maziva – oleje – technologické kapaliny

TRIBOTECHNICKÉ INFORMACE

1/2016

TECH MAGAZÍN
TECHNIKA VČERA, DNES A ZÍTRA

ČSS

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

OBSAH

- **Editorial** 2
- **Česko-slovenské tribotechnické dny na Moravě** 3
- **Čistota oleje: výsledek nebo prostředek?** 4–5
  KLEENTEK
- **Nanomaziva a možnosti jejich praktické aplikace** 6–7
  Olga Křížová
- **Otěruvzdorné povrchové vrstvy a povlaky** 7–9
  Jan Suchánek, Zuzana Tatíčková
- **Následky změny pravidel klasifikace nebezpečnosti chemických látek a směsí – maziv** 10–11
  Pavel Němec
- **TCO – nástroj ekonomické efektivity výroby** 12–13
  Josef Březovják

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

Chvála tribotechniky

Tribotechnika je důležitá, o tom samozřejmě není třeba přesvědčovat členy tribotechnické sekce, ale tušili jste jak až je důležitá? Já osobně také ne, až donedávna, kdy jsem při pátrání po tribotechnických novinkách a zajímavostech ze světa tribologie narazil na text s vyjádřením prezidenta Světové tribologické rady profesora H. P. Josta v Kjótu v roce 2009, kdy konstatuje, že tření je životně důležité pro samotnou naši existenci, protože bez něj by byl život na Zemi v podstatě nemožný: Lidé by nebyli schopni chodit, ale to samé platí v podstatě o celé plejádě dalších živočichů obývajících naši planetu od dob, kdy je evoluce stvořila na samém počátku jejich druhové existence. Ani naše dopravní prostředky jako automobily, vlaky či letadla by nemohly fungovat. Což je pravda, ale přestože jde vlastně při správné analytické úvaze o obecně známý fakt, většina lidí se nad ním ani nezamýšlí, resp. přijímá jako danou skutečnost, že svět prostě funguje jak funguje, aniž by si uvědomovali, že základem jeho existence – tak jak jej známe – je vlastně fakt, že existuje tření. Vtip je v tom, jak zdůrazňuje i profesor Jost, že tření musí být kontrolované a řízené. A tady už začíná skutečná věda neboli snaha o analýzu a poznání, jak to vše vlastně funguje, vzájemně souvisí apod. Třeba i právě proto, aby bylo možné tyto poznatky využít pro další výzkum zaměřený na další praktické aplikace. Proto právě tribotechnické poznatky získané na základě dlouhodobých sérií nejrůznějších testů, zkušeností a poznatků z praktického provozu hrají významnou úlohu při návrhu a konstrukci nejrůznějších strojů a zařízení, ale i jejich údržby, která dnes nepředstavuje jen stroj jednou za čas promazat nebo provést potřebný servisní zásah, ale stále častěji a výrazněji směřuje do oblasti označované jako tzv. prediktivní údržba a diagnostika. A k ní jsou využívány i důležité tribotechnické informace, jako je např. stav oleje a různých dalších provozních kapalin, jejichž důslednou analýzou je možné získat informace o skutečném stavu stroje a v případě potřeby tak včas a v předstihu provést patřičná opatření dříve, než by ponechání dosavadního stavu bez odpovídající reakce vedlo k nějaké fatální poruše.
I o tom se jednalo na nedávné 12. česko-slovenské konferenci na Moravě, která patří k dlouholetým tradičním aktivitám Tribotechnické sekce ČSS, aby pomáhala přinést nejnovější poznatky z oboru. A třeba i o oboru samotném – podobně jako mi až donedávna zůstával utajen světodějný význam tribotechniky, jsem např. stejně tak dosud netušil, že čeští a slovenští tribotechnici mají oproti svým kolegům z jiných zemí navíc další pozoruhodný unikát – svou hymnu. Živoucí důkaz toho, že svůj obor nejen berou vážně, ale že ho skutečně milují. A staví se k němu se zdravým rozumným pojetím a úsudkem, který jim dovoluje neučinit z něj mramorový fetiš obestřený aureolou vlastní důležitosti, ale zdravě se vyvíjející obor, který směřuje stále kupředu, v němž je stále co zkoumat (a aplikovat), a snaží se tyto poznatky šířit do světa i k užitku ostatním. Tedy v tomto případě především k průmyslové sféře, která by měla mít prioritní zájem, aby fungovala co nejlépe. A ty, kteří jsou vůči snaze o poznání toho nejnovějšího, co vývoj přináší a modernizaci imunní, obvykle časem díky dnešnímu nekompromisně konkurenčnímu prostředí přesvědčí příslovečná neviditelná ruka trhu. Darwinismus a evoluční teorie v ryzí praktické podobě: slabší (ale jak ukazuje historie nezřídka i ti silní, leč rigidní, těžkopádnější a nepřizpůsobivý) časem opouštějí scénu, v evolučním soupeření mají navrch ti, kteří jsou schopni se nejrychleji adaptovat na nové, změněné podmínky a mají tak oproti těm ostatním trumf označovaný pojmem konkurenční výhoda. A tou je mj. v průmyslové branži i poznání a využití informací z tribotechniky a tribologie.

Kvalitní počtení a hezké léto

PhDr. Josef Vališka, šéfredaktor

Plán odborných akcí tribotechniky na 2. pol. 2016

1. Časopis: Tribotechnické informace č. 2/2016 příloha TechMagazínu
Termín vydání: 26. září 2016
odborný garant: OS Tribotechnika ČSS , Ing. Milan Šimánek (strojspol@csvts.cz), Ing.Petr Kříž (petr.kriz@chematribos.cz)
organizační garant: redakce Tech Media Publishing, Petr Kostolník (petr.kostolnik@techmagazin.cz)

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

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

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

ČESKO-SLOVENSKÉ TRIBOTECHNICKÉ DNY NA MORAVĚ

Od 13.–15. dubna byl hotel SKI v Novém Městě na Moravě dějištěm 12. Mezinárodní česko-slovenské konference „Mazání v moderním průmyslovém podniku“, kterou uspořádala odborná sekce Tribotechniky České strojnické společnosti ve spolupráci se Slovenskou společností pro tribologii a tribotechniky ZSVTS a odbornou skupinou Tribodiagnostika ATD ČR. Tato akce s dnes již mnohaletou tradicí slouží pro představení inovací v dnes velmi progresivně se rozvíjejících oborech tribotechniky a tribologie a jejich možností zapojení do praxe.

Na konferenci, na níž se sešli pracovníci z firem z řad průmyslových společností, akademické sféry i dalších organizací, bylo s tímto cílem prezentováno v průběhu pěti odborných bloků celkem 25 odborných příspěvků, které doplnilo 7 firemních prezentací. Konference se zúčastnili také předseda České strojnické společnosti /ČSS/ Ing. Přemysl Malý, CSc., předseda Slovenské společnosti pro tribologii a tribotechniku /SSTT/ Ing. Jozef Stopka, CSc., předseda odborné skupiny Tribodiagnostika při Asociaci technických diagnostiků /ATD/ ČR pan Vladislav Marek a prezident České tribologické společnosti prof. Ing. Jan Suchánek, CSc.

Po úvodním bloku, kde mj. slovenští kolegové připomenuli historii a vývoj tribotechnické tématiky v dnes již samostatné Slovenské republice, pokračovala konference přednáškami a prezentacemi v jednotlivých sekcích, které byly zaměřeny na specializovaná témata: Teorie tření a mazání, Moderní průmyslová maziva – Procesní (technologické) kapaliny, Ošetřování maziv a mazací systémy, Tribodiagnostika maziv a strojů a Legislativa a ekologické řízení podniku. Účastníci konference tak měli unikátní příležitost seznámit se s novinkami a trendy v oboru v opravdu komplexním pojetí a z různých hledisek od přehledu produktových novinek a technických aspektů přes systémový pohled na řešení efektivního mazání strojů a zařízení, včetně kategorizace průmyslových maziv a vlastností a funkcí jejich různých typů, až po právní rámec a z pohledu předpisů vztahujících se k této tématice.

S řadou produktových novinek i nabídkou služeb některých firem měli účastníci konference možnost seznámit se kromě přednáškové sekce podrobněji i na výstavě, která se konala v rámci tohoto setkání tribotechnických odborníků, a doplnila přednášené okruhy o praktické aplikace. Na dotazy účastníků odpovídali a konzultace poskytovali specialisté firem Kleentek, Špondr CMS, ALS Czech Republic, Castrol Lubricants (CR), D-Ex Limited či Nicolet CZ. Kromě výhod centrálních mazacích systémů byla zdůrazněna zejména nutnost kvalitní a systematické péče o průmyslová maziva, jež může zabránit často drastickým ztrátám v důsledku poruch a vynucených neplánovaných odstávek, ale je bohužel zatím ze strany průmyslových uživatelů často podceňována. Moderní průmyslová maziva dnes sice obsahují řadu specializovaných aditiv s cílenými účinky, ale jejich používání má – i vzhledem k úsilí výrobců o maximální prodlužování životnosti maziv v kontrastu se stále se zmenšujícími objemy náplní – svá pravidla a zásady, jejichž respektování je základem správné funkce těchto produktů. K tomu právě mohou významně přispět konzultace se specialisty na tyto obory, k níž nabízejí příležitost odborné akce jako např. zmíněná konference. ■

/red/

12. MEZINÁRODNÍ ČESKO-SLOVENSKÁ KONFERENCE „MAZÁNÍ V MODERNÍM PRŮMYSLOVÉM PODNIKU“

Konferenci zahájil a řídil v souladu s programem předseda sekce Tribotechniky Ing. Pavel Špondr ve spolupráci garantů jednotlivých bloků. Všechny plánované příspěvky byly prezentovány svými autory, případně spoluautory.

