maziva – oleje – technologické kapaliny

TRIBOTECHNICKÉ INFORMACE

1/2017

TECH MAGAZÍN
TECHNIKA VČERA, DNES A ZÍTRA

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

OBSAH

Editorial 2

Vhodná tribodiagnostika strojů a zařízení 3

Zdeněk Šimík, KLEENTEK

Úspora nákladů pomocí mazání jeřábových drah 4–5

Bohdan Špondr, ŠPONDR CMS

Nanomaziva v praxi 6–7

Olga Křížová, Chematribos

Kluzné laky – maziva pro nejextrémnější podmínky 8

Petr Dobeš

Hydraulické oleje na ropné bázi s vysokým viskozitním indexem 9

Pavel Růžička, TOTAL ČR

Tribotechnická diagnostika velkých točivých strojů 10–11

Vladislav Marek, Ondřej Švec

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

Jak to všechno začalo

60. výročí, to už je slušný důvod k oslavě. A právě tolik let slaví letos česká odborná sekce Tribotechniky při České strojnické společnosti od svého vzniku. Dne 25. června 1957 zahájila odborná skupina pro techniku mazání v rámci Strojnické společnosti ČSVTS pořádání seminářů, kurzů pro techniky mazání a kurzů pro konstruktéry. Na ni pak navázala, již jako odborná sekce Tribotechniky, i pořádáním celostátních i mezinárodních konferencí. Na podnět pracovníků Výzkumného ústavu paliv a maziv (VÚPM), n.p. Benzina v Praze vznikla sekce techniky mazání a začala se psát historie organizované tribotechniky v Československu. Na propagaci správného mazání strojů v Čechách a na Slovensku se v té době podíleli zejména pracovníci krajských odbytových závodů n.p. Benzina. Na Slovensku po vzniku federace zahájila působnost vlastní odborná tribotechnická skupina, ale jak čeští, tak i slovenští odborníci zůstali v těsném a přátelském kontaktu a pokračovali v činorodé vzájemné spolupráci i po rozdělení bývalého Československa na dva samostatné státy, kdy se tomuto oboru u slovenských sousedů již věnuje Slovenská spoločnosť pre tribológiu a tribotechniku (SSTT) pri Zväze slovenských vedecko technických spoločností (ZSVTS). Důkazem toho jsou ostatně četné konference a setkání pořádané oběma odbornými skupinami.

Teoreticky se může zdát, že za oněch šest desítek let, kdy tribotechnická sekce v Česku (resp. včetně bývalého Československa) funguje, vykonala už svůj záslužný kus práce a z prvotních skrovných počátků, kdy musela razit cestu oboru jako takovému i novinkám, kterými se moderní tribotechnika zabývá, už není potřeba podniky přesvědčovat o jejím významu a výhodách, které jim může nabídnout. Realita, jak už to bývá, je však obvykle často odlišná, a jak říkají i ostřílení tribotechničtí veteráni, „osvěty není nikdy dost." Navíc přibývají stále nové poznatky, objevují se a nastupují nové technologie, materiály, a občas i nové, dosud neznámé skutečnosti o těch již známých. A právě dnes, kdy v nelítostném souboji o maximální efektivitu a úspory jde o každou sekundu, o kterou se rychleji otočí kolo nebo ložisko, či den nebo týden, o nějž se prodlouží jeho životnost, je význam tribotechniky nezastupitelný. Stejně tak jak práce lidí, kteří ji zasvětili svůj život – nebo přinejmenším jeho podstatnou část – a pro které se v řadě případů stala i osudem a posláním. Ti, kteří už si přínosy, jež tribotechnika může jejich firmě přinést, ověřili, obvykle zůstávají jejich zákazníky a partnery a spoléhají nadále na odborné služby a poradenství tribotechnických specialistů. Ovšem stále zůstává hodně těch, kteří z nejrůznějších důvodů ještě provozu své firmy z pohledu tribotechnických aspektů patřičnou pozornost nevěnovali a tento obor pro ně zůstává „terra incognita". A tím samozřejmě i další výzvou pro vás, čtenáře a přispěvatele Tribotechnických informací.

A tak vlastně nezbývá než popřát tribotechnické sekci i všem jejím členským firmám a organizacím a lidem, kteří je reprezentují hodně štěstí a úspěchů i do dalších let, aby organizace fungovala stejně spolehlivě jako dobře promazaný stroj.

PhDr. Josef Vališka, šéfredaktor

Plán odborných akcí tribotechniky na 2. pol. 2017

1. Časopis: Tribotechnické informace č. 2/2017 příloha TechMagazínu
Termín vydání: 10. listopadu 2017
odborný garant: OS Tribotechnika ČSS , Ing. Milan Šimánek (strojspol@csvts.cz)
Ing. Petr Kříž (petr.kriz@chematribos.cz)
organizační garant: redakce TECH MEDIA PUBLISHING s.r.o., Petr Kostolník (petr.kostolnik@techmagazin.cz)

2. Kurz: Základy tribotechniky – (tribotechnické poznatky o mazivech a mazání, předpoklady praktické realizace v podnikové praxi)
termín: 26.–27. října 2017
místo: Hotel SKI – Nové Město na Moravě
odborný garant: OS Tribotechnika (www.tribotechnika.cz) při ČSS, Ing. Vladimír Nováček, ALS Czech Republic, s.r.o. (vladimir.novacek@alsglobal.com)
organizační garant: Česká strojnická společnost – Hana Valentová (strojspol@csvts.cz)

3. Seminář: Tribotechnika
termín: 13. prosince 2017
místo: ČSVTS, Praha 1, Novotného lávka 5
odborný garant: OS Tribotechnika (www.tribotechnika.cz) při ČSS, Ing. Petr Kříž, Chematribos, s.r.o. (petr.kriz@chematribos.cz)
organizační garant: Česká strojnická společnost – Hana Valentová (strojspol@csvts.cz)

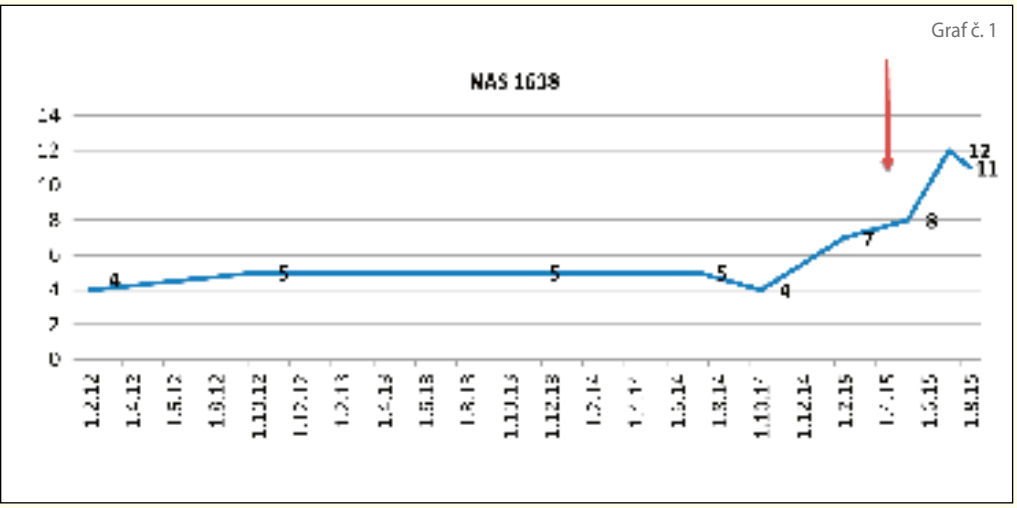
Pozvánky a přihlášky na jednotlivé akce bude možné stáhnout z internetových stránek České strojnické společnosti **www.strojnicka-spolecnost.cz**
Bližší informace: Hana Valentová, tajemník ČSS, tel.: 221 082 203; mobil: 728 747 242, e-mail: strojspol@csvts.cz

VHODNÁ TRIBODIAGNOSTIKA STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

Podstatu pravidelné kontroly hydraulického oleje není třeba objasňovat. Cílem je sledovat kondici olejové náplně, a tím kondici celého výrobního zařízení. Bezporuchový provoz je prioritou číslo jedna a kvalita oleje je faktor, který zásadně ovlivňuje jeho průběh. Vzhledem k dnešním možnostem vyspělých laboratoří můžeme definovat potíže zařízení mnohem dříve, než se problém projeví na provozuschopnosti výrobního zařízení.

