za evropských podmínek. Ve čtyřkuličkovém stroji se jediná kulička otáčí v kontaktu se třemi upevněnými kuličkami a zkoušená kapalina se používá jako jejich mazivo. Zjišťuje se opotřebení kuličky vyjádřené šířkou oděrové stopy v závislosti na zatížení. Je možné aplikovat různá zatížení a získat závislost opotřebení na zatížení až do zadření.

Test na FZG převodovce – Metoda hodnocení protizadíracích vlastností na ozubeném zkušebním převodu (ČSN 65 6280, ASTM D5182, DIN 51 354)

Principem zkoušky, určené zejména pro převodové oleje, je zkouška oleje ve zkušební převodovce s proměnným zatížením za zvýšené teploty. Převodovka je v olejové lázni poháněna elektrickým motorem s konstantní rychlostí. Zatížení je rozděleno do 13 stupňů. Hodnotí se úbytek hmotnosti převodových kol v závislosti na zvyšujícím se zatížení.

Timken (EP Test ASTM D2783)

Zkouška používaná pro hodnocení převodových olejů je rychlým testem pro stanovení únosnosti mazacího filmu a odolnosti maziva proti záděru v závislosti na zatížení. Používá se ocelová kostka přitlačovaná na otáčející se kroužek. Výsledkem je stanovení zatížení, kdy ještě nedojde k záděru (hodnota o.k.) a zatížení, kde dojde k porušení mazacího filmu a k záděru.

Stanovení střihové stability olejů s polymerními přísadami použitím vstřikovací trysky pro vznětový motor (ČSN EN ISO 20844)

Metoda hodnocení odolnosti proti smykovému namáhání u minerálních olejů, syntetických olejů a dalších kapalin obsahujících polymery se používá pro motorové oleje a hydraulické kapaliny skupiny HV. Oleje cirkulují v systému osazeném vstřikovací tryskou vznětového motoru. Při průchodu tryskou dochází k mechanickému namáhání olejů a k degradaci používaných polymerních přísad (modifikátorů viskozity). Střihová stabilita oleje se stanoví jako změna viskozity zkoušené kapaliny vystavené degradaci polymeru během střihu.

Plastická maziva (třída X) jsou disperzí zahušťovadla v základovém oleji (tvoří 80 % směsi). Jsou charakterizována konzistenčními stupni stanovenými na základě penetrace.

Podle účelu použití a rozmezí pracovních teplot se volí typ základového oleje, typ zpevňovadla, případně plnidla. Pro výrobu plastických maziv se převážně používají ropné základové oleje. Použitelnost plastických maziv je pro teploty do ca 130 °C, při vyšších teplotách (až do 250 °C) se používají plastická maziva se syntetickými základovými oleji (polyalfaolefiny, silikonové, esterové a polyglykolové oleje). Jako zpevňovadlo slouží jednoduchá a komplexní mýdla. Obvykle se používají litná (až do 160 °C), vápenatá (až do 140 °C) a hlinitá (až do 150 °C). Pro specifická použití se používají nekovová zpevňovadla, např polymočovina, bentonit a silikagel. Označení plastických maziv obsahuje i další tři symboly. První písmeno (A až E) charakterizuje minimální pracovní teplotu, další (A až G) pracovní teplotu v rozmezí 60 až 180 °C.

Plastická maziva podobně jako mazací oleje obsahují zušlechťující přísady pro zlepšení některých vlastností. Používají se protikorozní, antioxidační, vysokotlaké a protioděrové přísady. Plastická maziva obsahující vysokotlaké přísady jsou označeny písmeny EP.

Jednotlivé užitné vlastnosti jsou charakterizovány jakostními ukazateli. Bod skápnutí charakterizuje teplotní použití, stabilita plastického maziva je charakterizována odlučivostí oleje (koloidní stálostí). Korozní zkoušky charakterizují protikorozní vlastnosti a mechanická stabilita plastického maziva je charakterizována jeho regenerační schopností. Vysokotlaké vlastnosti plastického maziva můžeme charakterizovat zkouškou na čtyřkuličkovém stroji a odolnost proti vodě zkouškou vypíratelnosti z ložiska.

Metody zkoušení plastických maziv

Pro stanovení základních charakteristik plastických maziv se používají následující zkoušky:

Stanovení bodu skápnutí ČSN ISO 2176) – Provádí se zahříváním maziva ve specializované nádobce. Měří se teplota, při které mazivo projde otvorem této nádobky a skápne na filtrační papír. Výsledky umožňují posoudit teplotní použití plastického maziva, klasifikaci jeho druhu, nebo lze jejich pomocí prokázat dodržování výrobních postupů.

Stanovení penetrace kuželem ČSN ISO 2137 – Norma popisuje několik metod hodnocení konzistence plastických maziv a vazelín. Měří se penetrace (průnik) kužele standardní nebo poloviční nebo čtvrtinové velikosti do plastického maziva za podmínek zkoušky. Jednotlivé postupy zahrnují měření penetrace neprohněteného, prohněteného, propracovaného a tvarovaného maziva a postup pro měření penetrace vazelíny. Součástí normy je i přepočet hodnot penetrace polovičními a čtvrtinovými kužely na penetraci standardním kuželem. Penetrační jednotky jsou vyjádřeny v 10-1mm. ■

Ing.Vladimír Třebický, CSc.
vladimir.trebicky@sgs.com

PRŮMYSLOVÉ PŘEVODOVÉ OLEJE A MAZÁNÍ PŘEVODOVEK

Průmyslové převodové oleje jsou vhodné pro mazání všech převodů (kromě automobilových) různých typů a velikostí, vybavených rozličnými mazacími systémy. Požadavky na mazivo závisí na typu převodu, materiálu převodovky, její povrchové úpravě, a na náročnosti provozu z hlediska přenášené síly, teploty a rychlosti.

Průmyslové převodovky mají široké využití v téměř každém průmyslovém odvětví a s elektromotory tvoří hnací ústrojí používané v mnoha výrobních procesech. Jejich mazání se provádí třemi způsoby: Pro malé obvodové rychlosti (0–6 m/s), kde není nutný odvod tepla, se užívá **plastické mazivo**. **Brodění** je běžné mazání pro čelní a šnekové převody a je vhodné pro rychlosti 4–15 m/s. **Rozstřikem** se mažou převodovky s rychlostmi nad 12 m/s.

Mazání z hlediska typu převodu

Nejjednodušší a často používaný typ převodu je čelní přímý. Kontakt je valivý, rychlosti pomalejší, používají se oleje s vyšší viskozitou a střední únosností mazacího filmu. Vylepšený typ je šikmozubý čelní převod. Dochází zde k valivému i kluznému kontaktu, a rychlosti mohou být vyšší. Oleje musí mít vysokou únosnost mazacího filmu. Velmi náročný na mazání je šnekový převod umožňující přenášení vyšších tlaků. Dochází v něm k extrémnímu kontaktu ve skluzu a oleje musí mít vysokou viskozitu a únosnost mazacího filmu.

Z hlediska konstrukce se převodovky dělí na otevřené a zapouzdřené.

Otevřené převody – Mají jednodušší nároky na mazání, jsou robustnější s většími tolerancemi a pracují při pomalých otáčkách. Volbu maziva určuje viskozita, olej má být přilnavý k zubům, nesmí se vymývat a absorbovat vodu. Obvykle se používají tmavé válcové oleje nebo plastická maziva. Kvalitnější maziva mohou obsahovat přísady pro lepší vzlínavost, např. latex, kovové mýdlo. Konzistence takového oleje se podobá měkkému tuku. Pro zvýšení odolnosti mazacího firmu se přidává MoS2 nebo grafit. Moderní převody se mažou většinou plastickými mazivy.