Celkem se konference zúčastnilo 55 osob (včetně zástupců časopisu TechMagazín – mediálního partnera). Z toho 9 bylo ze Slovenska a to včetně Ing. Jozefa Stopky, předsedy Slovenské společnosti pro tribologii a tribotechniku při ZSVTS.

Konference byla účastníky hodnocena velmi pozitivně jak po odborné obsahové stránce, tak i po stránce doprovodných programů a místa konání. Celkem 28 zúčastněných firem ať již formou prezentace, přednášek, či posluchačů, naplnilo předpoklad bohatých odborných diskuzí a výměnu zkušeností špičkových odborníků oboru tribotechniky a tribologie nejen v průběhu přednášek, ale i v době volnočasových aktivit, zejména pak v průběhu večerních rautů.

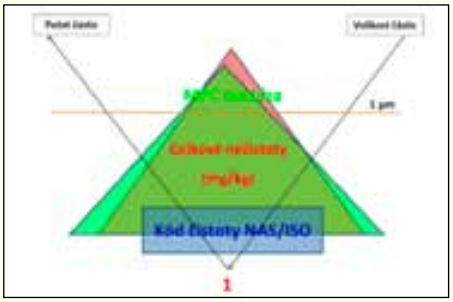
Poděkování za zdárný průběh konference patří všem zúčastněným, garantům jednotlivých bloků a zvláště pak těm firmám, které se prezentovaly výstavkami: ALS Czech Republic, Castrol Lubricants (CR), D-Ex Limited, KLEENTEK, Nicolet CZ a ŠPONDR CMS.

Příkladně se zachoval Ing. Josef Brezovják z Castrol Lubricants (CR), neboť se rozhodl odměnu za příspěvek 1000 Kč darovat na charitu. Výzvu s tímto účelem přednesl Ing. Špondr, který se přidal k Ing. Brezovjákovi a věnoval 1600 Kč.

Uznání za mediální podporu pak patří odbornému časopisu TechMagazín, jehož přispění nemálo napomohlo k propagaci této akce. ■

Ing. Milan Šimánek

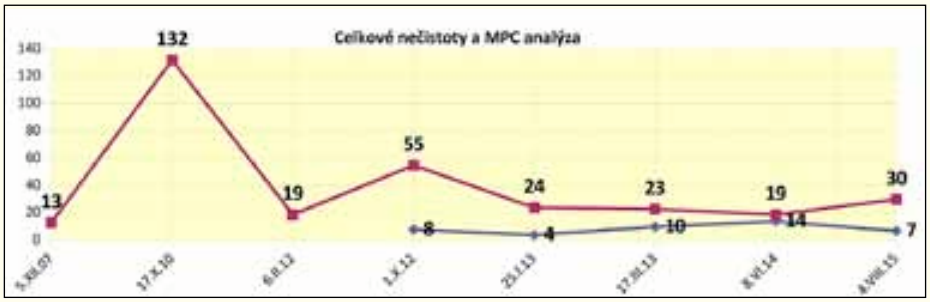
ČISTOTA OLEJE: VÝSLEDEK NEBO PROSTŘEDEK?



Obr. 1 Souvislost analýz nečistot v oleji

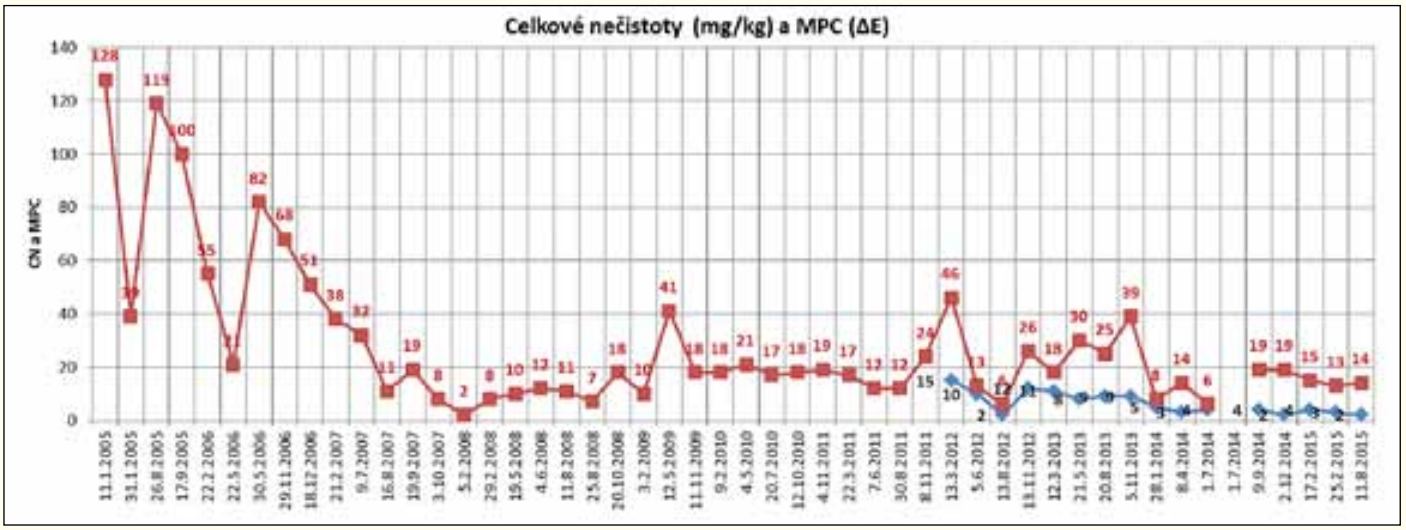
Olej můžeme chápat nejen jako chemickou látku, ale také jako nedílnou součást stroje. Podléhá „opotřebení", reaguje na zatížení a vyžaduje péči. Jsme-li schopni sbírat a správně interpretovat informace o jeho stavu a nečistotách, dávat je do souvislostí s chováním stroje, přesouváme údržbu do oblasti údržby prediktivní. Umíme-li o něj navíc i správně pečovat provádíme údržbu proaktivní.

Základním stavebním kamenem při sběru informací jsou rozbory oleje. Zde vyvstává několik důležitých otázek. První z nich je: **Kde je provádět?** Vždy u nezávislé certifikované laboratoře, která je schopná poskytnout širokou nabídku analýz, kde se používají správné a jednotné metodiky, kde se používá cejchovaná a pravidelně kontrolovaná laboratorní technika. Taková laboratoř většinou umožní zákazníkovi osobně si prohlédnout její prostory a výbavu. A platí ještě jedno pravidlo, pokud si už laboratoř zvolíme, je dobré ji příliš často neměnit. Vyplatí se to. Máme pak možnost dlouhodobého srovnávání výsledků. Další neméně důležitou otázkou je: **Jak často a jaké analýzy provádět?** I když se někdy zdá být odpověď složitá, je relativně jednoduchá. Nikdo totiž nezná stroje tak dobře, jako jejich uživatel. Zná konstrukci agregátu, prostředí, ve kterém pracuje a důležitost pro hospodářský výsledek firmy. Zcela jistě se četnost rozborů a jejich rozsah bude lišit u provozně nenahraditelných strojů než u strojů „zbytných". Přesto lze obecně doporučit provádět nejméně čtyři rozbory ročně. Příklad sběru informací u hydraulického vstřikovacího lisu je uveden v ***tabulce 1***. Z ní je patrné, že se jednou ročně provádí kontrola celkového stavu hydraulického oleje. Což je především kontrola kinematické viskozity, čísla kyselosti a obsahu aditiv, v tomto případě zinku a získané informace nám odpovídají na otázku, zda je olej nadále použitelný. Na druhé straně stojí kontrola nečistot, což jsou informace, které se více týkají stavu stroje. Dříve se všeobecně předpokládalo, že



Číslo rozboru	Datum	Viskozita při 40°C, mm²/s	Obsah vody	Č.kyselosti mg KOH/g	NAS 1638	ISO 4406	MPC analýza	Nečistoty mg/kg	Obsah zinku mg/kg
		63,61	neg.	0,37			4	22	281
081569	12/5/2007	64,44	neg.	0,30				13	282
105323	10/17/2010	63,46	neg.	0,27				132	297
121968	2/6/2012				6	16/14/10		19	
127071	10/1/2012	69,7	neg.	0,34			8	55	283
1301218	1/25/2013						4	24	
1303417	3/17/2013	67,92	neg.	0,31			10	23	250
1407260	6/8/2014	66,30	neg.	0,33			14	19	266
1509394	8/4/2015	64,53	neg.	0,31			7	30	277

Tab. 1: Rozbory olejů a trend nečistot



Graf 1: Pokles a stabilizace nečistot

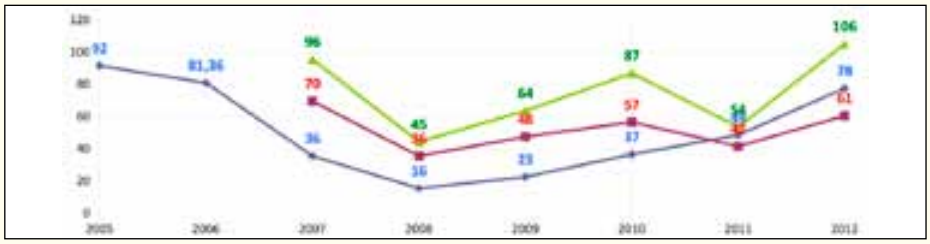
hodnocení znečištění stačí provádět pouze kód čistoty čítačem částic a tím se zaměřit hlavně na nečistoty definovatelné geometricky, velikostí a tvarem. Málo se přihlíželo k tomu, že olej je výrazně zatížen i menšími částicemi. Proto je nutné doplnit rozbory i gravimetrickým a kolorimetrickým hodnocením. Jinými slovy měřit hmotnost a objem celkových nečistot. Vypovídající schopnost jednotlivých druhů analýz nečistot je naznačena na ***obr. 1***.

