NOVICE

ZAKLJUČEK ŠTUDIJA PRVE TRIBOS GENERACIJE

Prva generacija študentov mednarodnega magistrskega programa TRIBOS je julija zaključila študij. Skupino je sestavljalo 15 študentov iz 11 različnih držav: Kitajske, Indije, Indonezije, Pakistana, Irana, Etiopije, Turčije, Rusije, Kosova, Hrvaške in Slovenije. V 2. letniku so se študenti razdelili v dve skupini, tako da je osem študentov svoja magistrska dela zagovarjalo v Lulei (Švedska), sedem pa v Coimbri (Portugalska). V Coimbri je 23. 7. 2015 potekala tudi zaključna slovesnost, na kateri so poleg študentov prisostvovali tudi profesorji iz vseh štirih univerz, na katerih se izvaja magistrski študij, prorektor Univerze v Coimbri ter predstavnik agencije EACEA, ki financira študij. Vsak študent je prisotnim v nekaj minutni predstavitvi pojasnil namen in najpomembnejše ugotovitve svoje magistrske naloge. Splošna ugotovitev je bila, da so se študenti zares potrudili in izdelali celovite naloge iz posameznih področij. Po skupnem kosilu je sledila slavnostna podelitev listin, diplomanti magistrskega programa TRIBOS pa so razkrili tudi svoje načrte za prihodnost. Večina jih bo svojo profesionalno pot nadaljevala v svoji domovini, glede na izkušnje, ki so jih pridobili med študijem, pa bodo nekateri nadaljevali študij in sprejeli izzive v različnih evropskih državah.

KONFERENCE

LUBRICATED CONTACT 2015

Konferenca Lubricated Contact, ki je že 5. v seriji specializiranih konferenc o mejnem mazanju, se je letos odvijala med 13. in 17. aprilom v Cádizu v Španiji. Konferenca je zajemala tako nano kot makro vidik nastanka in vpliva mejnih mazalnih filmov. Program je vseboval tematike s področja aditivov, površinske kemije, modifikacije površin, biotribologije in površinskih analiz. Dr. Rok Simič je v predavanju z naslovom »Detection of adsorption layers on DLC coatings« predstavil najnovejše dosežke na področju analize adsorbiranih plasti aditivov na DLC prevlekah z uporabo nevtronske reflektometrije. Pokazal je korelacijo z rezultati triboloških testiranj, kjer se je izkazalo, da polarne molekule, ki na DLC prevlekah tvorijo adsorbirane plasti, tudi uspešno znižajo trenje v kontaktu DLC prevlek. Gre za nadgradnjo ugotovitev, predstavljenih v Applied Surface Science 288 (2014) 405–410 in v Tribology Letters 53 (2014) 199–206.

WEAR OF MATERIALS 2015

V Torontu, Kanada, je od 12. do 16. aprila 2015 potekala 20. mednarodna konferenca Wear of Materials. Konferenca, ki poteka vsaki dve leti, predstavlja edinstven mednarodni forum, kjer raziskovalci, strokovnjaki in inženirji z različnih področij predstavijo svoja najnovejša dela s področja trenja in obrabe materialov na makro, mikro in nano nivoju. Letošnje konference se je prof. dr. Mitjan Kalin udeležil z dvema prispevkoma: »The effect of temperature and sliding distance on coated (CrN, TiAlN) and uncoated nitrided hot-work tool steels against an aluminium alloy« ter »Wear and friction behaviour of poly-ether-ether-ketone (PEEK) filled with graphene, WS_2 and CNT nanoparticles«.