Zapouzdřené převody – Mohou pracovat za vysokých otáček a malého zatížení, ideálně za podmínek kapalinového mazání. Volbu maziva pak určuje viskozita a vhodná skladba přísad vzhledem k pracovnímu režimu a použitým materiálům. Používají se oleje s protioxidační a protikorozní přísadou. Vyšší nároky mají převody pracující za vysokého až šokového zatížení a vysokých otáček, tzn. za podmínek smíšeného, příp. mezního mazání. Používají se oleje s protioděrovými a vysokotlakými přísadami, s inhibitory koroze kovů a jinými pečlivě kombinovanými přísadami.

Základní požadavky na převodové oleje:

- Schopnost vytvořit dostatečně únosný mazací film
- Dobrá oxidační stabilita
- Ochrana před korozívními látkami
- Nízká pěnivost
- Dobrá schopnost deemulgace
- Snášenlivost s těsněními
- Převodový olej by měl mít bod tekutosti o 5 °C nižší, než nejnižší očekávaná teplota
- Pracovní teplota oleje v běžných podmínkách je cca 20–30 °C nad teplotu okolí
- U šroubových převodů je teplota vyšší, cca 50 °C nad teplotou okolí.

Ideální mazivo by mělo mít vysokou viskozitu, vysoký koeficient závislosti viskozity na tlaku a nízký třecí koeficient.

V běžné praxi funguje široká škála maziv založených na různých základových olejích, přísadách, zahušťovadlech atp. Často jsou to oleje zahrnuté v jiných kategoriích, jako např. kompresorové či ložiskové oleje (převodovky obráběcích strojů apod.), oleje pro kluzná vedení, automobilové převodové oleje, a ojediněle (pro rychloběžné konstrukce převodovek), turbínové nebo hydraulické oleje.

V moderních zařízení s vysokými nároky se uplatňují účelově formulované oleje, které doporučují výrobci průmyslových převodů.

Složení převodových olejů

Olejové komponenty

Nejčastějším základem jsou ropné oleje. Syntetické se používají v případě, že ropné oleje dosáhly hranice svých možností (např. pro velmi nízké / vysoké provozní teploty, extrémní zatížení) a pro zvláštní podmínky (nehořlavost, potravinářství..)

Syntetické komponenty

- Polyalfaolefiny – mají vysoký viskozitní index, jsou hydrolyticky stabilní a mají nižší koeficient tření než ropné oleje
- Polyalkylenglykoly – mají vysoký viskozitní index, dobrou teplotní stabilitu, větší toleranci k vodě (do 0,7 % neuvolňují volnou vodu) a nižší koeficient tření (GrI>GrIII>PAO>PAG), a mohou tak přispět k úspoře energie. Jsou vhodné pro potravinářské použití (FDA).
- Estery, diestery – jsou biologicky odbouratelné.

Výhodou syntetických olejů je:

- Vyšší termální a oxidační odolnost
- Snížená závislost změny viskozity na teplotě (vysoký viskozitní index)
- Lepší nízkoteplotní vlastnosti
- Snížená hořlavost (užší destilační rozmezí)
- Zlepšená účinnost vlivem nižších třecích ztrát (nižší třecí koeficient)
- Nižší teploty za plného zatížení umožňují prodloužit životnost komponent.

Přísady

Formulace převodového maziva obsahuje obvykle 1–5 % přísad. Jsou to:

- Antioxidační a protikorozní přísady
- Pasivátory kovů
- Modifikátory tření
- Protioděrové přísady
- Vysokotlaké přísady
- Protipěnivostní přísady
- Deemulgační přísady.

Používané přísady se navzájem ovlivňují a mnohé působí synergicky. Některé potřebují pro svou aktivaci vyšší teplotu, a musí být proto kombinovány s těmi, které působí při nízkých teplotách.

Viskozita a viskozitní klasifikace

Viskozita je základní vlastností charakterizující mazivo. Volí se podle obvodové rychlosti, průměru kola, otáček, druhu materiálu, teploty okolí a provozních podmínek. *Obecně platí: Vyšší viskozita pro větší rozměry soukolí a vyšší pracovní teploty, nižší viskozita pro vyšší rychlosti.*

Mazání ozubeného soukolí je elastohydrodynamické a skutečná viskozita oleje mezi povrchy zubů je větší než zdánlivá viskozita. Na druhé straně příliš viskozní olej způsobuje ztrátu energie třením.

Viskozitní klasifikace

Viskozita maziva při 40 °C ±10 % určuje zařazení do viskozitní třídy podle ISO. Pro průmyslové převodové oleje jsou používány třídy ISO VG 68, 100, 150, 220, 320, 460, 680, 1000 a 1500.

- ISO 68,100,150: vysokorychlostní převody a ložiska při normálních teplotách
- ISO 220 a 320: převody a ložiska středně velkých zařízení při normálních teplotách
- ISO 460 a 680: větší zařízení, velké zatížení a se středními rychlostmi.

Výkonnostní klasifikace

Existuje několik základních standardů, u nás nejpoužívanější ISO 6743-6, DIN 51517, AGMA 9005-02 a řada požadavků výrobců: SEBI 181 226 (German steel), David Brown, Siemens (Flender), Cincinnati Machine..., které předepisují vlastní zkušební metody. Standardy jsou stále přísnější, vyžadují vysoce kvalitní převodové oleje.

Trendy převodovek a maziv

Pro konstrukci i úpravu povrchů jsou používány nové, lehčí materiály. Převodovky mají menší rozměry, používá se méně náplně. Požaduje se, aby přenášely větší síly, byly trvanlivější a spolehlivější. Menší náplň znamená i méně funkčních přísad pro převodovku, což však vyvolává vyšší teploty a akceleruje oxidační procesy. To je nebezpečné, protože vznikají kaly, které zkracují životnost oleje a součásti převodovky. Komponentou příslušné převodovky se stávají i převodové oleje a je nutné dbát na správnou volbu převodového maziva i jeho dobrou kondici a čistotu v provozu.

Je třeba zamezit mísení s jinými převodovými oleji, náhodnému nebo při nedokonalém proplachu. I když základové oleje jsou kompatibilní, přísady se mohou navzájem negativně ovlivňovat a tím způsobit ztrátu účinnosti maziva. Nekompatibilita se obvykle projeví až po čase. Filtrace oleje je žádoucí, ale musí být prováděna s ohledem na konkrétní požadavky zařízení. Tady neznamená více = lépe. Přílišná filtrace se prodraží a může dojít dokonce k částečnému odstranění některých přísad. Jako účinný nástroj prevence a prodloužení životnosti zařízení lze doporučit pravidelné kontroly včetně laboratorních testů maziva. ■

Ing. Ivana Václavíčková

BIOLOGICKY ROZLOŽITELNÁ MAZIVA (BIOMAZIVA)

Lze říci, že velká většina maziv, včetně klasických ropných maziv, je svým způsobem biologicky rozložitelná, avšak velké rozdíly jsou v rychlosti tohoto rozkladu. Následující přehled je zaměřen na maziva biologicky snadno (a tedy rychle) rozložitelná.