Systém péče o oleje

Sběr informací sám o sobě ale nestačí. Pokud se nechceme pasovat pouze do role pasivního diváka, měli bychom o oleje i správně pečovat. Správně nastavená péče se projeví snížením znečištění. Nestačí ale zaznamenat pouze jednorázový pokles, např. před a po filtraci. Pokles musí být trvalý a zobrazitelný minimálně gravimetricky i kolorimetricky.Výsledky elektrostatického čištění oleje, zaznamenané v dlouhodobém trendu jsou vidět ***v grafu 1***. Ale ani to není dostačující. Cílem péče není dosažení „čistého" oleje, ale dosažení pozitivní změny v „chování" stroje. Odstranění jeho poruchovosti, snížení spotřeby energií a opotřebení, zrychlení cyklování a třeba i snížení zmetkovitosti. Systém péče by tedy měl mít i vyčíslitelný ekonomický přínos. Proto je nutné hledat souvislosti mezi stavem oleje a chováním stroje.

Hodnocení péče o oleje

Všeobecně je známo, že nečistoty zapříčiňují až 90 % poruch regulačních a řídicích prvků hydrauliky. Kolik



Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Průměr nečistot	92	81,36	36	16	23	37	49	78
Počet poruch			70	36	48	57	42	61
Prostoje (hod)			96	45	64	87	54	106
Náklady na prostoje (Kč/rok)			1 776 000	832 500	1 184 000	1 609 500	999 000	1 961 000

Tab. 2: Hodnocení přínosů

to je ale konkrétně v reálných provozních podmínkách a hlavně jak reagují jednotlivé stroje? Klíčem k odpovědi je opět sběr potřebných dat. Ideálním způsobem je využití již existující databáze poruchovosti strojů. Pracovníci údržby přiřadí poruše nebo servisnímu zásahu kód a také uvedou stručný popis. Ten se přenese do trendového hodnocení nečistot. Tím získáme nástroj proaktivní údržby. Poznáme skutečnou, a ne pouze obecně doporučenou „bezpečnou" úroveň znečištění oleje. Pokud se celkové nečistoty drží pod 20 mg/kg a ΔE pod 10, lis pracuje s minimální poruchovostí. Ekonomické přínosy jsou nejlépe hodnotiltelné v ročních průměrech, např. jako viz výše ***u tabulky 2.***

Závěr

Průmyslový olej v uzavřeném systému podléhá neustálým změnám. Nemůžeme je zcela zastavit, ale můžeme se naučit je sledovat a ovlivňovat jejich negativní důsledky. Pro správnou interpretaci výsledků je důležité provádět rozbory pravidelně a navázat je na systém zavedené péče. Péče o olej musí být systémová a systematická a musí být schopna pracovat s nečistotami bez rozlišení jejich velikosti. Cílem není dosažení maximální čistoty, ale prokazatelný ekonomický přínos. **Čistota oleje není výsledkem, ale stává se prostředkem.** ■

Ing. Milan Soukup, KLEENTEK

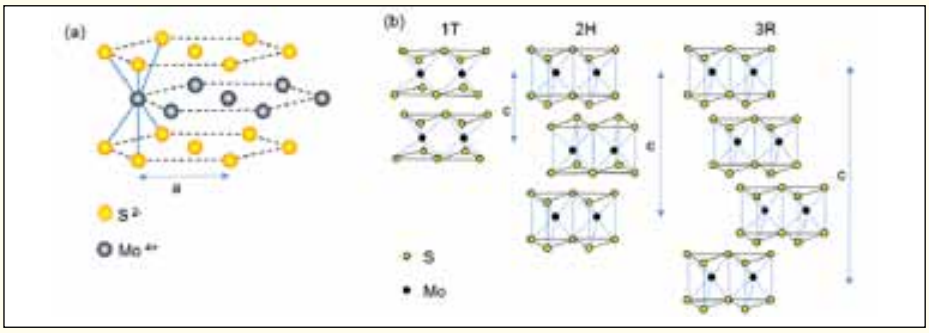
NANOMAZIVA A MOŽNOSTI JEJICH PRAKTICKÉ APLIKACE

Díky rychlému rozvoji nových technologií výroby a způsobů použití nanomateriálů, nacházejí nanočástice významné možnosti uplatnění v oblasti mazání. Nanomaziva dnes můžeme nalézt v nejrůznějších sférách lidské činnosti, a to zejména v nejnáročnějších aplikacích v kosmickém prostoru, v extrémních podmínkách prostředí i zatížení ve všech odvětvích průmyslu i v dopravě.

Ve stručnosti jsou 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 možnostem 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. Článek shrnuje potenciál využití nanomaziv pro nejširší průmyslové aplikace.

Co jsou nanočástice?

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



Obr. 1: Sterické modifikace MoS_2

Jako příklad můžeme uvést srovnání známé vynikající mazivostní přísady – sulfidu molybdeničitého MoS_2, tzv. molyky. Běžná velikost částic jemně mleté molyky se pohybuje na úrovni 2000 nm a více. Její krystalografická struktura se vyskytuje ve třech sterických modifikacích ***(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).

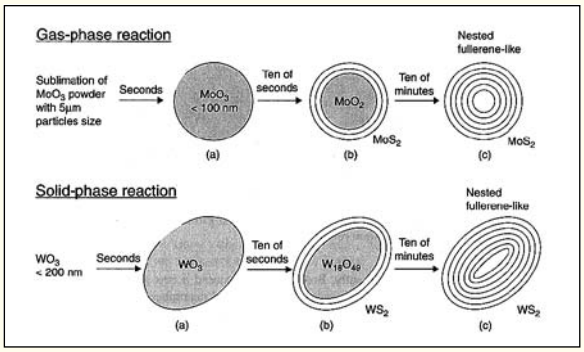
Stabilizace koloidních systémů

Hlavní výzvou při aplikaci nanočástic do 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 se dále stabilita koloidních systémů ovlivňuje sterickým odpuzováním částic, tj. přídavkem polymerů nebo elektrostatickým odpuzováním částic v micelárních systémech.

Druhy nanomaziv a mechanismus mazání

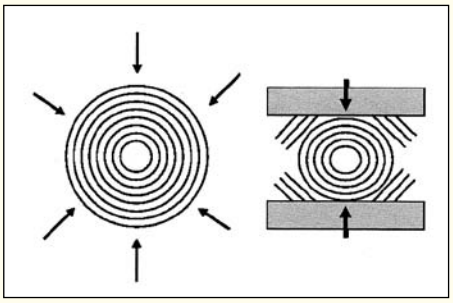
Obecně můžeme nanočástice dělit z hlediska jejich struktury na cibulové struktury, nanovlákna a micelární nanostruktury. Z pohledu chemického složení se v nanomazivech uplatňují zejména tři hlavní druhy – sulfidy a selenidy kovů, uhlíkové struktury a elementární měkké kovy.

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 ***(viz. tab. 1)***.



Obr. 2: IF disulfidy kovů

Rozbalování cibulových nanostruktur působením střihového zatížení však vede k jejich degradaci. Cibulové nanostruktury jsou také narušovány při vysokých statických zatíženích, kdy dochází k jejich praskání – efekt louskáčku ořechů ***(obr. 3)***.



Obr. 3: Efekt louskáčku ořechů

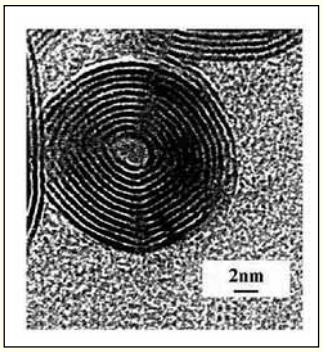
Uhlíkové nanostruktury se odvozují od známých přírodních struktur grafitu a diamantu, které doplňují moderní synteticky připravované struktury fullerenů a uhlíkových nanotrubic. Jejich výhodou oproti IF disulfidům a selenidům je nižší degradace uhlíkových nanostruktur a extrémně nízké dávkování, avšak 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 zejména 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 ***(obr. 4)***.

Micelární struktury vznikají chemickou modifikací nanočástic kovů, ke které se používají například dialkyldithiofosfáty nebo deriváty vyšších mastných kyselin. Tvorba mazacího filmu nanovrstev kovů je zajištěna prostřednictvím vratné redoxní reakce, která probíhá výhradně v místě tribokontaktu.