KONTAKT

Laboratorij za tribologijo
in površinsko nanotehnologijo

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo

Bogišičeva 8
1000 Ljubljana
Slovenija

tel.: +386 1 4771 460
fax: +386 1 4771 469

info@tint.fs.uni-lj.si
www.tint.fs.uni-lj.si

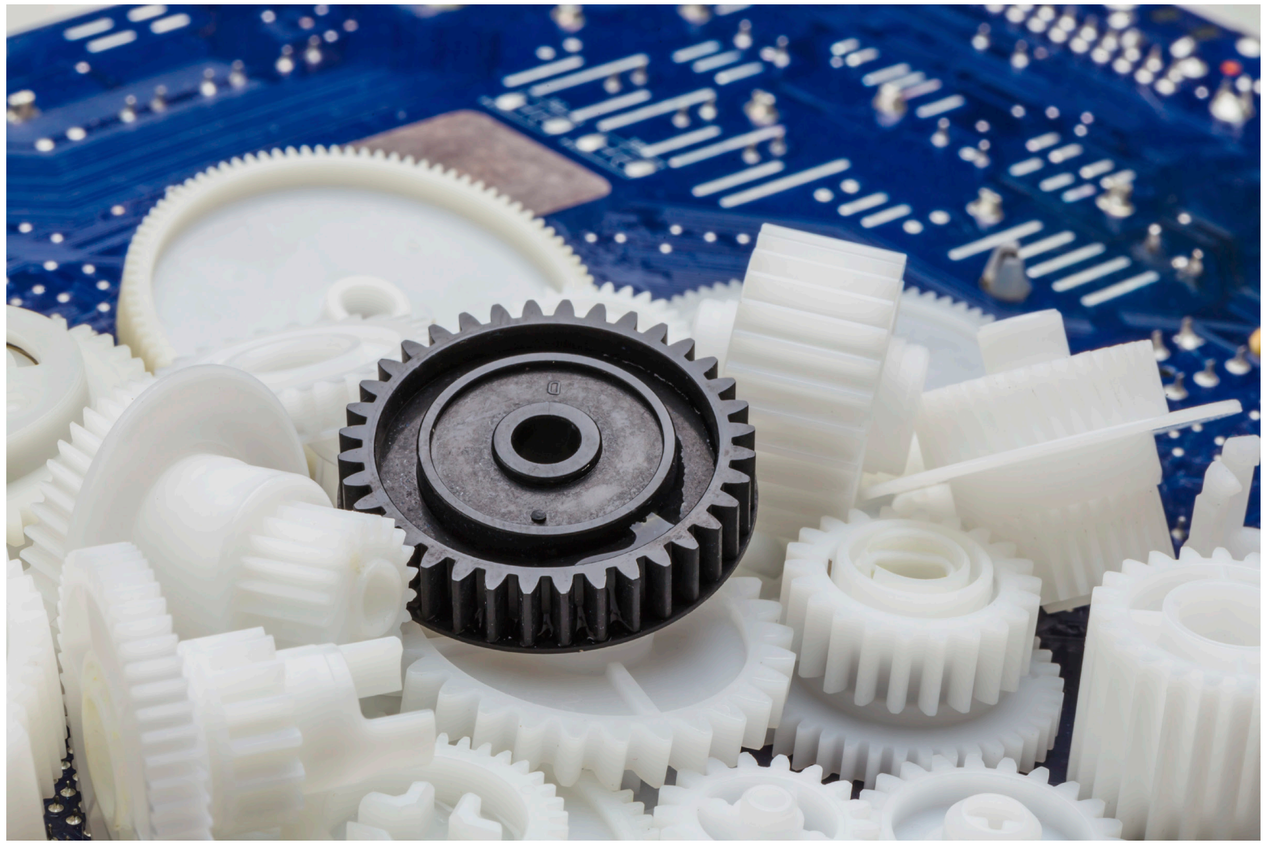
Univerza *v Ljubljani*
Fakulteta *za strojništvo*

Tribologija
in površinska
nanotehnologija

Tint

Novice št. 05
Avgust 2015

Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo



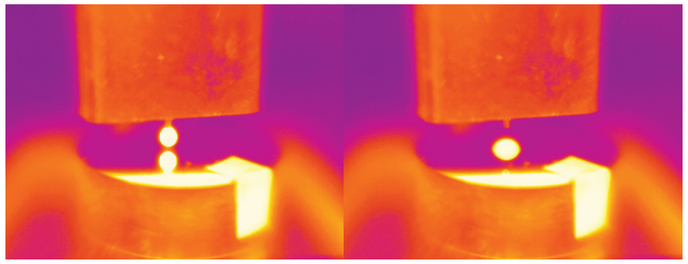
POLIMERNI ZOBNIKI - prihodnost mehatronskih sistemov

Polimerni zobniki zasedajo v inženirskih aplikacijah vedno pomembnejšo vlogo zaradi nizke cene in manjše teže kot kovine, ob ustreznih pogojih pa se ponašajo z boljšimi tribološkimi lastnostmi in včasih lahko delujejo tudi brez mazanja. Poleg ugodnih lastnostih pa imajo tudi slabosti, npr. slabše mehanske in termične lastnosti, ki jih je treba premostiti. Upoštevanje triboloških lastnosti je ključno pri izboru materialov, delovnih pogojev in geometrije zobnikov. V laboratoriju TINT raziskujemo tribološke značilnosti različnih polimerov in (nano)kompozitov ter razvijamo preizkusne protokole in podatkovno bazo za razvoj polimernih zobnikov za mehatronske sisteme v gospodinjskih aparatih in avtomobilskih komponentah, pri tem pa se povezujemo s podjetji v Sloveniji, ZDA, Nemčiji, Švici in Nizozemski. V prihodnje bodo namreč manjši mehatronski in pogonski sistemi vključevali veliko več polimernih komponent kot danes, poznavanje triboloških značilnosti pa bo konkurenčna prednost na trgu.