Biologickou rozložitelností je v případě maziv míněna destrukce organické hmoty maziva působením mikroorganismů, kdy konečnými produkty jsou CO_2, voda a biomasa. V důsledku takového rozkladu pak mazivo bez zásahu člověka mizí z ovzduší, půdy a vod ve své původní podobě, a s tím mizí i jeho nepříznivý vliv na tyto složky životního prostředí i na živé organismy.

Rychlost biologického rozkladu maziv lze měřit pomocí několika metod. Nejčastěji je to test, při kterém se vzorek maziva nechá po dobu 21 dní rozkládat v přítomnosti mikroorganismů, vody a živné soli a po této době se zjistí zbytkové množství nerozloženého maziva. Na základě takových testů se maziva dělí na:

- **pomalu** (špatně) **biologicky rozložitelná**, pokud se během testu rozloží z méně než 60 % (minerální oleje, bílé oleje)
- **biologicky rozložitelná**, rozloží-li se z 60–80 % (některé estery a polyglykoly)
- **rychle** (dobře) **biologicky rozložitelná**, když se rozloží z více než 80 % (rostlinné oleje, některé syntetické estery, polyglykoly).

Pro biologický rozklad jsou nutné také vhodné vnější podmínky, a to hlavně míra plošné kumulace či rozptylu rozkládaného materiálu v půdě, přítomnost kyslíku a sluneční záření. Například některá velmi dobře rozložitelná maziva rozpustná ve vodě jsou po úniku do půdy velmi mobilní. Díky rozpustnosti ve vodě snadno procházejí do spodních vrstev půd, kde je však anaerobní prostředí (deficit kyslíku), které biorozklad podstatně zpomalí, a nerozložené mazivo se pak dostane do spodních vod, které kontaminuje.

Schopnost biomaziv při úniku rychle se rozložit a „zmizet" je prakticky využitelná při náhodném úniku v menším množství a na větší ploše. Masivní úniky biomaziv, např. vylití oleje ze sudu či cisterny na malou plochu, je však třeba považovat za havárii a jako ropnou havárii ji také likvidovat. Je také nutno počítat s tím, že stupeň biologické rozložitelnosti čistých, čerstvých biomaziv bývá znatelně vyšší, než u týchž maziv použitých a znečištěných.

Biologicky snadno rozložitelná maziva jsou v podstatě dvojího druhu: **přírodní** (t.j. rostlinné a živočišné oleje a tuky) a **syntetická**. Obojí se používají jak ve formě kapalných olejů tak plastických maziv, v nichž tvoří bioolej olejovou složku doplněnou běžnými mýdlovými i nemýdlovými zpevňovadly, známými z klasických plastických maziv.

Přírodní maziva

Přírodní oleje a tuky patří k historicky nejstarším mazacím prostředkům používaným člověkem. Zmínky o jejich používání k mazání pocházejí již z antiky. Podstatou přírodních maziv jsou triglyceridy vyšších mastných kyselin, tj. estery těchto kyselin a trojsytného alkoholu glycerolu, které bývají v různých formách, podle toho, které kyseliny jsou v triglyceridech přítomny. Jejich konzistenci určuje délka řetězce mastných kyselin, stupeň jeho rozvětvení, počet a poloha násobných vazeb v řetězci. Nejpoužívanějšími jsou řepkový, slunečnicový, sójový, ricinový, kokosový či palmový olej, z živočišných produktů pak např. hovězí lůj, lanolin z ovčí vlny či tuky z mořských ryb.

Přírodní oleje mají řadu pozitivních vlastností, jako jsou dobrá mazací schopnost v důsledku vyšší afinity maziva k mazanému povrchu nebo vysoké viskozitní indexy. Kromě toho mají však také, v praxi bohužel často převažující, negativní vlastnosti, jako jsou nedostatečná tepelná, oxidační a hydrolytická stálost či sklon k polymeraci.

Syntetická, biologicky snadno rozložitelná maziva

K syntetickým, biologicky snadno rozložitelným olejům patří hlavně oleje na bázi syntetických esterů a polyglykolů. Syntetická maziva nemají problémy s tepelnou a oxidační stabilitou ani s polymerací, jsou ale náchylnější k hydrolýze, i když méně než přírodní oleje. Jejich hlavní nevýhodou je však cena – 2x a 3x vyšší než u srovnatelných minerálních olejů. Přesto se v praxi uplatňují syntetická maziva výrazně častěji než přírodní produkty, mj. i proto, že jejich vysokou pořizovací cenu se daří kompenzovat delší životností oproti minerálním mazivům.

Biomaziva nacházejí použití v celé řadě aplikací, především v hydraulických, motorových a převodových olejích, v olejích pro ztrátové mazání a v plastických mazivech. Při jejich aplikaci, kdy dochází k nasazení výměnou za klasická maziva, je ale nutno brát v úvahu některé faktory, které by mohly způsobovat budoucí problémy – např. mísitelnost s minerálními oleji. Ačkoliv čerstvá biomaziva se (kromě polyglykolů!) s čerstvými minerálními mazivy mísí bez problémů, při nasazení biomaziv do mechanismů používajících předtím minerální maziva může docházet k pěnění olejových náplní, k uvolňování úsad a zanášení filtrů. Biomaziva také zpravidla mají, ve srovnání s minerálními oleji, odlišnou snášenlivost s těsnicími materiály, zejména se staršími typy nitrilových kaučuků, kdy při styku maziva s pryžovým materiálem dochází ke změně jeho objemu a tím i ke změně těsnicí schopnosti a životnosti těsnění.

Hydraulické biooleje představují nejvíce rozšířenou oblast použití a v ČR je jejich používání dokonce legislativně předepsáno pro stroje a mechanismy pracující v lesnictví. Mají vysoké viskozitní indexy včetně dobré tekutosti za nízkých teplot a velmi dobrou mazivost. Jsou stálé proti stárnutí, dobře filtrovatelné a relativně odolné proti hydrolýze (esterové typy).

Problémy při jejich nasazení mohou ale nastat v důsledku špatné snášenlivosti se znečištěnými oleji či jinými typy bioolejů, např. mísí-li se estery nasycených kyselin s estery nenasycených kyselin. Proto se vždy důrazně doporučuje vzájemně mísit jen biooleje stejného druhu a pokud nahrazují minerální hydraulické oleje, provést vždy před naplněním biooleje důkladné odstranění staré olejové náplně, vyčištění systému a jeho proplach bioolejem. V teplotně nenáročných hydraulických systémech se mohou používat také přírodní hydraulické biooleje.

Biologicky snadno rozložitelné motorové oleje jsou zatím raritou, která se potenciálně může uplatnit v motorech strojů a mechanismů, pracujících v oblastech citlivých z hlediska ochrany životního prostředí. V takových případech se používají výhradně syntetické lehkoběžné biooleje vyšších specifikací (API SG/CE a výše, SAE 5–10W-X), které přispívají i k menší spotřebě pohonných hmot. Nejčastější příležitostí pro biologicky rozložitelné přírodní oleje je ztrátové mazání. např. u řetězů motorových pil,vodicích rámů pil apod.

Převodové biooleje splňují potřebné požadavky nejlépe, jsou-li vyrobeny ze základů na bázi nasycených esterů. Jejich výhodou je mj. malá závislost viskozity na teplotě, takže např. bioolej s viskozitou ISO VG 150 odpovídá oleji viskozitní třídy SAE 75W-140. Nacházejí použití v převodech pracujících ve velmi rozdílných teplotních podmínkách, ale i v automobilových převodovkách.

