

# tribotechnika

4/2009 • cena 3 €

● Tukové centrálné mazacie systémy

● Proaktívna údržba hydraulických systémov

● Ultratenké povrchy z etanolaminu

● Termicky striekané povlaky



**Časopis TriboTechnika vydáva:**

Vydavateľstvo Techpark, o. z.  
registrácia vykonaná 22. 10. 2003 pod č. VVS/1-900/90-22538

**Redakcia:**

TechPark, o. z., Pltnícka č. 4, 010 01 Žilina, Slovakia  
Tel.: +421 41 500 16 56 – 8, 0905 206 227  
E-mail: redakcia@techpark.sk, redakcia@tribotechnika.sk  
www.tribotechnika.sk

**Odborný garant:**

Ing. Jozef Dominik, Csc.,  
e-mail: dominik@techpark.sk

**Šéfredaktorka:**

Ing. Dana Tretiníková  
e-mail: tretinikova@techpark.sk

**Redakcia:**

Ing. Michal Gonda  
e-mail: gonda@techpark.sk

**Public relation a marketing:**

Mgr. Zuzana Augustínová  
e-mail: augustinova@techpark.sk

**Obchodné zastúpenie Žilina:**

Roman Lisický e-mail: lisicky@techpark.sk  
Ladislav Repčík, e-mail: repcik@techpark.sk

**Obchodné zastúpenie INAG, s. r. o. Zvolen:**

Riaditeľka: Mária Cerovská, tel.: 045 5361 054 mobil: 0903 526 053,  
inag.zvolen@gmail.com

**Grafika:**

Grafické štúdio vydavateľstva TechPark Žilina

**Tlač:**

P+M Turany, www.p-mtlac.sk

**Rozširuje:**

Vlastná distribučná sieť, MEDIA PRINT KAPA -pressgrosso, Bratislava

ISSN 1338-0524

## PRODUCTIVITY FLUID MANAGEMENT zdroj úspor, zdroj zisku

ČISTÝ OLEJ = ČISTÝ ZISK, definice, která umožňuje firmám šetřit. Snižování nákladů, zvyšování produktivity a efektivity, zvyšování kvality výroby; to vše jsou reálné možnosti ve spojení s čistým olejem. Málokdo v praxi si tuto vazbu uvědomuje.



strana 14 - 16



## Korózia a jej vplyv na mechanické vlastnosti strojárskych výrobkov

O následkoch procesu korózie na kvalitu kovových strojárskych výrobkov, bolo popísaných veľa publikácií. Výsledky hovoria o jej nepriaznivých až devastačných následkoch. Známe sú z praxe a rovnako aj z experimentálneho overovania, kde boli simulované podmienky agresívneho pôsobenia korózie. Niekedy aj bežná prax v priemyslovom podniku môže poskytnúť zaujímavé výsledky...

strana 64 - 66

## Obsah:

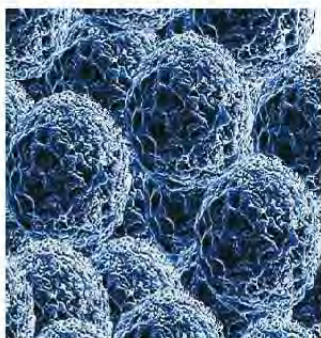
Cena za Innovative Product of the Year 2009 aj na Slovensko.....	8, 9, 10
Novinky v oblasti tukových centrálných mazacích systémů.....	12, 13
PRODUCTIVITY FLUID MANAGEMENT – zdroj úspor, zdroj zisku.....	14, 15, 16
Moderní výrobní technologie.....	17
Prodlužování životnosti olejových náplní hydraulických systémů pomocí mikrofiltrace KLEENOIL.....	18, 19, 20
TriboTechnika v provozu a údržbě.....	21
Několik příkladů z proaktivní údržby hydraulických systémů.....	22, 23, 24, 25, 26
Indukčně viazaná plazma s optickým emisným spektrometrom.....	27, 28
Netradiční mazivo v zemi plné ropy.....	28, 29
Oil Safe - Světově "nejlepší zkušenost" v dávkování olejů.....	30, 31
Trenie, ložiská a ich mazanie.....	32, 33, 34
Pokrokové nástroje s využitím pôvodných fyzikálných zákonů.....	35