Praktické aplikace nanomaziv

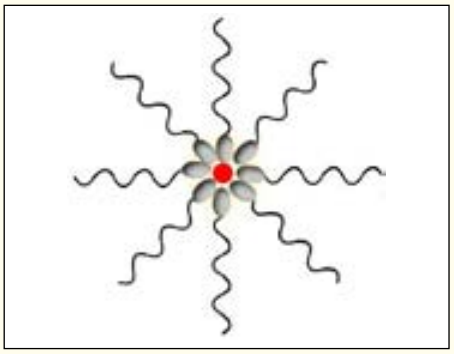
Počátek syntéz chemických látek ve formě nanočástic a experimentování s nimi spadá do doby před několika desítkami let. Praktické uplatnění nanočástic v oblasti mazání však začíná být



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)

Neaditivovaný PAO	1 % IF-WS2	1 % IF-MoS2	1 % IF-NbS2	1 % IF-TaS2
0,25	0,04	0,06	0,07	0,09

rozšířené 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. Nanoaditiva se uplatňují v motorových olejích, kde je při jejich použití dosahováno reálné úspory paliva kolem 5 %. Další oblastí praktického využití jsou automobilové i průmyslové převodové oleje, ve kterých nanoaditiva 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



Obr. 4: Reverzní micela

stabilitě v nejtvrdších podmínkách potenciál pro uplatnění v celém spektru formulací průmyslových maziv. ■

Ing. Olga Křížová, Chematribos

OTĚRUVZDORNÉ POVRCHOVÉ VRSTVY A POVLAKY

Povrchové úpravy představují široké spektrum technologických procesů, které dovolují vytvářet povrchové vrstvy nebo povlaky s požadovanými funkčními vlastnostmi na povrchu kovových materiálů, které nesplňují podmínky jejich provozního nasazení. Rozhodujícími degradačními procesy jsou obvykle koroze a opotřebení. Opotřebení podle dominantního mechanizmu opotřebení lze rozdělit na adhezívní, abrazívní, erozívní, kavitační, vibrační a únavové. V reálných podmínkách se však musí počítat s kombinovaným účinkem těchto procesů.

Opotřebení funkčních povrchů rozhodujících součástí nebo konstrukčních uzlů strojů a strojních zařízení má ve většině případů rozhodující vliv na životnost a spolehlivost strojů a strojních zařízení. Průzkumy provozních poruch ukazují, že v 80 % případů primární příčinou vyřazení strojů a strojních zařízení z provozu je opotřebení důležitých součástí nebo konstrukčních uzlů.

Požadavky na zvýšení výkonových charakteristik strojů, strojních zařízení i nástrojů spolu se zvýšením jejich životnosti, spolehlivosti a ekonomické efektivnosti při použití standardních kovových materiálů naráží na meze. Další možnosti poskytují pouze kompozitní materiály, které kombinují charakteristické vlastnosti kovových materiálů (houževnatost, plasticitu, tepelnou a elektrickou vodivost) a keramických materiálů (pevnost, tvrdost, tepelná stabilita) nebo polymerních materiálů (houževnatost, dobré tribologické charakteristiky, odolnost proti chemickým vlivům apod.). Jedním z používaných kompozitních systémů jsou tenké otěruvzdorné povlaky nebo povrchové vrstvy na funkčním povrchu kovových součástí. Při povrchových úpravách vznikají kompozity, které kombinují objemové vlastnosti základního materiálu (pevnost, houževnatost) se specifickými vlastnostmi povrchové vrstvy nebo povlaku (odolnost proti opotřebení, odolnost proti chemickým, fyzikálním a tepelným účinkům prostředí apod.).

Povrchové úpravy, které zlepšují tribologické charakteristiky kovových materiálů (koeficient tření a odolnosti proti různým druhům opotřebení) lze principielně rozdělit do 2 základních skupin:

a) Povrchové vrstvy a povlaky s vysokou tvrdostí

U tvrdých povrchů se výrazně sníží rozsah plastické mikrodeformace ve styku jednotlivých nerovností i hloubka vniknutí hrotů a řezných hran abrazívních částic. Sníží se koeficient tření tam, kde k interakci povrchů dochází při tření bez maziva (zmenší se rýhovací i adhezívní složky tření). Zmenší se tepelné i mechanické namáhání v oblasti kontaktu (projeví se zmenšením intenzity degradačních procesů).

b) Měkké a houževnaté povrchové vrstvy a povlaky

U těchto povrchových úprav jsou smyková deformace i porušování lokalizovány do tenké vrstvy s vysokou plasticitou. Vyšší pevnost materiálu pod povrchovou vrstvou modifikuje pole napětí a deformací a brání rozvoji plastické mikrodeformace a tím i porušování materiálu do větší hloubky (realizuje se základní požadavek Kragelského molekulárně-mechanické teorie tření a opotřebení). Tyto povrchové úpravy se uplatňují především u strojních součástí v podmínkách adhezívního opotřebení.

Povrchové úpravy lze rozdělit na 3 základní skupiny – povrchové vrstvy, povlaky a duplexní povlaky.

Při vytváření **povrchových vrstev** se modifikuje chemické složení, struktura nebo substruktura na povrchu a v podpovrchových vrstvách základního materiálu. **Povlaky** se nanáší na původní povrch materiálu a obvykle mají odlišné chemické složení i strukturu než základní materiál. **Duplexní povlaky** kombinují modifikaci povrchových vrstev s nanesením povlaku. Lze tím zabránit náhlé změně fyzikálně-mechanických i chemických vlastností směrem od povrchu do jádra.

Technologické procesy vytváření otěruvzdorných povrchových vrstev

Povrchové vrstvy lze vytvářet mechanickými, fyzikálními, chemicko-tepelnými a elektrochemickými procesy. Při mechanických procesech se zlepšuje drsnost povrchu a pevnostní charakteristiky povrchových vrstev pomocí plastické deformace za studena (kuličkování, válečkování, otryskání, kalibrování, detonační zpevňování) nebo speciální technologií opracování (leštění, tření, vtírání částic, hlazení). Zlepšená topografie povrchu a zpevnění povrchových vrstev ovlivňuje především fázi záběhu kluzného uzlu. Iontová implantace využívá pro modifikaci tenkých povrchových vrstev dopad iontů s vysokou energií. Proces se odehrává ve vakuu 10–4 Pa, zdroj vysílá svazek elektricky zrychlených iontů zvolených prvků, které pronikají do podpovrchových vrstev do hloubky 0,15 – 0,3 μm, kde generují řadu okamžitých nebo zpožděných dějů. Dopadající ionty s energií 50-200 keV ovlivňují strukturu a substrukturu tenkých povrchových vrstev a zároveň odprašují částice materiálu z povrchu implantovaného materiálu. Dávky iontů dopadající na kovový povrch jsou v rozmezí 1016_1018 iontů.cm^{-2}. Dovolují vytvářet unikátní struktury, které nelze získat konvenčními metodami. K výhodám iontové implantace patří, že proces je bezdeformační, univerzálně použitelný, nemění rozměry a zlepšuje původní topografii povrchu. Nevýhodami jsou vysoká investiční náročnost, potřeba vysokého vakua, vysoké nároky na kvalitu povrchu a značně složitý systém manipulace s nástrojem či součástí s tvarově složitými plochami.

Povrchovým kalením plamenem, indukcí, elektronovým svazkem nebo laserem dochází k transformačnímu zpevnění povrchových vrstev ocelí (austenitizace s následným kalením na martenzit), přičemž v jádře materiálu nedochází k strukturním změnám. Povrchové kalení plamenem nebo indukcí jsou standardní technologie používané v průmyslu. Relativně nové jsou technologie povrchového kalení laserem nebo elektronovým paprs- ▶▶

kem. Při laserovém transformačním zpevnění, které využívá pro ohřev povrchových vrstev kontinuálně nebo pulzně působící energii laserového svazku, mohou nastat dva případy. V prvém případě je teplota povrchových vrstev vyšší než austenitizační teplota, ale nižší než teplota tavení, a pak jde o kalení z pevné fáze. V druhém případě dojde k natavení povrchu, proto jde o kalení z kapalné fáze. Při natavení povrchu se výrazně změní jeho topografie. Je tedy nezbytné jeho mechanické opracování. Laserové transformační zpevnění má proti povrchovému kalení plamenem nebo indukcí některé přednosti – nízká spotřeba energie (lokální ohřev jen tenké povrchové vrstvy), malá deformace povrchu, možnost povrchově kalit malé a tenké součásti, povrchové kalení vnitřních povrchů – jde o rychlý proces, bez negativních vlivů na prostředí. Mezi nevýhody patří vysoké pořizovací a provozní náklady, vysoké nároky na obsluhu a nezbytnost dodržovat přísná bezpečnostní opatření. Povrchové kalení elektronovým paprskem má obdobné přednosti i nevýhody jako laserové transformační zpevnění. K tomu je nutné vzít v úvahu, že proces musí probíhat ve vakuové komoře.

Povrchové vrstvy součástí lze též modifikovat chemicko-tepelnými procesy – sycením povrchu C (cementace), N (nitridace), B (bórování) a dalšími prvky (Al, V, Nb, Cr, Ti), S (difuzní sírování), případně S + N (sulfonitridace), Cr (difuzní chromování), V (vanadování) nebo kombinací C + N (karbonitridace, nitrocementace) apod. Chemicko-tepelné zpracování patří k tradičním technologickým procesům ve strojírenství pro docílení povrchových vrstev s příznivými tribologickými vlastnostmi. Vývoj technologií CHTZ směřuje k pochodům v plynech, zejména za sníženého tlaku. Intenzita procesů sycení povrchu se zvyšuje při průchodu proudu, kdy část plynů je ve formě plazmy (plazmová nitridace nebo plazmová cementace). Plazmové procesy lze lépe řídit v různých fázích difuzního sycení a tím zajistit standardní kvalitu a reprodukovatelnost strukturních charakteristik povrchových vrstev. Stále menší oblast aplikací mají vysokoteplotní procesy, které jsou časově i energeticky náročné a vyžadují následné tepelné zpracování.