Přírodní i syntetické, biologicky snadno rozložitelné oleje se používají i jako olejová složka plastických maziv. Výhody a nevýhody takových plastických maziv jsou v podstatě stejné, jako výhody a nevýhody jejich olejových složek. Plastická maziva vyrobená z přírodního oleje, nejčastěji řepkového, mají malou odolnost vůči stárnutí, sklon k hydrolýze, sklon k pryskyřičnatění a špatné chování za chladu, zatímco plastická maziva vyrobená ze syntetického biooleje předčí prakticky ve všech vlastnostech plastická maziva na řepkovém, ale i na minerálním základě. ■

Doc. Ing. Petr Kozák, CSc.

OPTIMALIZACE TRIBOSYSTÉMŮ PŘI TĚŽKÝCH KLUZNÝCH NAMÁHÁNÍCH

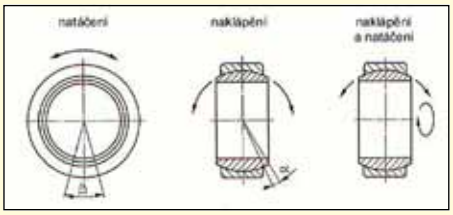
PŘI VYSOKÝCH PLOŠNÝCH TLACÍCH A NÍZKÝCH KLUZNÝCH RYCHLOSTECH SE Z DŮVODU OTĚRU ZNAČNĚ SNÍŽÍ ŽIVOTNOST STROJNÍCH SOUČÁSTÍ. VHODNOU KOMBINACÍ MATERIÁLŮ, JAKO NAPŘ. NITRIDOVANÁ OCEL OPROTI VYSOKOPEVNOSTNÍM SLITINÁM MĚDI, VE SPOJENÍ S BÍLÝMI TUHÝMI MAZIVY SE MŮŽE DOSÁHNOUT ZŘETELNÉHO ZVÝŠENÍ ŽIVOTNOSTI.

Po desetiletí jsou pro řešení těžkých tribologických problémů při extrémních podmínkách namáhání s úspěchem používána tuhá maziva. Tato se mohou lišit svým složením, barvou i podle druhu použití.

Při zkouškách odpovídajících světle zbarvených sloučenin pro mazací účely bylo zjištěno, že speciálně anorganické látky, ve spojení s vhodným nosným médiem, přinášejí překvapivě dobrý mazací efekt. Proto se bílá tuhá maziva stala v posledních 20 letech předmětem speciálního výzkumu. Z tohoto období pochází celá řada produktů ve formě past, tukových past, plastických maziv a suspenzí. Jedním z problematických míst pro nasazení těchto speciálních maziv jsou místa vystavená tření a otěru, jako např. u kmitavého tření (tribokoroze) a trhavého pohybu (stick-slip) na plochách a sloupových vedení.

Velmi dobrých výsledků bylo dosaženo např. při nasazení past:

- jako prostředků pomáhajících při montáži strojních součástí namáhaných kmitavým třením a u dlouhých lisovaných spojů,
- jako maziva v ložiscích a vedeních namáhaných rázově nebo oscilačně,
- jako maziva pro šroubení z ušlechtilých ocelí a pro vysokopevnostní pozinkované šrouby při montáži ocelových konstrukcí,
- jako pomocných výrobních látek při třískovém obrábění těžce obrobitelných austenitických ocelí nebo titanových slitin, jako např. při hlubokém tažení, tváření za studena, řezání závitů apod.



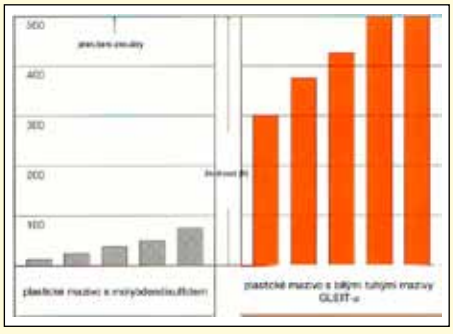
Obr. 1 – Stavba a stupně volnosti radiálního kloubového ložiska

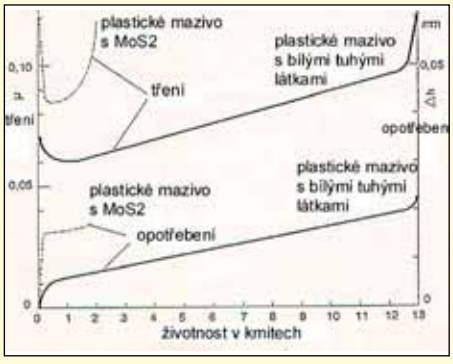
Speciálně se při řešení výše popsaných mazacích problémů osvědčily fosfáty, difosfáty, resp. hydroxydy kovů, zinku, železa, manganu, a vápníku. Kombinace tuhých maziv, velikost jednotlivých částic (zrn) a obsah tuhých maziv zde hraje více než průměrnou roli. Průměrný obsah tuhých maziv představuje u past 40 až 50 %, u tukových past 25 až 40 % a u plastických maziv a suspenzí 3–10 %. Ze zkušebních i praktických testů je známo, že účinky bílých tuhých maziv, mimo fyzikálního oddělovacího efektu, mají vliv obzvláště na vznik velmi tenkých, pevně lpících reaktivních vrstev, které brzdí zejména adhezivní a tribochemické mechanismy opotřebení. Tímto se zamezí, či sníží nebo silně oddálí riziko vzniku produktů tribokoroze (studených svarů, záděrů) při vysokých plošných tlacích, vratných pohybech a oscilacích.

Bílá tuhá maziva svým účinkem vypadají podobně jako v oleji rozpustná EP-aditiva. V některých případech je tento velmi dobře oddělující, pevně lpící film viditelný pouhým okem.

Speciální bílá maziva pro kluzné páry ocel/ocel

V dřívější době se ukázalo, že speciální produkty s obsahem bílých tuhých maziv jsou velmi účinné v oblasti ložiskové techniky, resp. všeobecně u kluzných párů při extrémních provozních podmínkách. Toto je především platné, pokud se předpokládají vysoké plošné tlaky, smyčkové a kývavé pohyby a nepříznivé podmínky prostředí. Pak má také párování materiálů tak značný vliv, že celkový tribosystém se svými zvláštnostmi (konstruktivními, technologickými, materiálovými a technickotribologickými) musí být brán v úvahu a být optimalizován. Je nutné dále prostřednictvím příkladů referovat, kde především tyto optimalizace kombinace maziva a materiálu vedly k úspěchu.





Obr. 2 – Výsledky zkoušek životnosti u kloubových ložisek. Srovnání PM s MoS2 oproti PM obsahujícím bílá tuhá maziva.

Jeden účinný příklad je znám z oblasti techniky kluzných ložisek. Kluzné ložisko ***(obr. 1)*** slouží k přenosu sil při kývavém a otáčivém pohybu. Pro vysoké plošné tlaky musí být kulové kluzné plochy zhotovány z tvrzených ocelí pro kluzná ložiska. Taková ložiska jsou domazávána podle mazacích plánů. Při správném dimenzování vede abrazivní otěr ke zvětšení vůlí, které potom určují kritérium selhání. Při extrémních plošných tlacích nebo rázových zatíženích představují studené svary také nebezpečí nenadálých selhání kluzného ložiska a také při malých kývavých pohybech může opotřebení z kmitavého tření (tribokoroze) přispívat k selhání. Obvykle bývají kluzné plochy ocel/ocel kluzných ložisek fosfátovány a mazány mazivem s obsahem MoS_2. Značně vyšších hodnot životnosti při současném snížení tření a otěru můžeme dosáhnout nasazením bílých tuhých maziv, jak lze poznat z ***obr. 2***. Přitom bylo také dosaženo i záruky proti zablokování následkem zadření. Před několika lety bylo možno toto ještě zřetelně sledovat v loděnicích na kluzných ložiscích pístu kormidla.