Jinak řečeno, pomocí nahlédnutí do mikrosvěta olejového systému lze rozpoznat a případně i odvrátit blížící se poruchu. V dnešní produktivní době je neplánovaná odstávka výroby velmi nákladná a často s sebou nese značné dodatečné finanční náklady na opravy, zásahy externích techniků a urychlené nákupy drahých náhradních dílů.

Graf č. 1



Když je v údržbě správně nastaven systém sledování stavu a kondice oleje, dochází k významné redukci rizika těchto neočekávaných poruch a velmi často lze odstávce i předejít. Sledování celkového stavu oleje je však alchymie a vybrat vhodné parametry oleje a zaměřit se na ně, je časově náročné. Pracovníci údržby jsou velmi přetěžováni a nemají čas ani možnosti studovat náročnou tribologii ve všech jejích aspektech. Proto se výrobní podniky často uchylují ke spolupráci s externími firmami, které nabízí poradenství v oblasti rozborů a nákupu olejů, filtrace olejů nebo nabízí jiné nekonvenční metody péče, jako např. čištění olejů metodou KLEENTEK.

Diagnostika = efektivita údržby

Co konkrétně přináší prostředky vynaložené na diagnostiku? Stává se diagnostika skutečně efektivním nástrojem pro údržbu, nebo je to pouze nákladná argumentace pro auditorskou návštěvu?

Drtivá většina dodavatelů výrobních zařízení předepisuje v mazacích plánech údržby čistotu olejů, definovanou kódem dle NAS 1638 nebo ISO 4406. Při vyhodnocování se počítají nečistoty různých velikostí v definovaném množství oleje. Tyto metody zaznamenávají nečistoty velikosti od 4 µm (ISO 4406) a od 5 µm (NAS 1638). Pro sledování kondice strojů to však **je naprosto nedostačující.**

Firma KLEENTEK je jednou z prvních, které kladou velký důraz i na odstranění měkkého znečištění – produktů oxidace, ukládajících se v olejových systémech a zvyšujících náklady na provoz. Dnes se celosvětově měří potenciál oleje k tvorbě úsad parametrem MPC (Membrane Patch Colorimetry) podle normy ASTM D7843. Částice měkkého znečištění jsou velmi malé a kódy čistoty je často vůbec nezaznamenají. To však neznamená, že se ve stroji nic důležitého neděje.

Názorný příklad

Na *grafu č. 1* pozorujeme vývoj kódu čistoty dle NAS 1638 na hydraulickém systému výrobního zařízení. Je to stěžejní výrobní zařízení a je tedy na místě diagnostikovat jeho stav pro bezporuchový provoz. Podle dodavatele stroje je prioritní sledovat kód čistoty podle NAS 1638, jehož hodnota by se měla pohybovat maximálně do třídy 6. Pokud je naměřen zvýšený kód čistoty, je výrobcem linky doporučeno provést filtraci a snížit kód čistoty opět na „bezpečnou mez". Graf č. 1 popisuje vývoj kódu čistoty v čase. Nárůst kódu byl zaznamenán v dubnu 2015. Na základě výsledků rozborů olejů bylo rozhodnuto, že olej bude přefiltrován mechanickou filtrací.

Během sledování stavu olejové náplně byl prováděn také parametr MPC zástupcem firmy KLEENTEK. *Graf č. 2* popisuje vývoj MPC. Zhoršený stav byl zaznamenán již v prosinci 2013. Podle kódů čistoty se stav jevil jako stabilizovaný, přičemž docházelo k postupnému ukládání produktů oxidace do hydraulického okruhu a tím k zanášení systému. Čas od času údržba čistila ventily, protože nepracovaly přesně. Tento stav se považoval za normální, dokonce běžný.

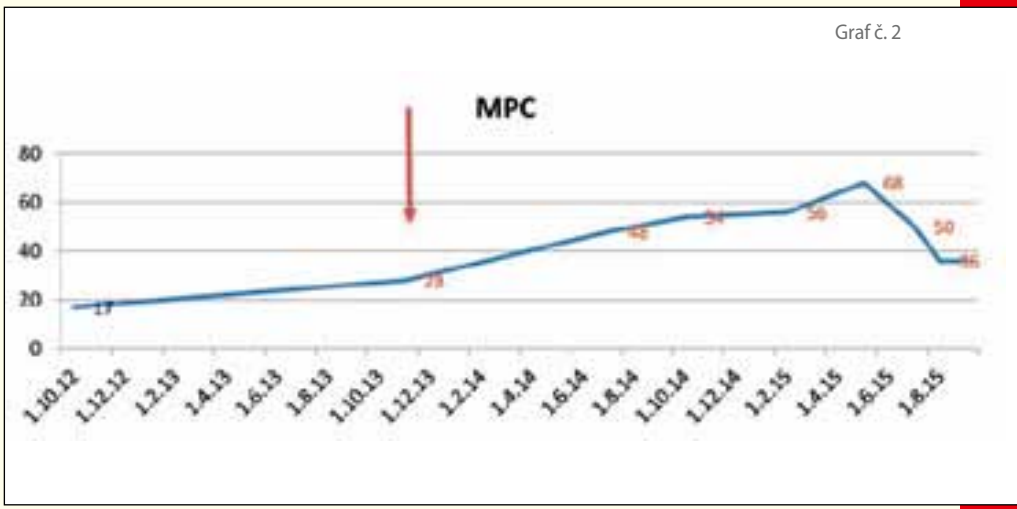
V červenci 2015 došlo k poruše hydraulického systému. Olejová náplň byla vyčerpána a provedlo se ruční čištění olejové vany. Množství úsad, kalů, produktů degradace bylo pro pracovníky údržby nemilým překvapením. Během čištění nádrže byly odstraněny desítky kilogramů znečištění – úsad. Tyto práce i následné odstavení výroby byly velmi nákladné.

Zástupci firmy KLEENTEK upozorňovali na zanášení hydraulického systému již patnáct měsíců předtím, než se zhoršený stav zařízení projevil v kódu čistoty. Tato doba by stačila k tomu, aby se provedly kroky k odstranění úsad včetně vyčistění olejové náplně bez odstavení výroby, např. metodou čištění olejů KLEENTEK.

Uživatelé strojů a zařízení se často řídí doporučením dodavatele. Náklady na servis, nákup náhradních dílů i na neplánované odstávky výroby a případný výskyt vadných výrobků hradí vždy uživatel, který však má kromě tohoto postupu i možnost zamezit zbytečným nákladům cestou pravidelné péče o oleje prověřenými tribologickými postupy. ■

Zdeněk Šimík, KLEENTEK, spol. s r.o.

Graf č. 2



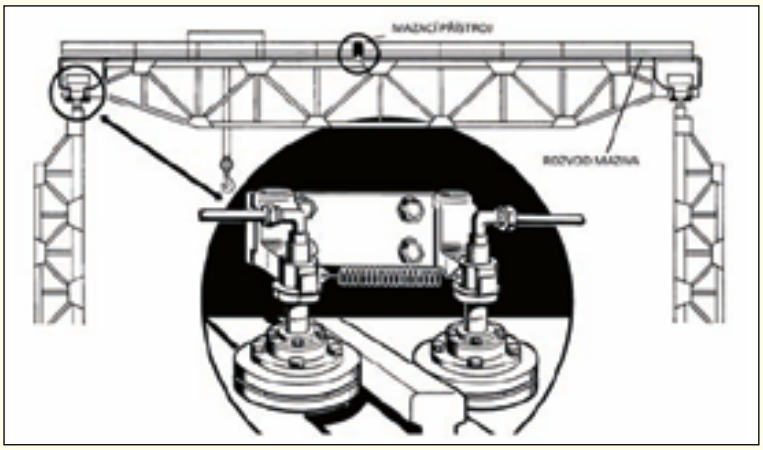
ÚSPORA NÁKLADŮ POMOCÍ MAZÁNÍ JEŘÁBOVÝCH DRAH

Obr. 2: Nádrž s dávkovacím čerpadlem pro tvorbu směsi olej-vzduch

Článek pojednává o možnosti, jak snížit vysoké náklady spojené s náročnou údržbou jeřábových drah a kol ve výrobních halách. Jde o minimalizaci vynaložených nákladů optimalizací výrobního procesu.