Elektrochemickým procesem je anodizace, která vytváří na povrchu Al a jeho slitin vrstvu tvrdého a porézního oxidu Al_2O_3, který lze sytit kapalinným mazivem. To umožňuje alespoň částečně eliminovat velmi špatné tribologické charakteristiky hliníku a většiny jeho slitin. Základní charakteristiky některých technologických postupů pro vytváření povrchových vrstev jsou ***v tab.1***.

Technologické procesy přípravy otěruvzdorných povlaků

Otěruvzdorné povlaky lze vytvářet tepelně-mechanickými procesy, jako jsou plátování (naválcování, detonační plátování), termické nástřiky, odlévání (gravitační, odstředivé), tepelně-fyzikální procesy (navařování, přitavení, přislinování, procesy PVD), elektrochemické procesy (katodové, elektroforetické) a tepelně-chemické procesy (chemické niklování, metody CVD).

Tepelně-mechanické procesy se používají pro vytváření povlaků se zvýšenou odolností jen výjimečně, hlavní oblastí jejich aplikace je příprava povlaků z korozivzdorných ocelí na konstrukčních ocelích. Pouze detonační povlakování se ukazuje jako zajímavý technologický postup pro vytváření nekonvenčních povlaků v kusové a maloseriové výrobě.

Termické nástřiky vytváří na povrchu povlakované součásti z natavených nebo částečně natavených částic o velikosti 0,05–100 mm široké spektrum kovových, keramických i kompozitních povlaků, z nichž některé mají velmi dobré tribologické vlastnosti. Jejich vlastnosti závisí na složení povlaku a technologii nástřiku, a na přípravě povrchů před aplikací (odmaštění a otryskání). Při termických nástřicích je malé nebezpečí vzniku deformací a trhlin. Nedochází k tepelnému ovlivnění základního materiálu. Výhodou je možnost vytváření povlaků s proměnným chemickým i strukturním složením. K nedostatkům patří porovitost, poměrně nízká pevnost rozhraní nástřik–podklad a nízké využití materiálu nástřiku. Gravitačním i odstředivým odléváním lze vytvářet povlaky o velké tloušťce. Tyto technologické postupy lze efektivně použít pouze v omezeném počtu případů (např. kluzná ložiska).

Tab. 1 Základní parametry vybraných technologií pro vytváření povrchových vrstev

Technologie úpravy povrchové vrstvy	Teplota procesu (°C)	Tloušťka povrchové vrstvy (mm)	Základní materiál	Tvrdost (HV)
iontová implantace	do 150	0,15–0,3	kovové materiály	
povrchové kalení plamenem, indukcí	>AC_3	do 2500	oceli s 0,4–0,5 %C nízkolegované oceli	650
povrchové kalení laserem	>AC_3	do 1500	oceli, litiny, kalitelné slitiny Al, Ti, Ni	
cementace	850–950 zásyp, 850–950 plyn	do 2000 (i více)	oceli s max. 0,3 %C	800 - 900*
nitridace	500–560 sůl 480–550 plyn 450–550 plazma (600)	100 250–650 250–650	oceli legované Cr, Mo, Al, V	500 - 700 resp. 900 nitrid. oceli až 1150
karbonitridace	540–560 sůl 570–620 plyn	20–50 do 50	nízkolegované oceli s 0,4 %C	1000
nitrocementace	800–850 sůl 820–860 plyn	400–800	oceli legované Cr, Mo, V	800*
difuzní sírování (sulfonitridace)	570 sůl 600 plyn	20–60	oceli, litiny	
bórování	900 zásyp	20–120 (do 500)	Nelegované oceli	1550–2000
difuzní chrómování	950–1050 zásyp	5–10 40–60	oceli > 0,6 %C oceli s 0,1–0,2 %C	2000
vanadování	1000–1100 zásyp	5–15	oceli > 0,4 %C	2500–3000
anodizace	-5 – +10 elektrolyt	do 100	Al a Al slitiny	400–500

* po tepelném zpracování (kalení a popuštění na nízké teploty)

Tab. 2 Základní parametry vybraných technologií vytváření povlaků

Technologie přípravy povlaku	Teplota procesu (°C)	Tloušťka povlaku (mm)	Základní materiál	Tvrdost (HV)
navařování slitinami Fe, Co, Ni	> teplotou tavení	250 a více	oceli, slitiny kovů	podle chem. složení návaru
termické nástřiky plamenem obloukem	200–(400)	do 2000 kovové materiály do 500 keramika	kovové materiály, keramika	podle chem. složení nástřiku
plazmový nástřik	50–300	do 1000 kovové materiály do 500 keramika	kovové materiály, keramika	podle chem. složení nástřiku
tvrdý Cr	50–80 elektrolyt	1–250	oceli	900–1200
CVD – TiC, TiN, TiCN, TiAlN apod.	≥ 800	do 10	SK, oceli	TiN – 3400–5200; TiN – 1800–2800;
PVD TiN, TiCN, TiAlN; CrN	400–550	2–4	ocel, SK	TiN – 2300-2500; TiCN – 3000; TiAlN – 2800; CrN – 2700-2800

Navařování plamenem, elektrickým obloukem nebo plazmou: Navařováním se vytvoří pevný metalurgický spoj mezi návarem a podkladem. Přídavné materiály ve formě obalených elektrod, trubičkových elektrod, drátů, tyčinek, prášků, navařovacích past představují široký sortiment kovových a kompozitních materiálů s rozmanitými vlastnostmi. Volba přídavného materiálu a technologie navařování závisí na tvaru a rozměrech součásti, na chemickém složení základního materiálu, na způsobu namáhání, na druhu opotřebení a na celkových nákladech. Jejich tribologické vlastnosti závisí na chemickém složení přídavného materiálu i na technologii navařování. Při navařování prvé vrstvy návaru dochází k promíšení přídavného materiálu s materiálem podkladu. Proto požadované vlastnosti se docílí při použití vícevrstvých návarů. Výhodou je široké spektrum vyráběných přídavných materiálů a navařovacích technologií. K nevýhodám patří deformace navařovaných součástí vlivem teplotních pnutí, velmi hrubý povrch návaru (nutnost opracování) a nebezpečí vzniku trhlin, které mohou iniciovat lom dynamicky zatěžované součásti.

Elektrochemické povlaky vznikají při průchodu proudu na povrchu součástí a nástrojů ponořených do vodných roztoků solí kovů (elektrolytů). Elektrolyty obsahují kromě solí i další přísady zlepšující některé parametry povlaku – adhezi, jemnozrnnost apod. Elektrochemickými pochody lze vytvořit povlaky, které nelze připravit běžnými metalurgickými postupy. Jejich struktura se výrazně liší. V technické praxi se nejvíce používá povlak tvrdého chromu, případně kompozitní povlaky na bázi niklu s tvrdými částicemi (KBN, diamant) nebo kompozitní povlaky s částicemi teflonu, grafitu, MoS_2 a pod.

Procesy CVD (Chemical Vapour Deposition) spočívají v heterogenní chemické reakci plynných složek reakční směsi za různého tlaku a při dodávání tepelné nebo světelné energie, přičemž se na povrch podkladového materiálu ukládají pevné látky ve formě povlaku a vznikají vedlejší plynné látky. Teploty procesů CVD jsou vysoké (≥800 C) a při povlakování ocelí dochází k výraznému snížení jejich fyzikálně mechanických vlastností. Proto se oceli musí po ukončení povlakovacího procesu tepelně zpracovat ve vakuu. CVD povlaky se používají především u nástrojů ze slinutých karbidů. Pro dobrou funkci musí být materiál podkladu pouze elasticky deformován a musí dobře odvádět tepelnou energii vznikající při tření. Od jednovrstvových povlaků se přechází na vícevrstvé, které mají mezivrstvy z různých chemických sloučenin a mohou vyrovnávat rozdíl v koeficientech tepelné roztažnosti povlaku a základního materiálu.

Mezi tepelně-fyzikální procesy patří též PVD (Physical Vapour Deposition), které lze rozdělit do 3 skupin – napařování, naprašování a iontové povlakování. Při napařování se materiál povlaku odpařuje ve vakuu a jeho částice se usazují na podklad. Povlaky karbidů, nitridů a oxidů vznikají reakcí par kovu s reaktivním plynem. Velmi malou rychlost vytváření povlaků lze výrazně urychlit účinkem elektrostatického pole.

Při magnetronovém naprašování na povrch vodou chlazených terčů, které tvoří katody, dopadají ionty argonu a uvolňují z jejich povrchu částice materiálu. Tyto částice působením elektromagnetického pole se nanáší na povrch povlakované součásti. Za přítomnosti reaktivního plynu se na povrchu podkladu tvoří povlak sloučeniny. Na rozdíl od napařování zůstává teplota povlakované součásti nízká (< 200 °C).

Iontové povlakování využívá pro zvýšení adheze povlaku k podkladu částečnou ionizaci par kovu, která se docílí v pracovním prostoru za sníženého tlaku průchodem elektrického proudu mezi odpařovačem a povlakovaným nástrojem nebo součástí. Iontové povlakování lze modifikovat použitím vysokofrekvenčního napětí, což umožňuje povlakovat i nevodivé materiály. Výhodou iontového povlakování je možnost odstranění adsorbovaných vrstev z povrchu před vlastním povlakováním, což se projeví pozitivně zlepšením adheze povlaku k podkladu.