Příklady pro tyto extrémně dobré mazací účinky mazacích past pro kluzné páry ocel/ocel je mazání upínacích hlav (sklíčidel) soustruhů a také mazání zubových spojek, jež jsou velmi citlivé na otěr z kmitavého tření (tribokorozi). V posledním případě byla s úspěchem použita kombinace kluzného laku s bílou tukovou pastou.

Speciální bílá maziva pro kluzné páry ocel/slit. mědi

Ve strojírenství, kde z důvodu zvýšení odolnosti proti adhesivnímu opotřebení, a tím ke snížení zadírání, není jeden z kluzných párů vyráběn z ocele, nýbrž z odpovídající slitiny mědi. Nejznámější příklad je z oboru ložiskové techniky, kde důležitou roli hrají právě ložiskové pánve nebo ložisková pouzdra vyrobená např. z olovozinkového bronzu. Podobně dobrých zkušenosti je dosahováno i v oblasti konstrukce kluzných ložisek, pohybových šroubů, vodicích čepů, třecích kuželů, šnekových kol, armatur a jim podobných součástí. Při obzvlášť těžkých podmínkách zatížení, jako např., vysoké hranové tlaky, rázová zatížení, špatné a nebo problematické možnosti domazávání včetně neotáčivých pohybů a podobně, je řešení problému, nehledě na výpadek z důvodu konstrukce součásti, možné pouze za pomoci použití speciálních maziv. Vynikající možnosti přitom nabízí tenký mazací film vytvořený prostřednictvím past a plastických maziv obsahujících tuhá maziva. Tím však není možno zařadit speciální maziva do kategorie zázračných prostředků. Mnohem více musíme vyzvednout význam tribotechnicky vhodné kombinace materiál/mazivo ve spojení se správným systémovým myšlením pro řešení daného problému.

Příklad 1: kloub lisu s kolenovou pákou

K výrobě žáruvzdorných tvarových forem se používá speciálního lisu s kolenovým kloubem. Ve speciální geometrii kloubu je skryto mnoho konstrukčních

a praktických zkušeností. Párování materiálů z vysoce zušlechtěného a nitridovaného materiálu pro osy oproti ložiskové vícekomponentní (Al) bronzi s přípustným statickým povrchovým tlakem kolem $P_{stat.}$ = 100 MPa se jeví sotva zlepšitelné tam, kde je zajištěna vysoká odolnost otěru při dobrých antiadhezivních vlastnostech.

Orientační výpočet s hrubými předpoklady ***(obr.3)*** ukazuje, že při velikosti koeficientu tření kolem 0,22 musí být počítáno se střižným zalícováním šroubů pro upevnění ložiskových pánví. Ve skutečnosti samo dochází i při velmi krátkých mazacích intervalech (každých 50 s) s komplexním vápenatohlinitým mazivem na bázi minerálního oleje (třída konzistence 4) k totálnímu přehřátí ložiska a vysokému opotřebení a nakonec i k ustřižení zalícovaných šroubů.

Použití komplexního sodnohlinitého maziva s obsahem MoS_2 (třída konzistence 3) přináší při stejně krátkých mazacích intervalech a množstvích maziva stále ještě nebezpečně vysoké teploty ložiska přes 100 °C.

Po pozitivních výsledcích předběžných zkoušek na zkušebním zařízení Almen-Wieland bylo, při použití stejných párů materiálů namazaných mazací pastou s vysokým podílem pyrofosforečnanu zinečnatého, předsevzato a následně provedeno domazání s analogickým 5% plastickým mazivem. Přitom klesla teplota ložiska v průběhu 72 h z počátečních 90 °C na hodnotu mezi 30 až 40 °C. Konečně můžeme prodloužit i intervaly domazávání z 50 na 120 s bez zvýšení teploty ložiska. Po víceletém provozu nebyla zaznamenána již žádná provozní porucha. Bylo dosaženo úspory časů oprav, ložiskového materiálu a vyšší použitelnosti, resp. provozní spolehlivosti zařízení.

Příklad 2: čepy řetězu pro brus na dřevo

Ke zvýšení produktivity při výrobě dřevoviny v papírenském průmyslu byl zkoušen jeden postup, při kterém bylo dřevo rozbrušováno v parní komoře. Technicky bezproblémové použití tohoto postupu ve větším měřítku ztroskotalo mimo jiné dosud na tom, že vlastní řetěz na přitlačování kusů dřeva na brus vykazoval velmi krátkou životnost.

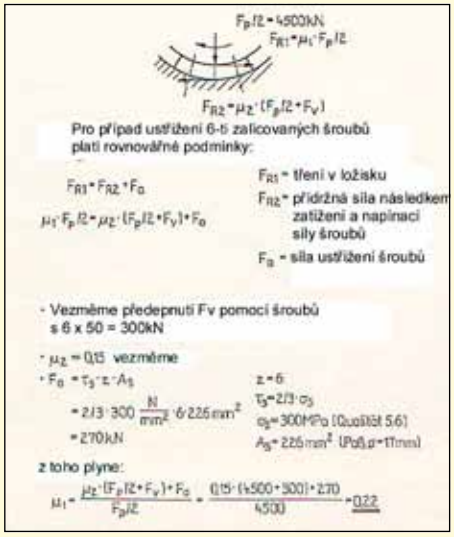
Z tribologického hlediska jsou klouby přítlačného řetězu brusu vystavovány obzvláště nepříznivým provozním podmínkám, jako je vysoký plošný tlak a rázová zatížení, malý úhel pohybu a vibrační až třaslavý pohyb, vysoké teploty se zatížením parou, působení agresivního extraktu ze smrkového dřeva a vytvrdnutí, resp. vymytí maziva a obtížné domazávání.

Jelikož nebyly žádné porovnatelné příklady použití, byly z důvodu antikorozní ochrany a ochrany proti opotřebení nejdříve předepsány třecí páry – čepy řetězu opatřené tvrdochromem a pouzdra vyrobená ze zvláštní válcované mosazi Cu Zn37 F38 a mazání s komplexním Na-Al mazivem na bázi minerálního oleje. Přitom docházelo k výše popsaným častým výpadkům.

Z pohledu materiálu se doporučilo pro čepy použití minimálně tvrzeného materiálu 16 MnCr 5, v lepším případě použít zušlechtěného nitridovaného a broušeného materiálu 30 Cr Mo V 9 a pouzdra vyrobená z velmi otěruvzdorné víceprvkové manganové bronze přibližného složení Cu Mn 10 Zn8 Al6 Ni2 Fe2 s přípustným statickým povrchovým tlakem kolem $P_{stat.}$ = 130 Mpa ***(obr. 4)***.