Zaváděním mazání jeřábových drah dojde k brzké návratnosti vynaložených prostředků a pak už jen k ziskovosti výroby. Pro možnosti realizace jsou dva typy mazacích systémů, nastíníme princip jejich funkce a srovnání výhod i nevýhod. Závěrem pak zhodnotíme úspory nákladů vzniklé díky zavedení mazacího systému jeřábových drah na konkrétním příkladu, s kalkulací nákladů před a po nasazení mazacího zařízení.

– tj. přímo vyčíslitelné náklady spojené s demontáží jeřábu, energií i materiálem vynaloženým na opravu jeřábového kola, navaření nového nákolku i zpětná montáž na jeřábovou dráhu. V rámci komplexního pojetí nákladů je nutné zmínit i náklady skryté, spojené s odstavením stroje, tj. jeho nevyužitím – v případě neplánované odstávky zařízení může tím



Obr. 1: Umístění mazacího zařízení na mostovém jeřábu (vlevo), otěrové kotouče (vpravo)

Důvody zavádění centrálního mazání jeřábových drah

Výrobní podniky používající ve svých halách mostové jeřáby si často neuvědomují, jak vysoké náklady představuje opotřebení jeřábových kol, případně i opotřebení jeřábových drah. Vynaložené náklady bývají často účetně schovány pod položkou obecné údržby, není možné je přesně identifikovat, přesně definovat, a tedy ani vhodně minimalizovat. I v případě, že si společnost tyto vysoké náklady uvědomuje, často se s nimi smíří, zařadí je do kategorie „utopených nákladů", aniž by odpovědní pracovníci tušili, že řešení existuje. Navíc není nikterak nákladné, s návratností investice v řádu měsíců.

Prodloužení servisního intervalu jeřábových kol, zjevné a skryté náklady

Náklady spojené s provozem jeřábových drah lze rozdělit do dvou skupin, náklady zjevné

způsobené zpoždění výroby znamenat pro podnik nemalé komplikace.

V poslední době se stále více prosazují trendy automatizace výrobního procesu, snahy o odstranění nebo alespoň o minimalizaci nebezpečné a namáhavé práce, mezi které servis jeřábových kol bezesporu patří. V neposlední řadě může i prodloužení servisních intervalů díky osazení jeřábů vhodným mazacím zařízením přispět ke zlepšování pracovního prostředí pro zaměstnance údržby.

Způsoby mazání jeřábových drah / jeřábových kol

Mazání jeřábových drah otěrem

Princip tohoto způsobu mazání jeřábových drah spočívá v nanášení mazací látky přímo na jeřábovou dráhu, jak je znázorněno na ***obr. 1***. Z mazacího agregátu, umístěného uprostřed mostu jeřábu, je plastické mazivo vytlačováno a rozvodným potrubím dopravováno k dráze, kde je pomocí odvalovacích kotoučů postupně nanášeno na bok kolejnice jeřábové dráhy. Mazací látka je dále roznášena jeřábovými koly po celé délce jeřábové dráhy.

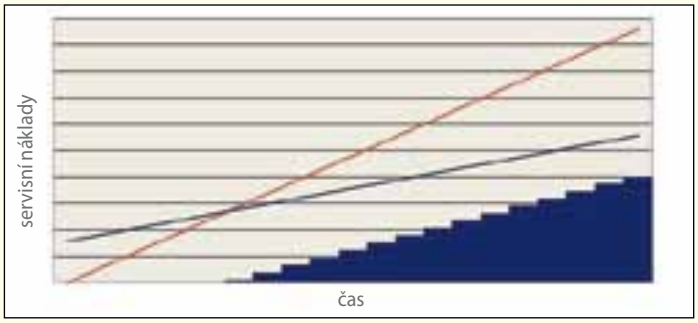
Výhody:

- Zařízení je technicky jednoduché, sestává pouze ze základního mazacího agregátu, potrubí a přípravku pro nanášení maziva – snadná montáž i výměna prvků, nižší pořizovací náklady.
- Není za potřebí tlakového vzduchu.

Nevýhody:

- Odvalovací kotouče se vlivem nerovností jeřábové dráhy obrušují, v závislosti na provozních podmínkách i stavu dráhy je třeba kotouče vyměňovat.
- Dávkování není tak přesné, jako u mazání nástřikem.

Obr. 3: Trysky pro nástřik mazacího média – jednoduchá tryska (vlevo), oboustranné trysky pro nástřik kola (uprostřed), nástřik jeřábové dráhy (vpravo)



Graf: Vývoj nákladů v čase bez mazacího zařízení (červeně), po instalaci mazacího zařízení (modře), vzniklá úspora (modrá plocha)

Mazání jeřábových kol nebo drah nástřikem

Systém je postaven na principu mazání okolků kolejových vozidel. Ve speciálním agregátu je pomocí tlakového vzduchu tvořena směs olej-vzduch, která je potrubím dopravována nad nákolek jeřábového kola, případně na bok kolejnice. Systém je vhodné instalovat především v podmínkách špatného stavu jeřábové dráhy, kdy by docházelo k nadměrnému opotřebení nanášecích kotoučů, a také tam, kde je přímo na jeřábu dostupný zdroj/rozvod tlakového vzduchu.

Není-li tlakový vzduch k dispozici, lze vedle agregátu instalovat kompresor, případně využít agregátu určeného pro tramvaje (kde také nebývá tlakový vzduch k dispozici) – takový agregát již vzduchový kompresor obsahuje v rámci jedné kompaktní jednotky.

Výhody:

- Přesné dávkování na základě stanovených kritérií (ujetá vzdálenost, pohyb po dráze, atd.).
- Nedochází k opotřebení zařízení vlivem provozu – trysky se kola ani dráhy nedotýkají.
- Systém, původně navržený pro kolejová vozidla, je velmi odolný, splňující veškeré podmínky pro provoz v náročném prostředí (extrémní výkyvy teplot, venkovní prostředí, vlhkost atd.)

Nevýhody:

- Ve srovnání s mazáním otěrem pomocí kotoučů je systém náročnější na počáteční investici (v průběhu času nicméně tuto nevýhodu vyrovná a předčí absence opotřebení kotoučů a nutnost jejich výměny).
- Nutnost výroby tlakového vzduchu, není-li na jeřábu k dispozici.

Ekonomická návratnost investice do mazání jeřábových drah

Pro zjištění ekonomické výhodnosti zavedení mazání jeřábových drah byl zvolen podnik s celodenně používaným mostovým jeřábem. Od techniků údržby byla zjištěna následující data: průměrná životnost jednoho jeřábového kola: 15 dní, investice do opravy jednoho kola byla odhadnuta na 12 000 Kč. Náklady na servis jeřábových kol (4 ks) tedy činily 96 000 Kč/měsíc.

Pro názornost a možnost porovnání výsledků byla jedna strana jeřábu ponechána v původním stavu, tj. bez mazání, druhá strana byla osazena mazacím systémem pracujícím na principu otěru plastického maziva na jeřábovou dráhu.

Po 6měsíčním provozu bylo pracovníky údržby konstatováno, že průměrný servisní interval kol na mazané straně jeřábu se prodloužil z 15 na 45 dní. V případě osazení obou stran jeřábu by tedy došlo ke snížení nákladů na úroveň 32 000 Kč měsíčně. Celková měsíční úspora v tomto konkrétním případě činí 64 000 Kč. Pro správnou interpretaci výsledků je třeba uvést, že do kalkulace nebyla zahrnuta cena spotřebovaného maziva a elektrické energie, což jsou však zanedbatelné hodnoty (v porovnání s celkovou cenou servisu jeřábových kol). Na straně druhé nebylo ani kalkulováno se snížením skrytých nákladů popsaných výše.

Na ***grafu*** je zobrazena návratnost investice v námi sledovaném příkladu. Investiční náklady na pořízení mazacího zařízení byly vzniklou úsporou splaceny v řádu měsíců, od toho okamžiku přináší zařízení čistý benefit v podobě snížených nákladů.