## Novinky v oblasti tukových centrálních mazacích systémů

Přestože obor tukového centrálního mazání jako takového je již do velké míry konstrukčně ustálený a nenabízí příliš mnoho možností pro inovace, dají se v poslední době vysledovat nové trendy, a to napříč celým spektrem výrobců těchto systémů.



strana 12 - 13



## Nano modifikátor trecích plôch tretej generácie

Nano modifikátor trecích plôch tretej generácie je špecifický prípravok na báze nanotechnológie a s ňou súvisiacich procesov. Používa sa v prípadoch, ktoré vyžadujú vyššiu viskozitu a vyšší bod vzplanutia, než aké poskytujú bežné mazivá. Prípravok preukázateľne znižuje trenie a spomaľuje opotrebovávanie ošetrovaných kovových súčiastok, svojimi vlastnosťami umožňuje využitie v celej škále priemyselných odvetví a použitie i v extrémnych podmienkach.

strana 38 - 39

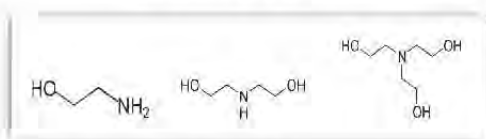
Vysoko výkonný povlak.....	36, 37
Nano modifikátor trecích plôch tretej generácie.....	38, 39
Ultratenké vrstvy z etanolamínu – energeticky efektívne mazacie látky bez potreby údržby.....	40, 41, 42, 43
Termicky stříkané povlaky.....	44, 45
Mgr. Ján Ivanecký: „Cesta budovania tradície je náročná, ale perspektívna.“.....	46, 47, 48
Ložisko – mazivo – tesnenie.....	48, 49
Totálne produktívna údržba.....	50, 51, 52, 53
Konstrukční provedení a uložení radiálních naklápacích segmentů.....	54, 55, 56, 57
Opotřebení materiálů.....	58, 59
Plastické mazivá.....	60, 61, 62, 63
Korózia a je j vplyv na mechanické vlastnosti strojárskych výrobkov.....	64, 65, 66

# Ultratenké vrstvy z etanolamínu

## Energeticky efektívne mazacie látky bez potreby údržby

Etanolamíny nachádzajú uplatnenie v tribológii ako antikoročné aditíva pri opracovaní kovov a ako mazacie a chladiace látky. Cieľom štúdie bolo vypracovanie experimentálne podloženej teórie mazacích vlastností etanolamínov od nano cez mikro až po makrooblasť. Skúmané boli tri rôzne oligoméry etanolamínu (mono, di a trietanolamín) pomocou troch rôznych metódik: tribometra guľička – kotúč (makroskopicky), mikrotribometra (mikroskopicky) a pomocou riadkovacieho elektrónového mikroskopu (nanoskopicky). Pri všetkých troch skúšobných metódach vykazujú oligoméry špecifickú mazaciu schopnosť: monoetanolamíny sa javia za daných podmienok ako najlepšie mazadlá, dietanolamín sa nachádza zhruba v prostriedku a trietanolamín najmenej redukuje trenie. Pozorovanie pomocou riadkovacieho elektrónového mikroskopu a fotoelektrónospektroskopické merania podporujú tieto výsledky: sila potrebná na oddeľovanie častíc je pri monoetanolamíne najmenšia. Príčina spočíva v tom, že povrchová energia sa vplyvom aditív zvyšuje, v dôsledku čoho sa tri oligoméry, ktoré obsahujú rôzny počet hydroxylových skupín, viažu rôznou silou.

Etanolamíny (obr. 1) sú vo vode rozpustné aditíva.



Obr. 1: Mono, di a trietanolamín

Nanotribologické výskumy pomocou riadkovacieho elektrónového mikroskopu ultratenkých vrstiev z mono, di a trietanolamínu ukazujú, že etanolamíny disponujú špecifickými, od typu oligoméru závislými mazacími vlastnosťami. Rovnako fotoelektrónospektroskopické pozorovania ukazujú rozdiely v chemickej sorpcii molekúl na povrchu (meď) závislé od typu