Povlaky připravované metodami PVD lze vytvářet jako jednosložkové nebo vícesložkové. Vícesložkové mohou mít charakter: směsi sloučenin (ternárních, kvaternárních), gradientních povlaků (proměnné chemické složení nebo stav), mnohovrstvých povlaků (tzv. „supermřížka" – tloušťka vrstev 1_10 nm), heterogenních povlaků. Ternární sloučeniny jako karbonitridy, oxinitridy a boronitridy různých přechodných kovů jsou navzájem dobře mísitelné, mají zlepšené vlastnosti v porovnání s povlaky na bázi jedné sloučeniny.

Duplexní povlaky

Mezi moderní varianty duplexních procesů patří iontové směšování (ion-beam mixing) a procesy IBAD (ion-beam assisted deposition). Tyto procesy kombinují procesy PVD s iontovou implantací. V případě iontového směšování probíhají procesy povlakování a iontové implantace postupně, kdežto u IBAD probíhají současně. Duplexní povlaky mohou mít konstantní nebo proměnné chemické složení. Vlivem dopadu iontů dochází k zvětšení hustoty povlaku, ke zmenšení pórů a potlačení sloupcovité struktury v porovnání s původními PVD povlaky. Na rozhraní mezi rostoucím povlakem a základním materiálem se v důsledku atomárního míšení vytváří přechodová oblast tlustá několik desítek nanometrů, což se projeví výrazným zvýšením adheze. Dopadem iontů se může měnit struktura a napětí v povlaku z tahového na tlakové.

Přednostmi metody IBAD v porovnání s metodami PVD je možnost vytvářet povlaky různých tlouštěk a různých typů, dobrá adheze k podkladu, nízká teplota pochodu (< 400 °C) a schopnost vytvářet vícevrstvé povlaky z různých sloučenin. Mezi nevýhody lze zařadit pomalý růst povlaku a vysokou pořizovací cenu zařízení.

Jinou variantou duplexních povlaků je kombinace chemicko-tepelného zpracování, např. plazmové nitridace, a povlaku TiN vytvořeného metodou PVD. Tento duplexní povlak může eliminovat některé problémy s pevností rozhraní povlak-podklad a s nedostatečnou pevností materiálu podkladu. ■

Prof. Ing. Jan Suchánek, CSc.,
Ing. Zuzana Tatíčková,
ČVUT-FS, Ústav strojírenské technologie

NÁSLEDKY ZMĚNY PRAVIDEL KLASIFIKACE NEBEZPEČNOSTI CHEMICKÝCH LÁTEK A SMĚSÍ – MAZIV

Dnes nelze jednoznačně doložit začátek průmyslové výroby a využití chemických látek, ale jejich rozsah se v 19. století rapidně zvětšil. V průběhu rozvoje této produkce samovolně docházelo k poznání, které látky jsou nestabilní samy o sobě nebo reaktivní v kombinaci s jinými. Že další látky jsou jedovaté nebo omamné. Postupně tedy z izolovaných iniciativ začaly vznikat snahy o hodnocení chemické bezpečnosti (fyzikálně-chemické vlastnosti) a chemické hygieny (vliv na zdraví člověka a životní prostředí).

Z historie chemické bezpečnosti

Ke sjednocení hodnocení chemické bezpečnosti bohužel vedla cesta přes zkušenosti získané při průmyslových haváriích. Úprava místní legislativy ovlivňující nakládání s chemickými látkami vznikla po požáru vlaku Abergele (Velká Británie, 1868). V evropském kontextu znamenaly významný posun nehody v anglickém Flixborough, nizozemském Beeku a italském Sevesu, které podnítily vznik směrnice „Seveso" (82/501/EHS). Aktualizace směrnice byla dále prováděna s ohledem na poznatky, které přinesly další závažné havárie v chemickém průmyslu (Bhópál). *(viz obr 1)*

Hodnocení vlivu chemických látek na zdraví člověka se vyvíjelo již dříve. V 16. století lékař Paracelsus definoval základní poučku toxikologie: „Jed od léku odlišuje pouze podávané množství." V 19. století začal strukturovaný experimentální výzkum toxických účinků chemikálií na zvířatech. Max Gruber (Německo, 1886) zveřejnil jako první výsledky testů vlivu oxidu uhelnatého na slepice a králíky. Z počátku 20. století Karl B. Lehmann stanovil pro některé průmyslově používané chemikálie maximální pracovní koncentrace. Ve 40. letech 20. století pak Americká konference vládních průmyslových hygieniků (ACGIH) publikovala systém nejvyšších přípustných koncentrací a apelovala na zlepšení jejich měření. Zvyšující se znalost významu závodního zdravotnictví spolu s rozpoznanými nemocemi z povolání pokračuje až do dnešních dní.

Globálně harmonizovaný systém (GHS)

Zapojení mezinárodních organizací do vývoje doporučení pro nakládání s chemickými riziky bylo zahájeno v 50. letech 20. století. Jednalo se především o sjednocení bezpečnosti v oblasti dopravy nebezpečných látek (UN RTDG). Alternativou v Evropě je v současnosti Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR).

Samotné základy GHS pak byly položeny na Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v roce 1992. Ačkoli byl evropský systém klasifikace (Dangerous Preparations Directive – DPD – Nařízení 1999/45/ES) systémově velmi podobný, došlo v rámci harmonizace s GHS ke tvorbě systému nového, a to pod zkratkou CLP (Classification, Labeling and Packaging) – Nařízení (ES) č. 1272/2008.

Základem tohoto systému je klasifikace nebezpečnosti chemických látek a směsí podle fyzikální nebezpečnosti, zdravotní nebezpečnosti a nebezpečnosti pro životní prostředí. Konec roku 2010 znamenal přechod na značení dle CLP pro velkotonážně vyráběné látky. Od června 2015 pak došlo ke změně značení dle harmonizovaného systému CLP i u směsí, mezi něž patří i maziva. S touto změnou se pojí upravené postupy pro klasifikaci nebezpečnosti. Samotnou změnu symbolů spolu s příslušnými skupinami nebezpečnosti ilustruje *tabulka 1*.

Důsledky změn na hodnocení nebezpečnosti maziv

Maziva se vyskytují v širokém spektru použití. Proto se dostávají do kontaktu jak s lidmi, tak životním prostředím. Vlivem přehodnocení nebezpečnosti chemických látek v rámci nařízení REACH došlo u některých látek ke zjištěním, která vedla ke zpřís-

Tab. 1: Změna značení nebezpečnosti

Symbol dle GHS (CLP)	Symbol dle DPD	Klasifikace nebezpečnosti
GHS01		● nestabilní výbušniny ● výbušniny (4 podtřídy) ● samovolně reagující látky a směsi (typ A, B) ● organické peroxidy (typ A, B)
GHS02		● pro hořlavé plyny kategorie ● hořlavé aerosoly kategorie 1, 2 ● hořlavé kapaliny, kategorie 1, 2, 3 ● hořlavé tuhé látky, kategorie 1, 2 ● samovolně reagující látky a směsi, typy B, C, D, E, F ● samozápalné kapaliny, kategorie 1 ● samozápalné tuhé látky, kategorie 1 ● samozahřívající se látky a směsi, kategorie 1, 2 ● látky a směsi, které při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny, kategorie 1, 2, 3 ● organické peroxidy, typy B, C, D, E, F
GHS03		● pro oxidující plyny, kategorie 1 ● oxidující kapaliny, kategorie 1, 2, 3 ● oxidující tuhé látky, kategorie 1, 2, 3
GHS04	není	● plyny pod tlakem ● stlačené plyny ● zkapalněné plyny ● zchlazené zkapalněné plyny ● rozpuštěné plyny,
GHS05		● látky a směsi korozivní pro kovy, kategorie 1 ● žíravost pro kůži, kategorie 1A, 1B, 1C ● vážné poškození očí, kategorie 1
GHS06		● akutní toxicita (orální, dermální, inhalační) kategorie 1, 2, 3
GHS07		● akutní toxicita (orální, dermální, inhalační), kategorie 4 ● dráždivost pro kůži, kategorie 2 ● podráždění očí, kategorie 2 ● senzibilizace kůže, kategorie 1 ● toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice, kategorie 3 ● podráždění dýchacích cest ● narkotické účinky
GHS08		● Senzibilizace dýchacích cest, kategorie 1 ● mutagenita v zárodečných buňkách, kategorie 1A, 1B, 2 ● karcinogenita, kategorie 1A, 1B, 2 ● toxicita pro reprodukci, kategorie 1A, 1B, 2 ● toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice, kategorie 1, 2 ● toxicita pro specifické cílové orgány – opakovaná expozice, kategorie 1, 2 ● nebezpečnost při vdechnutí, kategorie 1
GHS09		● Nebezpečný pro vodní prostředí ● akutně, kategorie 1 ● chronicky, kategorie 1, 2

Tab 2: Limity pro klasifikaci nebezpečnosti některých skupin

Klasifikace podle DPD	Klasifikace podle CLP
Dráždivý na kůži/oči (R36/38) Limit: > 25 %	Dráždí kůži / Vážné podráždění očí (H315/H319) Limit: >10%
Žíravý (R35 / R34) Limit: > 5 %	Žíravý na kůži (H314) Limit: > 3 %
Nebezpečí vážného poškození očí (R41) Limit: > 10 %	Nevratné poškození očí (/H318) Limit: > 1%
Při vdechnutí může dojít k poškození plic (R65) Limit: kin. viskozita < 7,0 mm^2/s při 40 °C	Toxicita při vdechnutí (H304) Limit: kin. viskozita < 20,5 mm^2/s při 40 °C

není klasifikace jejich nebezpečnosti. U hlavní složky maziv – základových olejů – došlo k jedné významné změně, a to posunutí limitu kinematické viskozity při 40 °C ze 7,0 na 20,5 mm^2/s pro hodnocení toxicity při vdechnutí.