Z pohledu maziva šlo o otázku, zda mazivo v okamžiku působení horké páry netvrdne nebo se jinak negativně nemění i v dalších ohledech. K tomuto účelu byly v laboratoři provedeny obsáhlé předběžné zkoušky za přítomnosti horké páry, vody a extraktu ze smrkového dřeva. Tato klasická maziva na bázi minerálního oleje přitom úplně selhala.

Speciální kompozice maziv byly podrobeny obsáhlým teplotním zkouškám. Pro mechanicko-dynamické zkoušky byla použita metoda Almen-Wieland, protože zde je možné nejlépe nasimulovat analogické podmínky mazání. Pro zkoušky byly



Obr. 3 – Přibližný výpočet ložiska kolenového kloubu

vybrány materiály: hřídel - 115 CrV3, broušeno a nitridováno, ložiskové pánve - vícekomponentní manganová bronz Cu Mn 10 Zn8 A16 Ni2 Fe2.

Vedle normálního průběhu zkoušek se stupňovitě narůstajícím zatížením od F_N = 500 N po 100 ot. zkušebního hřídele byl proveden 1 hodinový zkušební běh při normálním zatížení F_N = 5000 N (odpovídá počátečnímu tlaku kolem p_0 = 500 MPa), přičemž taktéž hodnota zatížení se přibližovala stupňovitě.

Z výsledků měření teploty a opotřebení byla vidět přednost speciálního maziva s obsahem bílých tuhých maziv.

Výsledky byly přezkoušeny na zkušebním zařízení s originálními články řetězu a s odpovídajícím okolním prostředím. Bylo dokázáno, že se zušlechtěnými, nitridovanými a broušenými řetězovými čepy a s ložiskovými pouzdry z masivní a jemně opracované vícekomponentní manganové bronze ve spojení se speciálním mazivem obsahujícím bílá tuhá maziva je dosahováno vyšší životnosti.

Další příklady

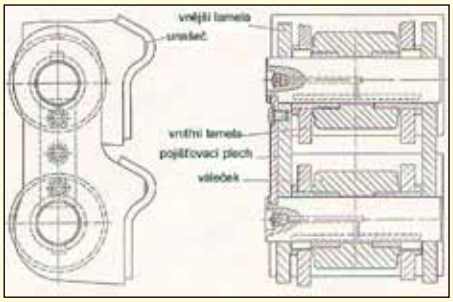
Dobrým řešením pro velmi vysoká kluzná zatížení v oblasti přechodového tření je s jistotou použití nitridovaného ocelového povrchu součástí oproti slitinám mědi ve spojení s pastami, tukovými pastami nebo plastickými mazivy s obsahem bílých tuhých maziv. Z cenových i jiných důvodů není však nitridování vždy možné.

Jsou případy, ve kterých technologicky jednodušeji ošetřené zušlechtěné ocele oproti slitinám mědi současně s bílými mazivy vykazují dobré výsledky. Tak bylo na pohybovém šroubu u velké, těžké strojní součásti lisu kameniva s páry z materiálů 37 MnSi 5 zušlechtěno/CuSn10 a mazáno s mazací pastou s obsahem 50 % bílých tuhých maziv dosaženo bezporuchového provozu. Každý z pohybových šroubů s trapézovým závitem Tr 95 x 12 byl zatížen silou kolem 100 000 N. Původně byly matice vyrobeny z materiálu C 35 a použito běžné ložiskové plastické mazivo. Přitom docházelo na nosných plochách šroubovice už při funkční zkoušce k zadírání.

Stejně tak je možné předvést, že u plazmaticky nanesené pseudoslitiny z tvrdých materiálů už při obsahu 25 % CuSn6 ve slitině s mazivem s obsahem bílých tuhých maziv, je dosahováno velmi vysoké odolnosti proti otěru, především pak u kmitavých kluzných zatíženích. Tohoto je možné s jistotou a s úspěchem využít u renovací, např. pro velká ložisková a jim podobná uložení.

Závěrem

Je všeobecně známo, že bílá tuhá maziva jsou s úspěchem nasazována v mazivech, pastách nebo tukových pastách pro mazání párů ocel/ocel za podmínek kmitavého tření. U kluzných součástí v podmínkách těžkého přechodového zatížení, jako je např. zatížení extrémními tlaky a/nebo suvnými, či kývavými pohyby, může být s bílými tuhými mazivy dosaženo také vynikajících výsledků. Bílá tuhá maziva jsou v poloze, kdy prostřednictvím triboche-



Obr. 4 – Optimalizovaná konstrukce řetězu brusu (papírna Freiberg AG)

micky podmíněné pevně lpící vrstvy vytvářející se nejenom na oceli, tak jako též na slitinách mědi, snižují adhesní sklony těchto materiálů. Vytvořené mezivrstvy jsou schopné při jemném opracování třecích dvojic velmi dobře setrvávat na površích a oddělovat je od sebe a mimoto, nebo právě tím, snižovat tření.

Takovéto tribosystémy mohou být optimálně provozovány, pokud z pohledu párování materiálů bude dosaženo dobrého antiadhesního účinku a vysoké odolnosti proti otěru. Toto je např. možné u spojení materiálů (třecích dvojic) z nitridované zušlechtěné ocele nebo ocele pro vysoké pracovní teploty, či nitridových ocelí oproti vhodné slitině mědi. Otěruvzdornost je možné ještě značně zvýšit použitím otěruvzdorných protisoučástí, jako např. zinkové nebo manganové bronze. Výběrem vhodných vysokoviskózních základových olejů pro receptury základových tuků, či past se dá dále zvýšit nosnost slabých filmů. ■

Ing. Zdeněk Nacházel
ing.zdenek@nachazel.cz

ULBRICH
HYDRAULIKA ŠITÁ NA MÍRU

HLAVNÍ PRIORITOU FIRMY ULBRICH V TRADIČNÍM VÝVOJI A VÝROBĚ HYDRAULICKÝCH SYSTÉMŮ A STROJŮ JSOU ŘEŠENÍ URČENÁ PŘESNĚ SPECIFIKOVANÉMU ÚČELU A SLADĚNÁ S PŘÍSLUŠNÝMI TECHNICKÝMI POŽADAVKY JEDNOTLIVÝCH ZÁKAZNÍKŮ.

Hydraulické válce

Kromě standardních řad hydraulických válců můžeme nabídnout celou řadu speciálních provedení a konstrukcí. V první řadě jsou to modifikace různých upevnění a úprav rozměrů pro konkrétní aplikaci u zákazníka. Dále pak jsou to speciální konstrukce pro vyšší provozní tlaky a provedení se speciálními povrchovými úpravami (včetně komplet nerezového provedení). Vrcholem nabídky jsou válce s vestavěnými snímači polohy a tlaku a modifikace s integrovanými řídicími proporcionálními ventily a akumulátory.

Hydraulické agregáty a systémy

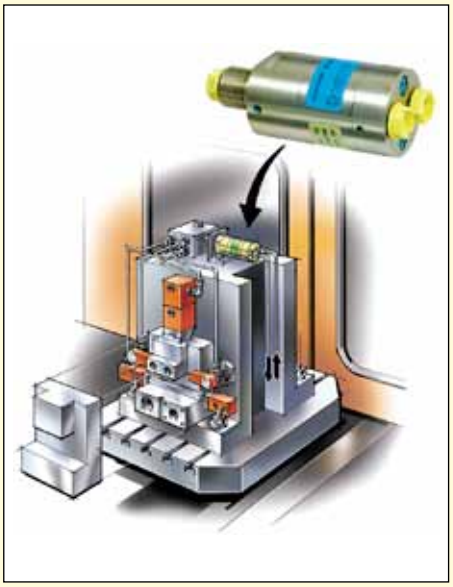
Našim zákazníkům jsme schopni nabídnout jak jednotlivé komponenty, tak pomoc a zajištění kompletního řešení. Počínaje spoluprací a návrhem ve fázi vývoje a projektu zařízení, tak i vlastní dodávku hydraulického agregátu, akčních členů a pomocných pohonů včetně elektroovládání a řídicího systému. Nakonec provedeme montáž potrubních rozvodů a oživení celého zařízení.