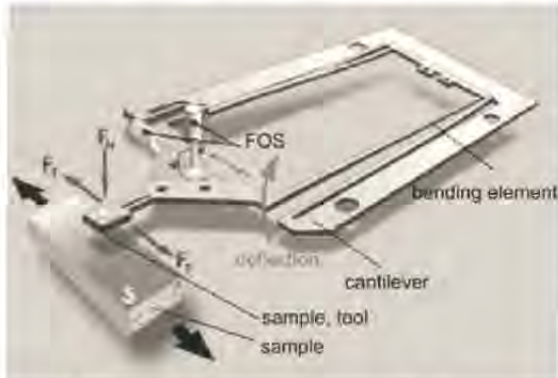
oligoméru. Mikrotribologické experimenty a skúšky na „Ball-on-Disc“ tribometri na etanolamínoch to potvrdzujú. Cieľom tejto štúdie je experimentálne podložená teória mazacích vlastností etanolamínov v nano, mikro a makrooblasti. Etanolamíny sa používajú ako čistiace substancie. V tribológii nachádzajú uplatnenie ako protikoročné aditíva pri obrábaní kovov a ako chladiace a mazacie prostriedky. Na meď, oceľ a kremíku tvoria „self-assembled“ monovrstvy rôznej kvality (tzn. existujú rozdiely v stupni pokrytia).

### MATERIÁLY A SKÚŠOBNÁ METODIKA

#### V nanoškále: riadkovací elektrónový mikroskop

Kremíkové doštičky boli potiahnuté tenkou vrstvou (cca 150 nm) Cu (Plasmasputtering, Eisenmenger-Sitter, Institut für Festkörperphysik, TU Wien). Kontrolné experimenty boli uskutočnené v dvojnásobne destilovanej vode. Nadväzne boli vo vode roz-

pustené mono, di alebo trietanolamíny (koncentrácia 250 ppm) a pomocou sklenej striekačky vstrek-



Obr. 2: Mikrotribometer FALEX-MUST 2D-FM

nuté cez Luerove fittingy do uzatvorenej buňky rastrovacieho elektrónového mikroskopu typu MFP-3D so špičkovou optikou (Asylum Research, Santa Barbara, CA, USA).

Boli použité cantilever (konzoly) zo silíciumnitridu s pružinovou konštantou 0,001 N/m, frekvencia  $f_{res} = (4 - 10)$  kHz, odozva bola zvolená 3,3 nN. Experimenty sa uskutočnili v kontaktnom module; uhol riadkovania činil 90 stupňov, aby sa dal zaznamenať trecí signál.

Hodnoty trenia boli najprv zisťované na nemazaných medených platničkách, potom v prostredí roztoku etanolamín-voda. Merania v prostredí etanolamín-voda boli naštartované najskôr za 20 minút po aplikácii oligomérov, aby bol dostatok času na vytvorenie vrstvy na medenom povrchu. Pri pozorovaní na riadkovačom elektrónovom mikroskope na etanolamínoch činila dráha konzol (Cantileverweg) 2 mikrometre.

#### V mikroškále: mikrotribometer

Prí experimentoch pomocou mikrotribometra FALEX-MUST 2D-FM (obr. 2) bola použitá gulička z ocele 100Cr6 (ČSN 14109 – poznámka prekladať) priemeru 3 mm. Zataženie sa pohybovalo

v rozmedzí 1 mN a 1 N. Ocelová gulička bola prilepená na 2-D snímač sily, dva fibrové optické senzory (FOS, obr. 2) merali normálnu a tangenciálnu silu.

Gulička sa pohybovala proti vzorke rýchlosťou 5 mm/s, zdvih činil 7 mm, počet cyklov 10.

#### V makroškále: tribometer gulička – kotúč

Pre experimenty pomocou tribometra gulička – kotúč bol použitý tribometer T-10 od firmy SKF z Výskumného ústavu v Holandsku. Testovacie parametre sú uvedené v tabuľke 1.

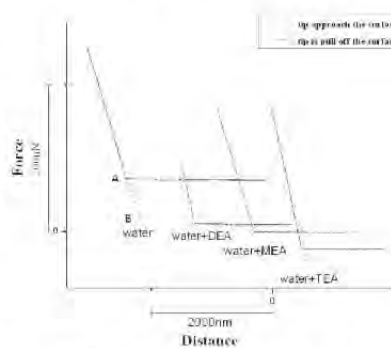
#### Výsledky

Všetky tri skúšobné metódy vykázali rovnaké výsledky: monoetanolamíny sú za daných podmienok najlepšie mazadlá, dietanolamín dosahuje stredné hodnoty a trietanolamín redukuje trenie