Závěr

Podniky využívající při své činnosti mostové jeřáby čelí vysokým nákladům na servis jeřábových kol. Tyto náklady je možné minimalizovat instalací vhodného mazacího systému jeřábových kol či jeřábové dráhy. V článku jsou popsány dva systémy pracující na odlišném principu – 1. mazání nanášením plastického maziva na jeřábovou dráhu, 2. nástřikem směsi olej-vzduch na nákolek nebo jeřábovou dráhu.

Měřením délky servisního intervalu jeřábových kol s instalovaným mazáním a bez mazání bylo zjištěno, že vhodně zvolený způsob mazání tento interval prodlouží až trojnásobně. V závislosti na stavu jeřábových kol, dráhy a náročnosti provozu může celková úspora dosahovat výše v desítkách tisíc korun. Velmi rychle (v řádu měsíců) se tak pokryjí náklady na osazení mazacím zařízením. Pro podniky používající při své činnosti mostové jeřáby může instalace mazacích systémů přinést značné snížení nákladů na servis a údržbu spojených s provozem mostových jeřábů. ■

Bohdan Špondr, ŠPONDR CMS

NANOMAZIVA V PRAXI

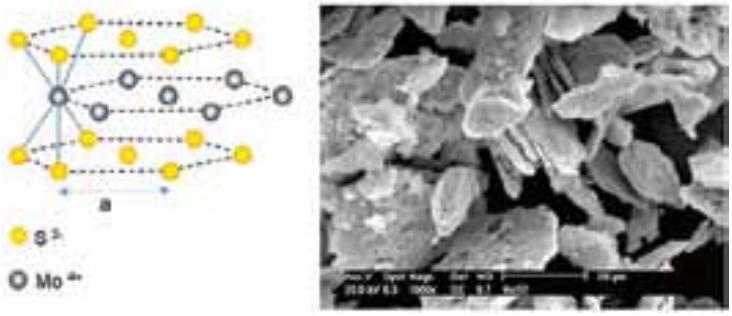
Nanomaziva nacházejí významné možnosti uplatnění v technické praxi díky rychlému rozvoji nových technologií výroby a způsobů použití nanomateriálů. V současnosti je můžeme nalézt v nejrůznějších sférách lidské činnosti, zejména v nejnáročnějších aplikacích v průmyslu, v dopravě a také v extrémních podmínkách prostředí i zatížení v kosmickém prostoru.

V článku jsou stručně popsány základní fyzikálně-chemické definice a principy s ohledem na vliv velikosti částic. Pozornost je věnována prakticky používaným metodám stabilizace nanočástic v koloidních systémech a praktickým aspektům využití nanočástic jako aditiv do maziv. Diskutovány jsou nejčastěji používané skupiny nanoaditiv z hlediska jejich složení a struktury a hlavní výhody a nevýhody jejich aplikace v tribologických systémech.

Definice nanočástic

Jednoduše můžeme nanočástice definovat jako částice o maximálních rozměrech 100 nm v kterémkoli směru, spíše však o řád nebo o dva řády menší. Svými rozměry jsou srovnatelné s velikostí malých až středních molekul. Částice o velikosti pod 100 nm vykazují zcela specifické fyzikálně-chemické chování oproti obdobným strukturám běžné velikosti. Speciálním příkladem mimořádných vlastností jsou unikátní mazivostní účinky.

Jako příklad můžeme uvést srovnání vynikající mazivostní přísady – sulfidu molybdeničitého MoS_2, tzv. molyky. Běžná velikost částic jemně mleté molyky se pohybuje na úrovni 2000 nm a více ***(obr. 1)***. Oproti tomu nanočástice molyky, připravované speciálními postupy reakcemi v plynné nebo pevné fázi, vykazují rozměry maximálně 40 nm ***(obr. 2)***. Tato nanoforma molyky, stejně jako dalších disulfidů kovů (např. WS_2, NbS_2), je označována jako IF forma (IF = anorganické fullereny).



Obr. 1: Morfologie jemně mleté MoS_2

Stabilizace koloidních systémů

Hlavní výzvou při aplikaci nanočástic do kapalných maziv je vytvoření dlouhodobě stabilní suspenze v použitém olejovém základu. Stabilita suspenze je přímo závislá na tendenci částic sedimentovat. Sedimentace se dá ovlivnit několika faktory. Největší vliv na potlačení rychlosti sedimentace má právě extrémně malá velikost částic. Usazování může být dále zpomaleno použitím oleje o vyšší viskozitě, malým rozdílem hustot pevné a kapalné fáze a vyšší teplotou. V praxi je nutné posílit stabilitu koloidních systémů nanočástic omezením jejich shlukování do větších celků, které mají výraznou tendenci sedimentovat. Zamezení shlukování nanočástic se provádí nejčastěji pomocí sterického odpuzování částic, tj. přídavkem polymerů nebo elektrostatickým odpuzováním v micelárních systémech.

Druhy nanomaziv a mechanismus mazání

Obecně můžeme nejčastěji používané nanočástice dělit z hlediska jejich struktury na cibulové a lamelární struktury, nanovlákna a micelární nanostruktury. Z pohledu chemického složení se v nanomazivech uplatňují zejména sulfidy a selenidy kovů, uhlíkové struktury, elementární měkké kovy. Zajímavé tribologické působení vykazují také nanostruktury sloučenin boru.

Mechanismus mazání IF disulfidy s cibulovou strukturou využívá schopnosti nanočástic tvořit mazací pláty v místě tribokontaktu. Mazivostní vlastnosti IF disulfidů můžeme prezentovat na výrazném snížení koeficientu tření při nízkém dávkování ***(tab. 1)***. Rozbalování cibulových nanostruktur působením střihového zatížení a jejich narušování při vysokých statických zatíženích však vede k jejich degradaci. Uhlíkové nanostruktury se odvozují od známých přírodních struktur grafitu a diamantu, které doplňují moderní synteticky připravované struktury fullerenů a uhlíkových nanotrubic. Jejich výhodou oproti IF disulfidům a selenidům je nižší degradace uhlíkových nanostruktur a extrémně nízké dávkování. Nevýhodami jsou jejich horší disperzní vlastnosti a nižší afinita k třecím povrchům v důsledku jejich nepolárního charakteru.

Velký potenciál pro praktické aplikace vykazují nanočástice měkkých kovů. Měkké kovy, jako je Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Bi, Sn, In, jsou běžně využívány v tribotechnice. Pro praktickou aplikaci v nanomazivech se využívají nanočástice Cu, Pb, Bi, Ag a slitin In-Sn, Bi-In, Pb-In. Stabilizace nanočástic kovů je založena na principu tvorby tzv. reverzních micel – v centru micelární struktury je polární nanočástice kovu, homogenizace v olejovém základu je zajištěna nepolárními uhlovodíkovými řetězci.

Micelární struktury vznikají chemickou modifikací nanočástic kovů, ke které se používají např. dialkyldithiofosfáty nebo deriváty vyšších mastných kyselin. Tvorba mazacího filmu nanovrstev kovů je zajištěna prostřednictvím vratné redoxní reakce, která probíhá výhradně v místě tribokontaktu podle třífázového modelu ***(obr. 3)***.

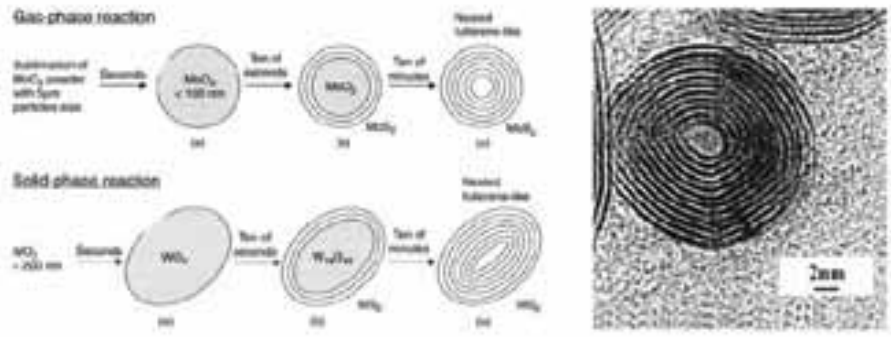
Z hlediska mazivosti jsou zajímavé také nanočástice sloučenin boru, které rovněž výrazně snižují tření. Jako mazivostní nanoaditiva byly úspěšně testovány sloučeniny kyseliny borité a její estery, nanočástice nitridu boru i další sloučeniny boru.