Inteligentní lisy

Tyto lisy jsou využity především tam, kde při procesu výroby a při vysokých nárocích na kvalitu, musí být jednotlivé pracovní postupy řízené v dané toleranci přesně kontrolovány a dokumentovány. Naše Ulbrich hydraulické a Janome elektrické montážní a kontrolní lisy splňují nejvyšší výrobní i kvalitativní nároky, a to hospodárně a cenově výhodně.
Vznikají tak zařízení, kde základem je použití hydraulického válce s vestavěným snímáním polohy a síly, hydraulický agregát doplněný potřebnými řídicími a proporcionálními ventily a řídicí systém pro řízení celého procesu, včetně vyhodnocení a archivace dat.

Vysokotlaká hydraulika

V hydraulických obvodech nejrůznějších strojů a zařízení nacházejí stále větší uplatnění hydraulické násobiče tlaku. I my jsme schopni vyjít našim zákazníkům vstříc a nabídnout řešení s použitím multiplikátorů miniBooster™.



Použití násobiče zvyšuje hospodárnost ve větších hydraulických systémech s centrálním zdrojem tlaku, stejně tak jako v běžných hydraulických obvodech, kde umožňuje dodávku oleje dvoustupňovým způsobem (velký průtok od čerpadla a rychlý chod válce a navýšení koncového tlaku pomocí vřazeného násobiče). Nasazení násobiče tlaku je vhodné například při upínání, ražení a pro vysokotlaké nářadí. Použití násobiče nachází uplatnění též při inovaci starších systémů lisů a jiných strojů, kde při zachování stávajících hydraulických agregátů umožňuje jednoduchým doplněním násobiče rozšířit je o vysokotlakou funkci. Při malých rozměrech násobičů pak můžeme získat vysoký výkon za příznivou cenu.

Vaše přání platí

Jako firma s velkými znalostmi v hydraulice, elektronice a stavbě strojů si klademe za cíl vytvářet taková zařízení za použití nejmodernějších technologií, která našim zákazníkům umožní dosáhnout vyšší produktivitu a zajistí větší konkurenceschopnost. ■

Ing. Josef Bouška, www.ulbrich.cz

PROFESIONÁLNÍ **HYDRAULICKÉ NÁŘADÍ A SYSTÉMY**

ZNAČKA POWER TEAM JE JIŽ NĚKOLIK DESÍTEK LET SYNONYMEM PRO KVALITNÍ A SPOLEHLIVÁ ZAŘÍZENÍ, KTERÁ SE POUŽÍVAJÍ V ÚDRŽBĚ, MONTÁŽÍCH, SERVISECH A V MNOHA DALŠÍCH ODVĚTVÍ PRŮMYSLU. MNOHÉ Z NÁROČNÝCH ZVEDACÍCH, LISOVACÍCH A STAHOVACÍCH PRACÍ SI JIŽ NEDOVEDEME BEZ TĚCHTO „SILNÝCH POMOCNÍKŮ" ANI PŘEDSTAVIT.

Dlouholetá tradice a neustálý vývoj nám dokazuje široký výběr zvedáků, ručních a elektrických čerpadel, lisů, mechanických a hydraulických stahováků a mnoho dalšího speciálního nářadí. Příkladem může být nová řada kompaktních hydraulických stahováků řady Grip-O-Matic (obr. 1).

Tyto stahováky s nosností 6, 8, nebo 11 tun jsou vybaveny masivními čelistmi, hydraulickým válcem a vestavěnou pumpou. Stahovák může být použit také ve spojení se stahovacími tyčemi a deskou.

Další ze zajímavých novinek je řada malých heverů „Sidewinder". Tyto hevery slouží především ke zvedání v omezeném prostoru k rozpínání a ke stahování. Pro zvedání těžších břemen lze využít hevery s nosností až do 110 tun a klasické hydraulické válce.

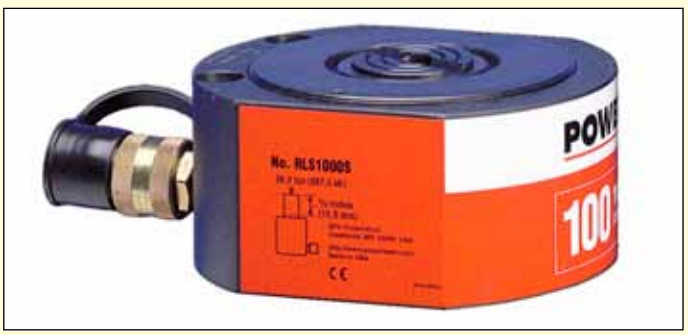
Ty díky použitému tlaku 70 MPa dosahují nosnosti až 500 tun. Na výběr jsou válce mnoha zdvihů, klasické jednočinné s vratnou pružinou a válce dvojčinné. Pro zvedání v omezeném prostoru jsou určeny válce nízké, pro vytlačování čepů, napínání a protahování válce duté.

Pro pohon hydraulických válců jsou určeny ruční pumpy, které jsou k dispozici v provedení jedno- i dvoustupňovém, s objemem nádrží 0,2 až 7,5 litrů. Pro systémy s větším počtem válců, případně tam, kde je četnost používání větší, je možnost použít agregáty s elektrickým, vzduchovým nebo spalovacím motorem. Velká škála ventilů, rozvodných bloků a příslušenství umožňuje sestavit obvody pro ovládání několika válců.

Pro strojní údržbu je nepostradatelným pomocníkem dílenský lis. Tyto lisy s nosnostmi 10 až 200 t jsou rovněž k dispozici v programu POWER TEAM. Jednoduchá a přesto robustní konstrukce s přestavitelným stolem je předurčuje pro rozličné lisovací operace, děrování, ohýbaní a stříhání.

Prodej a technické poradenství v oblasti hydraulického nářadí zajišťují pracovníci firmy ULBRICH Hydroautomatik s. r. o., kteří také samozřejmě ochotně poradí v oblasti hydraulických prvků a systémů, mazání pomocí speciálních maziv Molykote" a tlumičích nárazů. ■

ULBRICH Hydroautomatik s. r. o.
Želivec 344, 251 68 Sulice,
tel.: 323 673 046, fax: 323 673 047,
e-mail: ulbrich@ulbrich.cz, www.ulbrich.cz



PREDIKTIVNÍ A PROAKTIVNÍ ÚDRŽBA A JEJÍ PŘÍNOSY I ÚSKALÍ

Dobře řízený program prediktivní údržby vyloučí katastrofální selhání zařízení, zaměstnanci mohou plánovat činnosti údržby pro minimalizaci či odstranění přesčasových nákladů. Také lze minimalizovat skladové zásoby, protože díly nebo zařízení pro předpokládané nároky údržby nebude nutné objednat předem. Provoz zařízení na optimální úrovni ušetří náklady na energii a zvýší jeho spolehlivost.