**pohyb**  
**geometria kontaktu**  
**konfigurácia**  
**priemer guličky**  
**priemer kotúča**  
**rýchlosť kĺzania**  
**normálne zataženie**  
**polomer stopy**  
**olej**  
**koncentrácia aditíva**

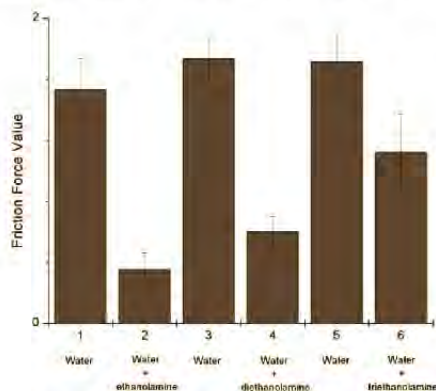
**klzný bod**  
**vertikálna alebo horizontálna rotačná os kotúča**  
**6,35 mm**  
**50 mm**  
**0,05 m/s**  
**2 N**  
**10 mm**  
**PAO**  
**500 ppm**

Tabuľka 1 Skúšobné parametre tribometra gulička – kotúč

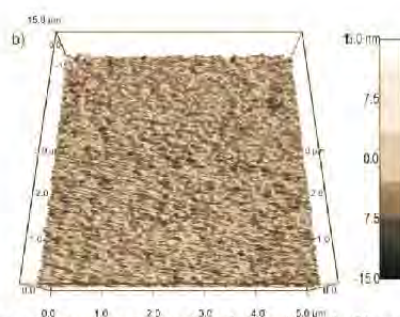
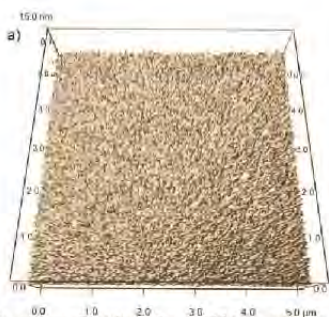


Obr. 3: Hodnoty trecích síl (FFV) v čistej dvojnásobne destilovanej vode a v dvojnásobne destilovanej vode s rôznymi etanolamínmi

najmenej. Napokon pri trietanolamíne vzniká aj silná korózia (síce menej ako pri čistej vode, ale viac ako pri obi-



**Obr. 4: Elektronová spektroskopia na etanolamínoch**



**Obr. 5: vľavo: čistá voda, AFM topografia, vpravo: voda s monoetanolamínom, 20 minút po aplikácii, AFM topografia**

dvoch zvyšných oligomeroch).

#### V NANOŠKLÁLE: Riadkový elektrónový mikroskop

Relatívna redukcia trecích síl porovnaná s dvojnásobne destilovanou vodou je 76 percent pri monoetanolamíne, 65 percent pri dietanolamíne a 35 percent pri trietanolamíne (obr. 3). Aj silové krivky (rasterspektroskopické pozorovania) ukazujú výrazné rozdiely medzi skúmanými oligomérmi.

Reprezentatívne silové krivky vidieť na obr. 4. Obrázok 5 znázorňuje zmenu povrchu po expozícii monoetanolamínom.

Drsnosť povrchu je zredukovaná: v čistej desti-

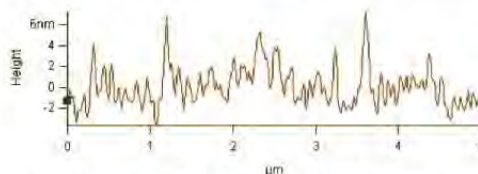
lovej vode činí  $3,59 \pm 1,97$  nm r.m.s., v monoetanolamíne je to  $0,89 \pm 0,58$  nm r.m.s. Potvrďujú to skenovacie čiary na obrázkoch 6 a 7.

#### V MIKROŠKÁLE: Mikrotribometer

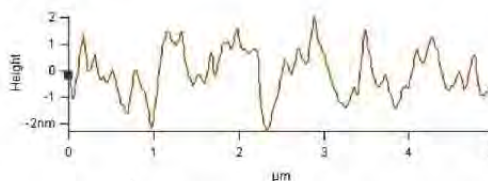
Redukcia koeficientu trenia v porovnaní s čistou, dvojnásobne destilovanou vodou predstavuje pre monoetanolamín 63 percent, pre dietanolamín 44 percent a pre trietanolamín 25 percent (obr. 8).