Neaditivovaný PAO	1 % IF-WS_2	1 % IF-MoS_2	1 % IF-NbS_2	1 % IF-TaS_2
0,25	0,04	0,06	0,07	0,09

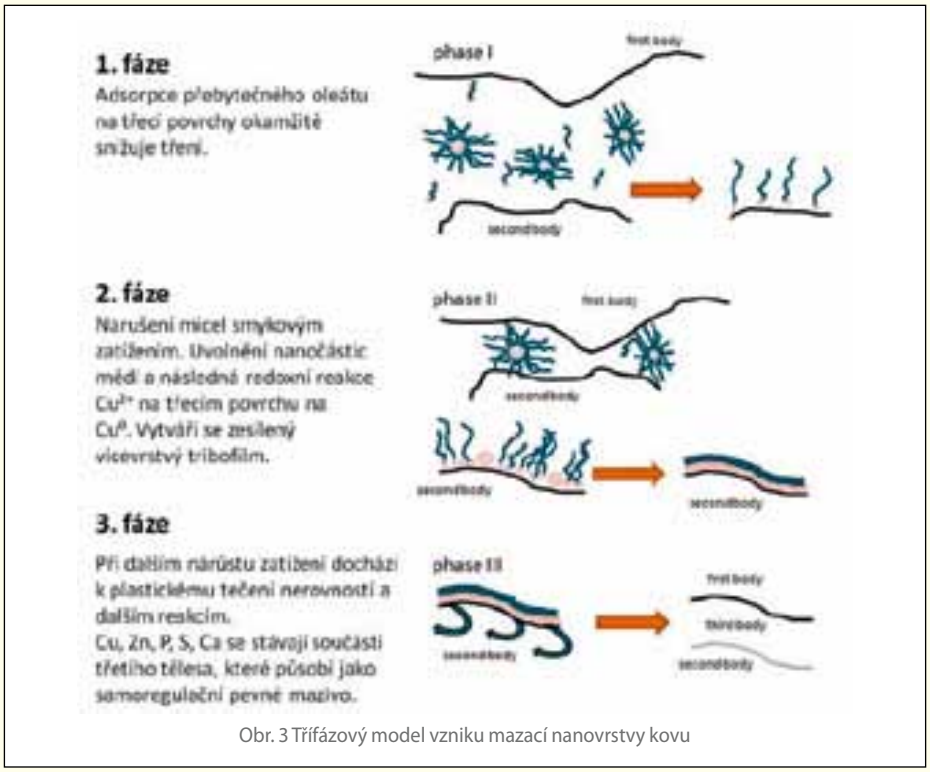
Tab. 1 Snížení koeficientu tření při aditivaci polyalfaolefinového (PAO) základového oleje IF disulfidy (tlak: 0,83 GPa, rychlost: 2,5 mm/s, teplota: 20 °C)

Praktické aplikace nanomaziv

Počátek syntéz chemických látek ve formě nanočástic a experimentování s nimi spadá do doby před několika desítkami let. Praktické uplatnění nanočástic v oblasti mazání však začíná být roz-



Obr. 2: Nanočástice IF disulfidů kovů



Obr. 3 Třífázový model vzniku mazací nanovrstvy kovu

šířené až v posledních letech. Důvodem je především náročná příprava nanočástic a potíže při stabilizaci jejich koloidních roztoků, které se mohou prakticky použít jako aditiva do maziv. Největších úspěchů je v praxi dosahováno s nanostrukturami IF disulfidů a diselenidů kovů a s micelárními strukturami měkkých kovů. Při výrobě všech typů nanomaziv je nutné brát v úvahu, mimo známá toxikologická rizika vyplývající z jejich chemického složení, i praktický bezpečnostní aspekt. Většina nanočástic dodávaných v práškové formě totiž vyžaduje speciální postupy při manipulaci s nimi z hlediska bezpečnosti práce a rizik působení prachu na lidské zdraví.

Nanomaziva dnes nalezneme ve všech myslitelných typech maziv od vodou mísitelných obráběcích kapalin, olejů, plastických maziv, mazacích past, kluzných laků až po moderní konstrukční materiály, ve kterých jsou nanomaziva zabudována přímo v jejich struktuře. V současnosti se uplatňují přímo ve formulacích motorových olejů i v aditivech, kdy je při jejich použití dosahováno reálné úspory paliva kolem 5 %. Další oblastí praktického využití jsou automobilové i průmyslové převodové oleje, ve kterých výrazně přispívají k snížení opotřebení i o více než 50 %, a tím k několikanásobnému prodloužení životnosti zařízení. S výhodou jsou nanočástice aplikovány ve formulacích plastických maziv pro nejnáročnější podmínky průmyslového provozu, kde je možné běžně dosahovat trojnásobného prodloužení servisních intervalů ložisek. Z dostupných případových studií je zřejmé, že zejména nanočástice na bázi kovů mají díky svým excelentním mazivostním vlastnostem a současně vysoké stabilitě v nejtvrdších podmínkách potenciál pro uplatnění v celém spektru formulací automobilových a průmyslových maziv. ■

Ing. Olga Křížová, Chematribos

KLUZNÉ LAKY – MAZIVA PRO NEJEXTRÉMNĚJŠÍ PODMÍNKY

Pevná maziva, mezi něž patří i kluzné laky, tvoří zvláštní skupinu maziv, které nacházejí uplatnění tam, kde jsou provozní podmínky pro kapalná maziva nepříznivé. Rostoucí požadavky na tribologickou výkonnost, zdravotní nebo ekologické limity a nejrůznější kombinace nových materiálů jsou mnohdy optimálně řešitelné právě kluznými laky.

Proto je nacházíme v mnoha různorodých aplikacích, kde jsou často neviditelné, ale spolehlivě zajišťují požadované funkce. Nejen v oblasti letectví a kosmonautiky, ale i v mnohem prozaičtějším automobilovém průmyslu a v řadě dalších odvětví. Pevná maziva zahrnují velmi rozmanité látky, které mají příznivé tribologické vlastnosti, tedy snižují tření a opotřebení podkladového materiálu. Můžeme je klasifikovat do sedmi základních skupin. Do první patří různé anorganické sloučeniny, jako je grafit a sirníky kovů (MoS_2 nebo WS_2), což jsou tzv. strukturální maziva, nebo další anorganické sloučeniny, jako je oxid zinečnatý (ZnO), hydroxid vápenatý ($Ca(OH)_2$), borax a další. Druhou skupinou jsou organické samomazné polymery, jako je PTFE, PE, PA a další. Třetí skupinou jsou měkké kovy, např. Pb, Sn, Ag, Cu, Au. Jako další skupiny pak bereme chemické povrchové vrstvy na kovech, především různé fosfáty, skla určená pro mazání při velmi vysokých teplotách, některá mýdla a konečně povrchově aktivní sloučeniny.

Pevná maziva se používají v závislosti na jejich požadované funkci, přičemž nejčastější jsou čtyři způsoby:

- přísada do mazacích olejů a plastických maziv – zvyšuje jejich únosnost a snižuje tření v extrémních podmínkách;
- speciální mazací pasta – vzniká smícháním pevného maziva s olejem nebo plastickým mazivem – usnadňuje překonání kritických provozních bodů;
- mechanické, chemické nebo metalurgické nanášení pevných maziv na funkční plochy součástí;
- kluzné laky vytvářející na povrchu součásti tenkou homogenní vrstvu s vlastnostmi, které požaduje konkrétní aplikace.

Kluzné laky jsou disperze pevných maziv v roztocích anorganických nebo organických pojiv s ředidlem. Po nanesení na povrch materiálu a následném uschnutí nebo vytvrzení je vytvořen suchý, pevný mazací film odolávající opotřebení a modifikující také další tribologické vlastnosti třecího kontaktu. Jde o nejpokročilejší formu pevných maziv, protože umožňují optimálně přizpůsobit složení laku i technologii jeho nanášení všem funkčním požadavkům dané aplikace.

Přednosti kluzných laků

Moderní kluzné laky umožňují použití v oblastech, kde se jiná maziva nedají použít.