Fyzikální nebezpečnost maziv je spojená s jejich hořlavostí. Pro tu je klíčovým parametrem bod vzplanutí. Tento parametr se tedy zásadně nezměnil. V tomto ohledu však významnější riziko tvoří pouze maziva ředěná odpařitelnými ředidly kvůli aplikačním důvodům.

Pokud odhlédneme od viskozitou ovlivněné nebezpečnosti při vdechování, ovlivňují zdravotní rizika maziv především přísady. S ohledem na výsledky přehodnocení nebezpečnosti byla u některých používaných mazivostních přísad zjištěna jejich schopnost senzibilizace pokožky či její podráždění. Dalším faktorem je změna metodiky hodnocení

Obr. 2: Etiketa výrobku podle CLP – povinné oblasti jsou zvýrazněny

směsí dle pravidel CLP. Došlo ke snížení úrovně koncentračních limitů dráždivé nebo žíravé složky pro klasifikaci směsi jako dráždivé pro oči. To vedlo ke zpřísnění klasifikace nebezpečnosti u některých motorových olejů. Vliv úpravy koncentračních limitů pak posunul i některé koncentráty vodou mísitelných procesních kapalin pro obrábění kovů mezi materiály žíravé nebo s rizikem vážného poškození očí. Pro ilustraci je přehled těchto limitů ***v tabulce 2***.

Úroveň vlivu chemických látek na životní prostředí již začalo ovlivňovat přehodnocení nebezpečnosti při registraci REACH, tedy pro některé látky od roku 2010. To se týká především antioxidantů, ale i biocidních složek. Významnější podíl těchto složek pak dílčím způsobem přenáší nebezpečnost i do finálních maziv.

Součástí změn je kromě úpravy postupu klasifikace nebezpečnosti i změna označování obalů. Došlo k harmonizaci standardních vět o nebezpečnosti (z R na H) a pokynů pro bezpečné zacházení (z S na P). Obsahově se nejedná o zásadní změnu. Přináší to pouze potřebu se sžít s tímto novým kódovým značením. Navíc přibylo Signální slovo, které rychle definuje závažnost celkové nebezpečnosti. Velikost rozměru etikety a výstražných symbolů je definována v závislosti na velikosti obalu. Doplňující informace uvedené na etiketě nesmí být v rozporu s klasifikací nebezpečnosti ***(viz. obr. 2)***.

Nebezpečnost chemických látek je vázaná k současnému stavu vědění, což nevylučuje další změny v budoucnosti. Zpřísnění klasifikace nebezpečnosti nemá vést k omezení používání všeho nebezpečného, ale především upozornit na konkrétní nebezpečnost a tím vůbec zahájit prevenci vzniku škod nebo alespoň omezení rizika. ■

Ing. Pavel Němec, PARAMO

TCO – NÁSTROJ EKONOMICKÉ EFEKTIVITY VÝROBY

Při provozu strojních uzlů je snahou optimalizovat/minimalizovat tření pohyblivých elementů v těchto uzlech a tím dosáhnout vyšší efektivity provozu stroje. Ve výrobních procesech jsou takovým „třením" provozní náklady, efektivita výroby, kvalita. Jejich nežádoucí úrovně jsou ekonomickou brzdou výrobního procesu. Snižování nákladů, zvyšování efektivity výroby při současném zvyšování kvality jsou pojmy, se kterými se dnes v průmyslové výrobě operuje. Otázkou je, jak jim v silném konkurenčním prostředí dostát.

Živelnost, nekoordinovanost, nevhodné nástroje k řešení obvykle nevedou a nepřinesou očekávaný efekt. Jak tedy uchopit tuto problematiku a najít to správné řešení s kýženým cílem?

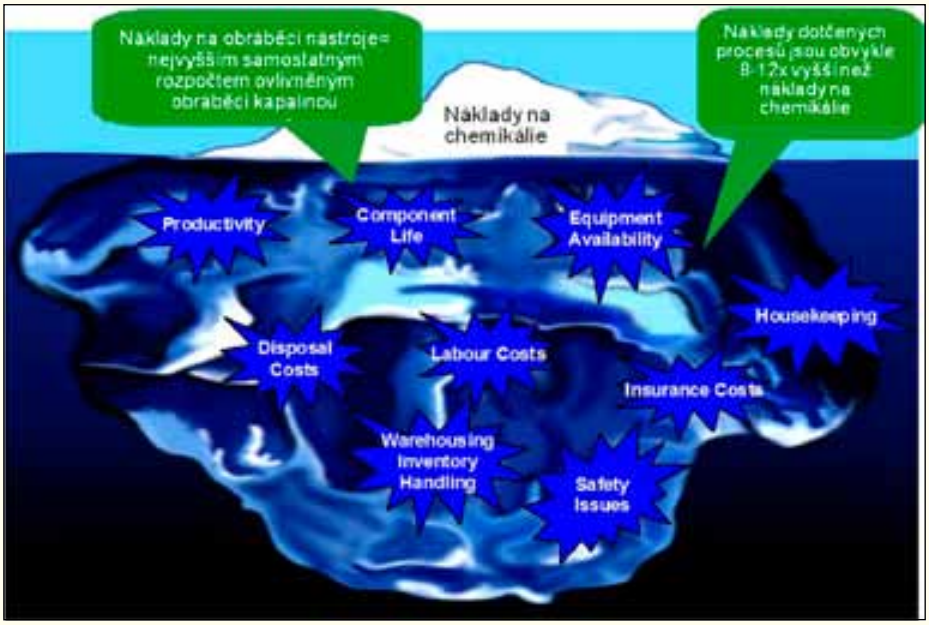
Definovat náklady

Aby bylo možné provést správnou analýzu jakéhokoli problému, je nejprve nutné jednoznačně problém definovat. Řekněme, že zde nehovoříme o problému, ale o zlepšení finančního stavu procesu. I zde ale musíme definovat a ohraničit oblast analýzy. Často již v této fázi dochází k zásadním přístupovým rozdílům. Sledovat náklady přímé – tedy ceny nakupovaných vstupů? Sledovat jednotlivá oddělení samostatně či ohraničit oblast analýzy komplexně přes všechny výrobní procesy?

dech na proces, musíme tento úkol pojmout komplexně. Zde je tedy zásadní rozdíl mezi klasickým pohledem – přístupem k nákladům, a rozšířeným komplexním přístupem. Castrol rozšiřuje své zaměření také na dopady změn v příslušných doprovodných procesech – tedy TCO (Total Cost of Ownership) přístup.

Komplexní analýza

Podívejme se na procesy, které jsou součástí obrábění a jsou dotčeny volbou obráběcí kapaliny / /maziva, a tedy jsou v hledáčku pro potenciál snížení nákladů. Zde už pak záleží na know how, zkušenostech a referencích poskytovatele služby TCO. Logické „kolečko" začíná už tedy při nákupu a finančním kontrolingu procesu. V této „kategorii"



lze dobře uplatnit přístup CPU (cost per unit) či fixní sazbu za kapaliny. Dobře funguje i indexace cen na základě cen základových olejů na burzách. Dodávky přímo a od jediného dodavatele. Samozřejmě je nutné tyto postupy nastavit v podmínkách kontraktu.

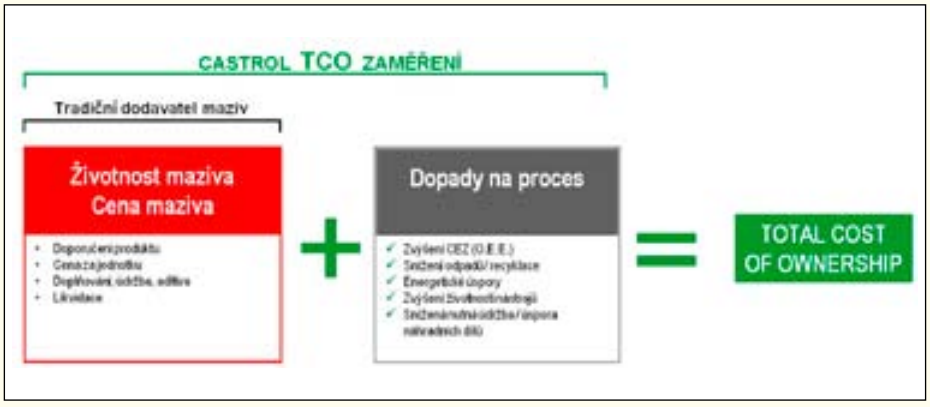
Následnou zajímavou a nepřehlédnutelnou oblastí pro revizi nákladů jsou **logistika a skladové hospodářství**. Castrol se zaměřuje mimo jiné na racionalizaci produktového portfolia, a tedy snížení počtu skladových položek a přirozeně v této souvislosti i na velikosti balení, např. možnosti dodávky v cisternách. Dodávky JIT (just in time) přinášejí minimalizaci operativního kapitálu vázaného ve skladových zásobách. Založení konsignačního skladu se jeví, dle našich zkušeností, také optimálním nástrojem přispívajícím ke snížení nákladů. Interní logistiku lze také optimalizovat k dosažení její maximální efektivity.