#### V MAKROŠKÁLE: Tribometer guľička oproti kotúču

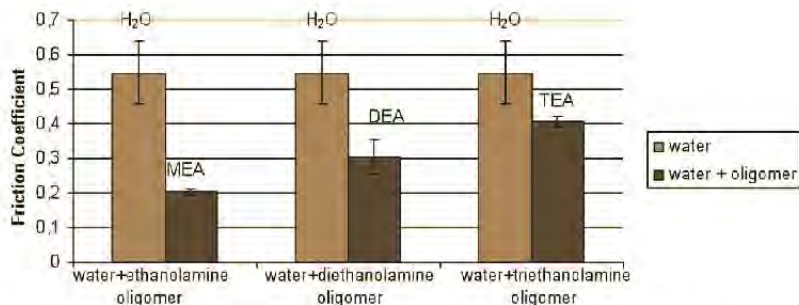
Aj tieto experimenty potvrdili a preukázali nasledovné výsledky: redukcia koeficientu trenia je najväčšia pri monoetanolamíne (obr. 9).



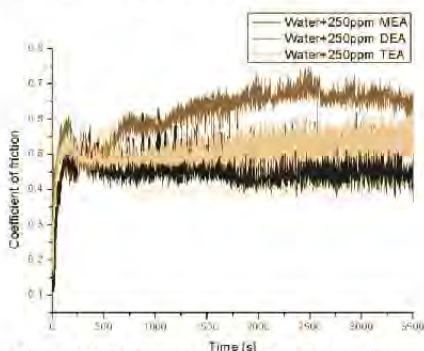
**Obr. 6: Skenovacia čiara v čistej vode, AFM topografia**



**Obr. 7: Skenovacia čiara vo vode s monoetanolamínom, 20 minút po aplikácii, AFM topografia**



**Obr. 8:** Výsledky meraní na mikrotribometri pre koeficient trenia pri rôznych etanolamínových oligoméroch



**Obr. 9:** Výsledky meraní na tribometri guľka proti kotúču pre koncentráciu etanolových oligomeroch 0,025 % (250 ppm) v dvojnásobne destilovanej vode

### Diskusia výsledkov

Fotoelektróno-spektroskopické pozorovania v etanolamínových oligoméroch na medi a oceli potvrdzujú uvedené výsledky: dusík sa chemicky

viaže na povrchu (chemisorpcia) a hydroxylové skupiny sú na hornej strane tenkých mazacích vrstiev. Aj silové spektroskopické pozorovania ukazujú, že sila potrebná na oddelovanie častíc je u monoetanolamínu najmenšia. Zdôvodniť sa to dá zvýšením povrchovej energie pridaním aditív, v dôsledku čoho tri oligoméry, ktoré majú rôzny počet hydroxylových skupín, sú naviazané rôznou silou.

Text: A. Tomala, N. Doerr, I. C. Gebeshuber, Institute of Microengineering and Nanoelectronics (IMEN), Universiti Kebangsaan Malaysia, Institut für Allgemeine Physik, Technische Universität Wien,

Dieser Artikel ist eine Übersetzung von "Ultradünne Schichten aus Ethanolamin Energieeffiziente wartungsarme Schmierstoffe"

Autorinnen: A. Tomala, N. Doerr, I. C. Gebeshuber, erschienen im Expert, Verlag, Zeitschrift "Tribologie und Schmierungstechnik" (Herausgeber Professor Wilfried J. Bartz), Ausgabe 5/2009, Seiten 29 bis 32."

### english abstract

Ethanolamines are used in tribology as anti-corrosion additives and as cutting fluids in metal working. Goal of the present study was an experimentally based theory of the lubricating properties of ethanolamines from the nano- via the micro- to the macroscopic scale. The different ethanolamine oligomers (monoethanolamine, diethanolamine and triethanolamine) were investigated with three different methods: ball-on-disc tribometer (macroscale), microtribometer (microscale) and atomic force microscopy (nanoscale). In all three experimental methods lubrication is oligomer specific: at the given experimental situation, monoethanolamines prove to be the best lubricants, diethanolamines are less effective, and triethanolamines are the least effective in reducing friction. Force spectroscopy and photoelectron spectroscopy investigation corroborate these results: the smallest pull-off force occurs for monoethanolamines. The explanation for this is that the additives increase the surface energy and therefore the three oligomers with their different numbers of hydroxyl groups have different binding strengths.