Průzkumy odhadují, že správně fungující program prediktivní údržby může zajistit úspory ve výši 8 až 12 %. V závislosti na typu zařízení, na přístupu reaktivní údržby a na materiálních podmínkách se dá dosáhnout úspory 30 až 40 %.

Výhody prediktivní údržby

- Poskytuje zvýšenou provozní životnost a dostupnost komponentů
- Umožňuje preventivní nápravná opatření
- Odrazí se ve snížení prostojů zařízení
- Snižuje náklady na náhradní díly a práci
- Poskytuje lepší kvalitu výrobků
- Zlepšuje bezpečnost pracovníků a životního prostředí
- Zvyšuje úspory energie

Nejvážnější problém: lidský faktor

Prediktivní a proaktivní údržba není jen o šetření materiálem, ale hlavně o snížení počtu odstávek a prodloužení životnosti. Průzkumy ukazují, že jen asi čtvrtina projektů prediktivní údržby je úspěšných. Chyby se týkají hlavně oblasti lidského faktoru, informačních toků, nevhodně zvolených technologií a špatného začlenění do procesů podniku.

V podnicích je pro personál údržby a provozu organizace mnoho zdrojů informací o stavu zařízení a dostupnosti výroby. Dva z nejčastěji používaných jsou plánované inspekce strojního zařízení a sledování stavu strojů. Pravidelné inspekce strojů, jejichž zpětná vazba se používá pro plánování oprav, změn mazání, čištění a dalších prací, byly ve většině případů řízeny pomocí podnikového systému řízení údržby (CMMS) a v mnoha případech je provádí provozní zaměstnanci. Bohužel zaměstnanci (nebo externí dodavatelé), kteří provádějí monitoring stavu procesů v rámci podniku, mají často k těmto informacím komplikovaný přístup. Skupiny spolehlivosti používající technologii sledování stavu, jako je vibrační analýza, analýza olejů, termografie atd., jsou izolovány od často klíčových údajů získaných na základě pravidelných inspekcí. Naopak personál zapojený do údržbářských inspekcí a oprav mívá nízkou úroveň informovanosti o rozsahu dostupných informací z procesů monitorování stavu.

Obrovským problémem v našich podnicích je podceňování znalostí. Mnoho neúspěšných projektů bylo založeno na nesprávných metodách. Koupě přístrojů ještě neznamená zavedení diagnostiky a bez adekvátního vzdělání je diagnostik pouhým měřičem. Většina projektů diagnostiky neuspěje právě proto, že pracovníci a střední management nejsou odborně proškoleni. Školení jsou často orientována jen na obsluhu přístrojů a pracovníci nejsou schopni naměřená data analyzovat a interpretovat, jejich informace nejsou dostatečné a často ani nevystihují celkový stav stroje.

Plánování údržby pouze na základě havárií a prevence je minulostí. Klíčovým faktorem úspěšnosti projektu bude propojení systému řízení údržby

s diagnostikou. Je nutno řídit se dle skutečného stavu, který musí aktuálně zhodnotit a srozumitelně podat diagnostici, tribotechnici a inspektoři strojů, jelikož jejich hodnocení poslouží jako vstupní data pro plánování. Vizualizace a sdílení dat v síti musí být samozřejmostí.

Diagnostik podniku obvykle nemá znalosti a zkušenosti na tak vysoké úrovni jako specialista diagnostické firmy, který denně analyzuje desítky různých problémů a má k dispozici veškerou techniku. Na druhé straně pro specifické a opakující se problémy strojů jsou zkušenosti místního diagnostika neocenitelné.

Proč nepovolit nedostatečné mazání

Za až 90 % kořenových příčin poškození rotačních strojů je nevyhovující mazání a geometrie. Bohužel, samotná vibrační diagnostika není schopna většinu těchto problémů odhalit, a proto je nutno stroj vždy hodnotit několika metodami tzv. multiparametricky. Pro diagnostiku maziv a mazání je nutno porozumět, jak volit viskozitu, pochopit procesy oxidace a degradace maziv a jakou roli v nich hraje znečištění a voda.

Ve valivých ložiscích jsou kroužky a valivá tělesa vystavěna extrémním tlakům v řádech desetitisíců barů. Jen vhodně zvolené mazivo s dostatečnou viskozitou a aditivy je schopno oddělit kroužek od valivých těles. Při nevhodném mazivu nebo nadměrném tlaku dochází k přerušení mazacího filmu a k tlakovému svaru mezi dvěma kovovými povrchy. Tento svar se odtrhne a vznikne prvotní kráter, který má velmi ostré hrany a mazací film se zde již nevytvoří. Závada se rozšiřuje. Klíčové je nedostatečné mazání zjistit a poškození zabránit.

Základní vybavení diagnostické skupiny

Jednoduchá sada pro měření viskozity, kyselosti, nečistot a vody v mazivech je povinnou výbavou pro diagnostické laboratoře podniku. Lze ji pořídit zhruba za 45 000 Kč. Pojízdná filtrační jednotka, která odstraní znečištění a vodu z oleje stojí 40–60 000 Kč a měla by být součástí základní výbavy pro odstranění kořenové příčiny předčasných poškození rotačních strojů. Je to extrémně nutné pro hydraulické systémy, převodovky, kluzná a valivá ložiska.

Důležité je mít možnost externího servisu pro analýzu problémů, které podnikoví diagnostici nejsou schopni vyřešit. Jde především o problémy strojů, které jsou důležité z hlediska výroby. Ceny se pohybují mezi 350–1000 Kč/hod. Jednou za rok je třeba poslat vzorky z velkých olejových nádrží na analýzu do laboratoře. Komplexní analýza vzorků stojí ca 1200 Kč.

Pro diagnostika je důležitá i účast na školeních a konferencích, jejichž součástí jsou i odborné konzultace. Školení v rozsahu několika týdnů a praxe několik let jsou klíčovými předpoklady úspěšných diagnostických předpovědí. Bohužel prediktivní údržba je vyučována jen na některých VŠ. Výuka je často značně teoretická, bez návaznosti na praxi. Samotná měření jsou ale jen částí diagnostiky. Některé problémy je výrazně jednodušší odhalit kontrolou příčin na místě – u stroje anebo v dílně. Proto diagnostika začíná vždy zjištěním příznaků.

Problémy mazání

a) Audit na dílně. Rozumí tomu někdo? Použili vhodné mazivo? Jaká je požadovaná a použitá viskozita základového oleje? Kolik plastického maziva naplnili do ložiska? Nezanesli do systému nečistoty?

b) Audit na místě. Existuje mazací plán? Je dodržován? Jsou vzduchové filtry? Jsou nádrže filtrovány? Odstranění vody? Kyselost? Viskozita?

c) Diagnostika mazání: Ultrazvuk/akustická emise, teplota. Vždy měřit při náběhu.

Teplota: nad 60 °C – začíná oxidace maziva, o 10 °C vyšší teplota ubere ½ života, ložiskový domek nad 90 °C znamená, že v ložisku je 120 °C – ložiskový kov mění svoji mikrostrukturu, dochází k vymezení vůle, praskání a přetáčení kroužků.

Ultrazvuk: 0–4 g OK, 4 g výstraha, 10 g nebezpečí.

Ultrazvuk sluchátka: šumí – OK, praská – nečistoty, píská – přemazané nebo nasucho. ■

RNDr. Ondrej Valent, CSc,
cmms@cmms.cz