Významným a asi nejrozsáhlejším polem pro hledání optimalizací je **výroba**. Castrol se zaměřuje na oblasti, ve kterých dle vlastních praktických zkušeností nalézá největší benefity v úsporách. Ať už je to celková efektivita zařízení (EZ angl. OEE), anebo životnost nástrojů. Zde je nezbytné uplatnit již hlubší zkušenosti a know how. Sběr dat a informací, jejichž analýza ve spolupráci s partnerem a návrhy řešení jsou velmi komplexní, nicméně zde se úsilí jednoznačně vyplatí. Unikátním přístupem specialistů firmy Castrol je tzv. SIEMENG. Tento simultánní inženýring vyžaduje velmi hluboké a otevřené partnerství, kdy zákazník-partner poskytuje i citlivé informace pro přípravu nové výroby. Tyto informace se neuvolňují dalším nezainteresovaným stranám. O co jde v projektech SIEMENG? Partner

Zjednodušený model sledování/analýzy nákladů na výrobní proces přes materiálové vstupy může přinést jisté úspory, nicméně jejich výše bude vždy omezena na změnu – snížení jednotkové ceny. Podívejme se trochu zblízka na náklady spojené s procesy obrábění.

Praxí je ověřeno, že přímé náklady na obráběcí kapalinu jsou jen špičkou ledovce všech pomyslných nákladů spojených s procesem obrábění. Náklady dotčených procesů jsou obvykle 8-12krát vyšší než přímé náklady na chemikálie, tedy obráběcí kapalinu.

Z výše uvedeného je zcela zřejmé, že pokud chceme mít jasný přehled o skutečných nákla-



informuje Castrol o přípravách nových výrob, použitých materiálech a dodavatelích uvažovaného / projektovaného strojního zařízení (tzv. OEM). Castrol pak tyto jednotlivé dodavatele oslovuje a projednává možnosti použitých technologických médií tak, aby již před zahájením výstavby a instalace linky byly jednotlivé procesy optimalizovány ze všech aspektů – nástroje, kvalita, výkon, životní prostředí, bezpečnost práce apod. Tento přístup je ještě komplexnější než jednotlivá hledaná řešení (nástroj, kvalita...) a musí být zahájen již v samém počátku přípravy projektu. Jedině tak lze zajistit maximální efekt SIEMENG. Dalším komplexním know how firmy Castrol je tzv. Congruent Chemistry (volba kompatibilních produktů). V tomto případě se posuzuje proces a možnost aplikace produktů, které jsou vzájemně kompatibilní tak, že je velmi snadný jejich návrat do procesu po jistých úpravách anebo je možnost univerzálního použití např. obráběcí kapaliny jako pracího média a podobně. Tento přístup vyžaduje patřičnou technologii produktů, kterou Castrol disponuje. Aplikace tohoto přístupu vede k významným benefitům a přínosům i v oblasti ekologie, protože v některých případech se produkty zcela do procesu vracejí. I zde je velmi žádoucí plná spolupráce s partnerem. V řadě takových případů dochází ke změnám technologického zařízení.

Neopomenutelnou součástí výrobního procesu je také údržba. Vnímáno jako péče o stroje, ale také péče o technologické kapaliny. V rámci TCO analyzuje Castrol stav centrálních systémů, respektive kapalin v těchto systémech z hlediska obrátkovosti, a v případě shledání nesrovnalostí analyzuje možné příčiny a hledá či doporučuje nápravná opatření. V hledáčku je také technologie doplňovaní a monitoring procesních kapalin. Spotřeba nutných aditiv pro udržení systémů v patřičných vlastnostech je také nemalým únikem financí a často velmi zbytečným. Analýza pomocných systémů jako jsou chladicí, filtrační či jiné technologické jednotky, neuniknou pozornosti, pakliže není dle know how Castrol něco s nimi v pořádku. Strojní údržba je analyzována z hlediska údržbových plánů, kde Castrol klade především důraz na prediktivní údržbu ať už zavedením softwarového systému Castrol PREDICT, či OCM (Oil Condition Monitoring), tedy sledování stavu olejových náplní a doporučení příslušných opatření ještě než dojde k vlastní poruše stroje. Automatické mazací systémy a aplikace Castrol High Performance Lubricants (speciální maziva s vysokým výkonem pro obtížné podmínky) přinášejí očekávaný efekt ve snížení nákladů, přestože jejich pořízení se nominální hodnotou jeví jako drahé. Nemá asi smysl vysvětlovat, že malé množství kvalitního tuku, který poskytne ložisku správné podmínky provozu, prodlouží jeho životnost, a tedy eliminuje náklady na pořízení nového ložiska, odstávku stroje i lidskou práci.

Posuňme se dál ve výrobním procesu k oblasti **pomocných provozů a zařízení** a do oblasti **odpadního hospodářství**. Když už nám procesní kapalina posloužila, splnila svůj účel, je postoupena k procesu její likvidace. Běžně dochází buď přímo v závodech, anebo prostřednictvím třetí strany k její likvidaci v souladu s moderními ekologickými požadavky. Jsou ale i zde zohledněny požadavky finanční? Je vždy nutné kapalinu likvidovat? Neexistuje technologie pro vhodně volenou procesní kapalinu, která umožní její „zotavení" (rekondice) tak, aby se mohla opět do procesu v plné síle vrátit? Toto jsou otázky, na které Castrol hledá odpovědi při analýze oblasti pomocných zařízení a odpadů. Know how firmy i v této oblasti nalézá plné uplatnění. Máme zkušenosti s technologiemi, které dokáží vrátit zdánlivě „vyčerpanou" procesní kapalinu „zpět do hry" – ultrafiltrace, mikro filtrace, ekonomizér mohou být po analýze tím správným řešením. Pokud už je opravdu nutné něco likvidovat, dělá to partner optimálně? Segreguje se materiál tak, aby bylo dosaženo maximálního finančního efektu (lis/odstředivka třísek), recyklace kapaliny z takového zařízení a podobně. Není výhodnější pro partnera si provádět likvidaci odpadu vlastními silami, přestože se zdá, že pořízení a provoz takové technologie jsou příliš nákladné? Disponujeme i biotechnologií na likvidaci ropných a chemických odpadů. Hledá se přímý i nepřímý partnerův benefit z produktů či aplikací postupů, které přispívají k úspoře energie (maziva poskytující energetickou úsporu), ochraně prostředí (biologická maziva a maziva / procesní kapaliny s dlouhou životností či produkty s nízkou stopou CO_2 foot print v životním prostředí) a využití obnovitelných zdrojů (recyklace vody a procesních kapalin). Castrol takovou analýzu provádí a navrhuje řešení tak, aby ve výsledku bylo dosaženo očekávaného efektu. Řada našich významných partnerů se zavazuje dostát svým závazkům vůči našemu společnému životnímu prostředí / naší planetě a tímto jistě přispěje Castrol i svým dílem v jejich úsilí.

Proces a realizace

Jak celý proces TCO probíhá? Nejprve je nutné zaangažovat partnera a představit možnosti, které se otevírají novým přístupem k nákladům.

Angažovanost

Jak už bylo několikrát zdůrazněno, primární je angažovanost partnera a jeho plná podpora celému auditu a také pak jeho podpora následným schváleným projektům. Po společné shodě a definici cíle Castrol provede „audit", tedy analýzu procesů. Po finální analýze jsou pak navrženy oblasti zlepšení – projekty včetně odhadu finančního benefitu při jejich eventuální realizaci. Castrol ve svých návrzích projektů kombinuje poznatky ze zjištění stavu dané analyzované oblasti a aplikuje své know how, zkušenosti, svou technologii a reference či tzv. „best practice", tedy „nejlepší zkušenosti – poznatky". Tyto projekty jsou pak prezentovány a vysvětleny partnerovi. Zde obvykle probíhá hluboká diskuse, jejímž závěrem je pak rozhodnutí partnera o realizaci některého z navržených projektů.

Realizace

Každý schválený projekt probíhá s jistými principy, které je nutno dodržet pro zajištění dosažení úspěchu. Stanovení společného prováděcího týmu se členy partnera a Castrol. Ve vlastní realizaci projektů, která je řízena metodikou 6 sigma (DMAIC), je pak jasně stanoveno, kam projekt směřuje, čeho a jak se má dosáhnout; jak měřit, jak srovnávat, jak vyhodnocovat. V celém procesu 6 sigma napomáhají výkonnému týmu v jeho řízení další softwarové nástroje. Často jsou projekty velmi náročné na sběr dat a kladou zvýšené nároky na pracovníky partnera. Je tedy pro úspěšnost jejich realizace nezbytné také vytvořit příslušné lidské i časové rezervy a tyto mít dopředu s partnerem schváleny. Ale to je vlastně součástí uplatňovaného procesu 6 sigma.

Výstupem a „závěrem" každého projektu je případová studie, která vyhodnocuje a popisuje dosažených benefitů – tedy úspor v nákladech. Obvykle se celý „závěr" projektu prezentuje širšímu vedení. Pokud říkám „závěrem", vlastně je to počátek – je to uvedení poznatků získaných úspěchy projektu v život a je to také poslední krok procesu 6 sigma – „sustain" volně přeloženo udržet / uvézt v život a zajistit jeho uplatnění a dodání benefitů.

Závěr

TCO je komplexní analytický přístup v pohledu na provozní náklady výrobních procesů. Vyžaduje komplexní technologické i procesní know how a odhaluje skryté náklady. Jde o moderní a otevřený nástroj, který přináší finanční ale i další benefity a bezesporu vede ke zvýšené efektivitě výroby. ■

Ing. Josef Březovják, Castrol Lubricants (CR)