- Snižují tření a opotřebení ošetřených třecích kontaktů.
- Zajišťují konstantní tření s velmi malými odchylkami.
- Používají se za nejnáročnějších podmínek (extrémní teploty, vakuum, záření, prach).
- Rozsah teplotní odolnosti (teploty prostředí) sahá od -200 do +650 °C (i více) .
- Neznečišťují třecí kontakt ani jeho okolí.
- Umožňují celoživotnostní mazání.
- Jsou kompatibilní s oleji a plastickými mazivy, což optimalizuje záběh a nouzové mazání.
- Jsou vhodné pro všechny materiály – kovy, plasty, elastomery, keramika, dřevo.
- V případě potřeby je zajištěna velmi dobrá ochrana podkladu proti korozi.
- Mají dlouhou skladovatelnost bez vlivu na stárnutí.
- Tlumí hluk, zamezují jevu „stick-slip" a snižují vibrační opotřebení (tribokorozi).
- Nevyžadují žádnou údržbu.
- Zlepšují a usnadňují montáž strojních součástí.
- Tenká vrstva laku (5–30 µm) umožňuje vysokou vydatnost (kolem 15 m^2/kg).
- Kluzný lak lze přelakovat.
- Nedochází k vodíkové křehkosti.

Důsledkem uvedených předností jsou další příznivé okolnosti, které podporují rozšíření kluzných laků. Například, že součást opatřená funkčními plochami s kluzným lakem je čistá, dlouho skladovatelná a zaručuje konstantní třecí vlastnosti. Součást má také ideální předpoklady pro robotickou montáž včetně jejího upevnění definovanou silou.

Druhy kluzných laků

Kluzné laky obsahují mnoho složek, jejichž poměry musí být vyladěny tak, aby svým synergickým působením optimalizovaly vlastnosti kluzného laku pro zamýšlenou oblast použití. Obsahují obvykle tyto čtyři základní skupiny látek:

1. pevná maziva v daném poměru (nejčastěji MoS_2, grafit, PTFE),
2. pojiva (organická nebo anorganická),
3. ředidlo (uhlovodíkové rozpouštědlo nebo voda),
4. přísady (např. inhibitory koroze, smáčedla, pigmenty, UV-barviva).

Ale to vůbec neznamená, že pro určité případy použití nemohou být některé skupiny látek úplně vynechány. Typickým příkladem jsou speciální vysokomolekulární polymerní povlaky, které se používají jako montážní mazivo pro spojovací součásti. Obsahují „jen" směs polymerů rozptýlenou ve vodě, která se při správné aplikaci přetvoří v homogenní pevný polymerní film s přesně definovanými tribologickými vlastnostmi. Výsledný neviditelný kluzný lak dává součásti takové vlastnosti, které značně usnadňují ruční montáž a umožňují i automatickou nebo robotickou montáž.

Jiným případem je kluzný lak používaný na bocích pístů spalovacích motorů. Zde se jedná o celoživotnostní mazání důležité funkční plochy pístu. Boky pístů výrazně ovlivňují třecí ztráty v motoru. Kluzný lak s vysokým podílem černých pevných maziv se nanáší sítotiskem. Výsledný povlak je nejen plně funkční, ale i dekorativní.

Velmi důležitá je homogenita složení kluzného laku, protože to zaručuje také homogenitu jeho funkčních vlastností. V této souvislosti je příznivé, když použitá pevná maziva jsou co nejjemnější a jsou dokonale dispergována v pojivu. Použití pevných maziv ve formě speciálních nanočástic přináší díky jejich příznivým vlastnostem další zlepšení.

Nanášení

Z uvedených příkladů je zřejmé, že vedle správného složení je velmi důležitý také správný způsob nanášení laku, který se skládá z odmaštění a úpravy povrchu, nanesení laku, vytvrzení a následné kontroly. Velmi důležitá je příprava povrchu, na který má být kluzný lak nanášen. Ten rozhoduje o jeho přilnavosti povrchu a o životnosti kluzného laku. Bylo prokázáno, že nejvyšší přilnavosti je dosaženo, je-li povrch pískovaný a fosfátovaný.

Volba technologie nanášení kluzného laku musí vzít v úvahu řadu činitelů, především tvar součásti, její funkci, počet kusů a vlastnosti kluzného laku. Používají se velmi rozmanité metody počínaje jednoduchým ponorem nebo nátěrem a konče robotizovaným nástřikem. Funkčního stavu naneseného laku se dosáhne usušením nebo vytvrzením za zvýšené teploty. Aby bylo možné zkontrolovat kvalitu nánosu kluzného laku, bývá součástí jeho složení UV indikátor.

Oblasti použití

V současnosti je jich mnoho a za nejtypičtější lze jmenovat:

- ve vakuu a v kosmickém prostoru,
- v prostředí, kde působí ionizující záření,
- v prostředí se zvýšeným nebezpečím požáru,
- v chemicky agresivním prostředí,
- tam, kde nesmí dojít ke znečištění,
- v podmínkách nízké a velmi nízké rychlosti pohybu,
- v ekologicky citlivém prostředí,
- v prostředí s extrémně vysokými či naopak nízkými teplotami.

Z uvedeného přehledu se může zdát, že kluzné laky najdeme jen v extrémních aplikacích – vojenské, letecké a kosmické technice, ale velmi široké uplatnění mají kluzné laky i v oblastech tak přízemních, jako je automobilový, energetický nebo spotřební průmysl, protože i zde se stále častěji vyskytují provozní podmínky, které jsou pro jiné typy maziv nepřijatelné.

O tom, že kluzné laky jsou skutečně špičkovým technickým výrobkem, svědčí i malý počet jejich výrobců. Na západní polokouli je jich méně než deset, přičemž polovina z nich pochází z Německa. ■

Petr Dobeš

HYDRAULICKÉ OLEJE NA ROPNÉ BÁZI S VELMI VYSOKÝM VISKOZITNÍM INDEXEM

Hydraulický systém mobilní techniky pracující za náročných provozních podmínek

Hydraulické kapaliny používané v hydrostatických a hydrodynamických mechanismech představují z hlediska aplikací jeden z nejvýznamnějších segmentů průmyslových maziv. Jde o kapaliny používané zejména pro přenos sil v hydraulických systémech, často však jde rovněž o oleje aplikované při mazání nezatížených ozubených převodů a ložisek, v praxi často známé pod pojmem oběhové oleje.

Je zřejmé, že u těchto kapalin se vyžaduje vysoký viskozitní index, minimální stlačitelnost, dobrá odlučivost vzduchu a nízká pěnivost, spolehlivá mazací schopnost a snášenlivost se všemi konstrukčními materiály včetně materiálů těsnících, používaných v hydraulických systémech, ložiskových uzlech apod.

Hydraulické oleje na ropné bázi typu ZS

Konvenční hydraulické oleje typu ZS standardu ISO 6743/4 HM, DIN 51524/2 HLP představují řadu vysoce výkonných protioděrových hydraulických kapalin dostupných ve viskozitních rozsazích ISO VG 10 až 150. Vyvážená formulace těchto olejů je navržena pro všechny typy systémů provozovaných za velmi obtížných podmínek, např. u hydraulických válců obráběcích strojů, vstřikovacích lisů a jiných průmyslových nebo mobilních zařízení (viz obr.). Tyto kapaliny lze použít i v mnoha jiných aplikacích, kde se volí použití univerzálního vysoce výkonného protioděrového oleje: nezatížené převody, kluzná a valivá ložiska, vzduchové kompresory, servomotory a řídicí systémy vybavené jemnou filtrací. Vyhovují obvykle požadovaným specifikacím výrobců zařízení Vickers, Cincinnati Milacron, Denison, Battenfeld, Rexroth Bosch, Bihler a další.

Hydraulické oleje typu ZS se vyznačují silnou ochranou proti opotřebení zajišťující maximální životnost zařízení, vynikají termickou stabilitou, zabraňují tvorbě úsad a kalů i při vysokých teplotách. Tyto oleje mají rovněž dobrou deemulgační schopnost umožňující oddělení vody v případě výskytu vody v okruhu a vyznačují se výbornou antikorozní ochranou. Řada těchto olejů pod označením AF („Ash Free") se rovněž vyrábí s formulací oleje bez obsahu popela.

Hydraulické protioděrové oleje na ropné bázi typu ZS s vysokým viskozitním indexem

Řada hydraulických olejů pod označením ZS ve viskozitních rozsazích ISO VG 15 až 100 představuje hydraulické kapaliny doporučené pro všechny typy hydraulických systémů provozovaných při vysokých tlacích (dle doporučení výrobců čerpadel) a vysokých teplotách (až 80 °C v tepelně namáhaných uzlech). Tyto oleje zajišťují snadný start i při nízkých teplotách (-30 °C) a spolehlivý provoz během celého ročního období u stavebních a zemědělských mechanismů, v námořnictví, dopravě a jiných průmyslových aplikacích. Hydraulické oleje EQUIVIS ZS splňující nároky výše zmíněných výrobců zařízení se vyznačují výbornou protipěnivostní a odvzdušňovací schopností užitím komponentů neobsahujících křemík. Oleje splňují standardy vysokotlakých hydraulických kapalin ISO 6743/4 HV a DIN 51524 HVLP.

Označení typu D specifikace DIN 51524 HVLP-D představuje speciální formulaci hydraulické kapaliny s detergentní aditivací, jež zajišťuje vysokou provozní spolehlivost i v případě nepříznivých provozních podmínek, zejména při zvýšeném množství vody a mechanických nečistot (hydraulické výtahy, tvářecí lisy, mobilní technika...).

Hydraulické oleje na ropné bázi typu HE s velmi vysokým viskozitním indexem a vysokou smykovou stabilitou

Řada hydraulických olejů pod označením HE představuje hydraulické kapaliny s velmi vysokou účinností ve viskozitních rozsazích ISO VG 32, 46 a 68. Formulace těchto olejů je na základě vybraných ropných základových olejů s moderní aditivací, jež překonává výkonový standard ISO 6743/4 HV a DIN 51524 HVLP. Tyto hydraulické kapaliny vynikají velmi vysokým viskozitním indexem hodnoty 185 a jsou vyvinuty za účelem optimalizace výkonu a spolehlivosti hydraulických systémů ve srovnání s konvenčními HM (viskozitní index 100) a HV (viskozitní index 155) oleji.

Viskozitní a smyková stabilita odpovídající velmi vysokému viskozitnímu indexu umožňují vytvoření velmi pevného a silného mazacího filmu, což umožňuje zvýšenou protioděrovou ochranu a účinnost zařízení během celého servisního intervalu kapaliny. Zesílené protipěnivostní vlastnosti a účinná odlučivost vzduchu těchto HE kapalin minimalizují obsah vzduchu v kapalině a zamezují vzniku kavitačních problémů. Zesílená tepelná a hydrolytická stabilita pak podporují optimální ochranu součástí (včetně velmi účinné antikorozní ochrany) hydraulického systému v kritických provozních podmínkách a zabraňují tvorbě úsad v olejovém okruhu. Velmi vysoká oxidační stabilita HE kapalin prodlužuje servisní interval výměny oleje, čímž se dosahuje nižších nákladů na údržbu. Přehled základních technických parametrů je uveden v tabulce. ■

Ing. Pavel Růžička, Ph.D., TOTAL ČR

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

Technické parametry hydraulických olejů s velmi vysokým viskozitním indexem

TRIBOTECHNICKÁ DIAGNOSTIKA VELKÝCH TOČIVÝCH STROJŮ

Provoz velkých točivých strojů předpokládá dokonalé zajištění mazání. Pod pojmem velké točivé stroje si můžeme představit turbogenerátory, turbokompresory nebo plynové turbíny. Olej zde má velké množství povinností a olejové náplně se pohybují v objemech od 1000 až po 70 000 litrů. V ojedinělých případech může velikost olejové náplně přesahovat i 100 000 litrů.

Olej musí v těchto zařízeních dokonale zajistit mazání ložisek i převodovky. Slouží jako hydraulická a regulační kapalina, chrání zařízení před korozí, snižuje hlučnost a v neposlední řadě funguje jako nositel informací. Přenosem informací můžeme rozumět to, že provozovaný olej nám dá informaci nejen o jakosti a stavu samotného oleje, ale i o technickém stavu strojního zařízení.

Jako mazivo se převážně používají ropné oleje, které jsou upravovány jak selektivní rafinací, tak vysokotlakou hydrogenací. Moderní trendy se snaží prosazovat i oleje syntetické. Využívání těchto maziv u velkých točivých strojů je ale stále spíše menšinovou záležitostí. Oleje pro velké točivé stroje se upravují přísadami, a to převážně jen antioxidanty, přísadami proti korozi a pěnivosti.

Před použitím nového oleje je u takto velkých a nákladných zařízení nutná laboratorní kontrola. Ta musí být provedena s absolutní přesností, protože se předpokládá, že olejová náplň pracuje v těchto systémech až 20 let bez výměny. V průběhu provozu se ročně doplňuje zhruba 3–7 % nového oleje. Olej by měl mít vždy stejné složení – stejnou aditivaci a pokud možno i stejný typ základového oleje. Pokud v průběhu provozu dojde ke změně dodavatele oleje, je potřeba provést ověření všech vlastností oleje a prověřit vzájemnou mísitelnost za různých teplot a koncentrací.

Změny vlastností oleje

Změny základních vlastností olejů jsou způsobeny oxidačními a termooxidačními reakcemi. Oxidaci oleje podporuje vzdušný kyslík, vyšší teplota, voda, kovové částice a prach. Méně stabilní molekuly oxidují a tvoří se kyselé produkty, které další reakci poskytují komplexní sloučeniny, kaly, pryskyřice a další polymery.

Provozní kontrola maziv

Na základě podrobného rozboru oleje získáme informace o skutečném stavu maziva. Na základě dlouhodobého sledování provozu velkých soustrojí bylo vypracováno doporučení pro kontrolu a určení potřebných jakostních parametrů pro zajištění bezproblémového dlouhodobého provozu.

Největší problémy

Při dlouhodobém sledování se můžeme nejčastěji setkat s následujícími problémy:

Čistota oleje

Je nutné provádět pravidelné kontroly a v případě výskytu nečistot zajistit jejich dokonalé odstranění. Při vyšším obsahu nečistot dochází k poruchám ložisek, převodovek a také v hydraulických systémech. Negativní vliv se projevuje v regulaci soustrojí.

Číslo kyselosti

Ukazuje na chemické změny v oleji. Tvoří se různé organické a anorganické kyselé produkty. Při zvýšeném číslu kyselosti vznikají pryskyřičnaté polární látky. Ty zalepují ložiska, hydraulické prvky a regulace. To se stává i při poklesu přísad.

Obsah vody

Voda se do oleje dostává dýcháním olejového systému nebo převážně poruchou chladicího okruhu.

Základní parametry a termíny sledování		
Vzhled	Denně	vizuální kontrola
Barva	Denně	vizuální kontrola
Číslo kyselosti	Každé 3 měsíce	maximální nárůst 0,2 – 0,4 mg KOH/g
Kinematická viskozita	Každé 3 měsíce	cca 10 – 15%
Bod vzplanutí	Každé 3 měsíce	minimálně 180°C
Obsah vody	Každé 3 měsíce	maximálně 500 mg/kg
Deemulgační číslo	Každé 3 měsíce	maximálně 600 s
Celkové nečistoty	Každé 3 měsíce	maximálně 0,1 % hmotnostní
Deemulgační charakteristika	Každé 3 měsíce	nejlépe 40 / 38 / 2 cm³
Obsah přísad	Každé 3 měsíce	minimálně 25%
Mechanické nečistoty	Každé 3 měsíce	maximálně 18/17/14
Koroze	Každé 3 měsíce	nesmí být přítomna
Měkké kaly - ΔE	Každé 3 měsíce	maximálně 20 ΔE

Tyto hodnoty a termíny kontrol jsou určeny pro stroje po záběhu s bezproblémovým provozem. V případě vzniklých problémů na zařízení, je nutné provádět rozbory častěji.

Všeobecně je známo, že voda má negativní vliv na olej, způsobuje korozi a ovlivňuje přítomné přísady. Nejjednodušším způsobem, jak se přítomné vody zbavit, je její odstranění pomocí odpaření za provozu, při větším množství je nutné vodu odstředit a volnou vodu odpustit z nádrže.

Deemulgace

Zde často dochází k narušení povrchových vlastností oleje. Tím se začíná voda špatně odlučovat z oleje. To je způsobeno především stárnutím oleje. Daleko větší vliv má však pronikání povrchových aktivních látek (saponátů). Takto znehodnocený olej nelze dále používat a musí se vyměnit.

Změna viskozity

Ke změně viskozity dochází převážně tím, že je do oleje přidán jiný druh oleje. V kompresoru pro dopravu uhlovodíkových plynů se mění viskozita při poškození ucpávek. Pronikání CH plynů sníží viskozitu a bod vzplanutí. Sníží se únosnost mazacího filmu a při nižším bodu vzplanutí hrozí nebezpečí požáru a výbuchu.

Pokles přísad

K poklesu přísad dochází v průběhu provozu. Tento jev se dá řešit pomocí doaditivování. Zde je však nutné znát celkový stav oleje a objektivně rozhodnout, co je opravdu vhodné pro další provoz. Z pravidla se provádí při výrazném poklesu aditiv celková výměna oleje.

Pěnivost

Tento jev vzniká při stárnutí maziva a při ztrátě protipěnících přísad. Hlavní příčinou pěnění ale bývá netěsnost olejového systému a pronikání vzduchu do oleje. Při uvolnění provozního tlaku dochází posléze k pěnění oleje. Zde je potom nutná prohlídka celého olejového okruhu a odstranění závad. Pokud zmiňované problémy vyřešíme, je možné přidat nové protipěnící přísady.

Měkké kaly

Jsou jemné rozpustné nečistoty, které jsou polární a postupně se usazují tam, kde to pro zajištění bezporuchového provozu potřebujeme nejméně. V současnosti nám měkké kaly způsobují řadu problémů u turbinových a hydraulických kapalin. Proč tato situace nastává právě v současné době? Značně se prodlužují výměny olejů, mění se základové oleje a v neposlední řadě na mazivo působí

vyšší tlaky a teploty. Co se tedy v provozu s oleji děje? Oxidace je základní příčina tohoto problému. Vytvářejí se kyseliny, alkoholy, estery, různé polymery, laky pryskyřice apod. Produkty oxidace tvoří stavební kameny ke vzniku pozdějších poruch. Dochází k polymeraci tj. spojování a tím se vytváří delší řetězce molekul. Tyto látky mají nižší rozpustnost v oleji a jsou silně polární (jsou v oleji stále přítomné a jejich rozpustnost je založena na charakteru základového oleje a teplotě). Při vzniku dalších produktů oxidace se množství a velikost těchto polymerů blíží k bodu nasycení a může nastat bod vysrážení. K vysrážení dochází při překročení prahu rozpustnosti. To se uspíší při poklesu teploty oleje. Dále dochází ke shlukování nerozpustných měkkých částic o velikosti 0,08 až 1 µm. Tyto shluky měkkých částic jsou polární a postupně se z oleje uvolňují. Vypadávání těchto polárních polymerů vytváří shluky na kovových površích. Polární částice se usazují předně na chladnějších místech a také tam, kde je nižší proudění oleje. Vytvořená vrstva nám brání v plynulém pohybu hydraulických a regulačních systémů. Polymery se usazují v převodovkách, nádržích a ložiscích. Olej je při klasickém hodnocení čistoty v pořádku – zde hodnotíme velikost nečistot větší než 4, 6 a 14 µm v 1 ml kapaliny. Toto hodnocení nás na velmi malé a jemné tekuté kaly neupozorní. Na základě vzniklého problému byla vytvořena nová ASTM norma. V prosinci roku 2012 byla vydána norma ASTM D 7843-12„Stanovení mazivem vytvořených nerozpustných barevných látek provozovaných v turbinových olejích pomocí kolorimetrického měření membrány". Tato zkušební metoda extrahuje nerozpustné nečistoty ze vzorku pozorovaného oleje na membránu 0,45 µm. Barva membrány je analyzována spektrofotometrem. Výsledek je uveden jako hodnota ΔE.

Výměna olejů

V průběhu dlouhodobého provozu dochází ke ztrátě základních vlastností oleje. Nejjednodušší je celková výměna oleje, často se ale kvůli úspoře nákladů doporučuje jen částečná výměna. Do olejové náplně se přidá cca 1/3 obsahu nového oleje. Hlavní význam je v tom, že se po určitou dobu dá prodloužit provoz bez výměny a odstávky. Při výměně celé olejové náplně a před naplněním nového oleje, je nutný proplach celého systému. Je potřeba být opatrný na jemné tekuté kaly, které se v průběhu provozu usazují na funkční uzly zařízení.

Závěrem

Velmi drahé velké točivé stroje vyžadují mimořádnou péči o olej. Odstavení těchto strojů znamená pro provozovatele velké ekonomické ztráty. Je tedy nutné provádět pravidelné kontroly maziv. Výsledky tribotechnické diagnostiky nás upozorní jako první, že se strojem není něco v pořádku. Odstranění závad je při včasném jednání jednodušší a nemusí dojít k celkovému odstavení soustrojí. Dodržení všech základních zásad znamená prodloužení životnosti olejů i funkčních uzlů, které jsou mazány. Je všeobecně známé, že olejové náplně vydrží při správné kontrole a péči v provozu 15–20 let. ■

Vladislav Marek, Ondřej Švec, DiS.

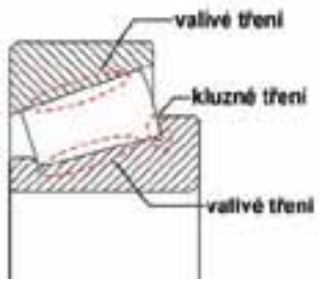
PŘEDEJÍT PROBLÉMŮM MŮŽE VČASNÉ POSOUZENÍ APLIKACE MAZIVA

Často podceňovaným faktorem pro spolehlivý provoz valivých ložisek je jejich mazání, které má oddělit kovové povrchy jednotlivých konstrukčních částí ložiska filmem maziva a tím zabránit jejich opotřebení. Současně s tím je snižováno tření i ztracený výkon, což přispívá k nižší spotřebě energie celé aplikace.

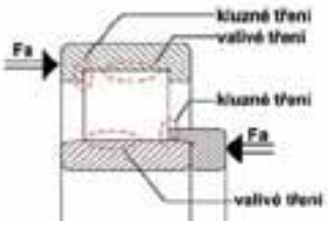
Mazání je tedy důležitou součástí ložiskového systému a musí se mu věnovat patřičná péče. Téměř 43 % všech předčasných poruch valivých ložisek je způsobeno problémy s mazáním. Příčinou jsou chyby vzniklé již při montáži valivého ložiska nebo taková opomenutí v průběhu běžného provozu, jakými jsou nedodržované termíny dalšího promazávání. Kromě toho existují ale i škody, jejichž příčinu lze vysledovat až do fáze dimenzování uložení, resp. mazání, neboť podle typu ložiska existují i různé nároky na mazání. Dalšími kritérii pro výběr vhodného mazání je zatížení ložiskového uložení, provozní teplota, teplota okolí, počet otáček ložiskového uložení, možná znečištění a konečně také náklady na mazivo a celý mazací systém.

Již nepatrnými přizpůsobeními v mazání se dá podstatně zlepšit provozní bezpečnost a životnost ložiskového uložení. S tím souvisí také snížení nákladů, resp. případných následných nákladů v případě předčasného selhání ložiska. V zásadě platí: Čím dříve je zohledněno téma mazání, tím snáze a nákladově výhodněji je možné zabránit potenciálním problémům, resp. tyto problémy obejít. ■ Daniel Stöckl, NKE

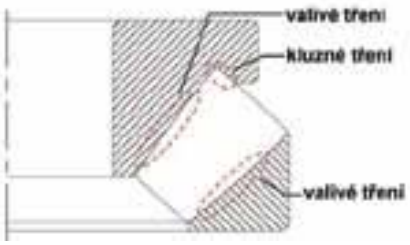
Kuželíkové ložisko



Válcové ložisko s úhlovým kroužkem (při axiálním zatížení Fa)



Axiální kyvadlové válcové ložisko



Tření v místě kontaktu a u hran vedení