NOVA OPREMA

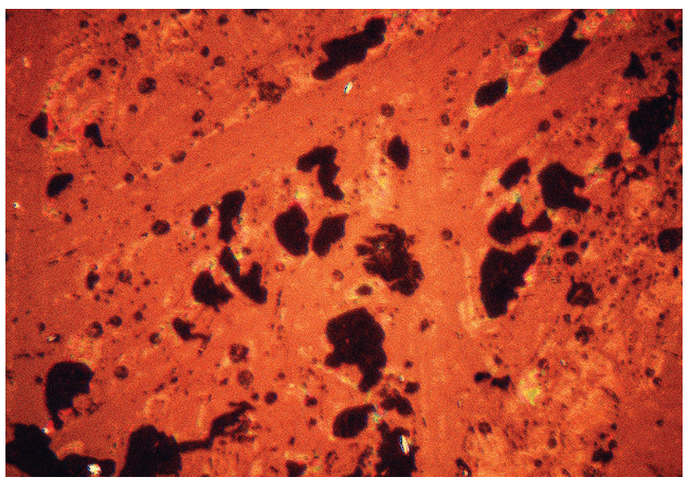
MERILNIK KONTAKTNIH KOTOV PRI POVIŠANIH TEMPERATURAH

V laboratoriju TINT smo razvili optični merilnik kontaktnih kotov, ki omogoča spremljanje in vrednotenje omočljivosti pri povišanih temperaturah do 150 °C. Naprava je opremljena s temperaturno reguliranim in programsko podprtim sistemom, s katerim lahko ločeno segrevamo površino določenega materiala in tekočino na želeno temperaturo (do 1 °C natančno). Dodatno lahko temperaturne spremembe v tekočini, na površini trdne snovi ter na stiku trdno-tekoče spremljamo tudi s termo kamero. To nam omogoča spremljanje interakcij na stiku trdno-tekoče tudi pri povišanih temperaturah, pri čemer lahko analiziramo parametre kot so površinska energija, površinska napetost in omočljivost tudi v realnih pogojih pri višjih temperaturah.



NAPRAVA ZA IN-SITU OBRAVNAVO REALNE KONTAKTNE POVRŠINE

V laboratoriju TINT smo razvili namensko preizkuševališče za analizo realne kontaktne površine, primerno za različne materiale in obremenitve. Pri analizi sprotno merimo normalno silo (ločljivost silomera: 0,5 N), deformacije površine (ločljivost merilnika pomika: 5 nm) ter in-situ razvoj in vrednost realne kontaktne površine s pomočjo optičnega mikroskopa (lateralna ločljivost 1 µm). Z napravo raziskujemo odvisnost realne kontaktne površine na mikro/nano nivoju od zunanje obremenitve in topografskih ter materialnih lastnosti vzorca. S podrobnim vpogledom v dejansko dogajanje v kontaktu bomo lahko natančneje predvideli dejanske obremenitve in razmere v triboloških kontaktih, s tem pa izboljšali nadzor nad obrabo in trenjem.



DOKTORATI

DR. JURE JERINA: TRIBOLOŠKE LASTNOSTI TRDIH PREVLEK PRI POVIŠANIH TEMPERATURAH

Doktorska naloga obravnava inženiring kontaktnih površin, primernih za preoblikovanje aluminija in njegovih zlitin v temperaturnem območju med 20 °C in 500 °C. Uporabili smo dve trdi prevleki, CrN in TiAlN, ter konvencionalno orodno jeklo za delo v vročem in ovrednotili njihove tribološke lastnosti v drsnem kontaktu z aluminijevo zlitino EN AW-6060. Z v ta namen razvitim tribološkim preizkuševališčem in ob uporabi naprednih površinskih analiznih tehnik smo dokazali, da je z uporabo trdih prevlek mogoče znižati trenje, kot tudi povečati odpornost površin na nastanek prenosnega filma aluminijeve zlitine. Raziskali in določili smo mehanizme prenosa aluminijeve zlitine na raziskovanih površinah v odvisnosti od temperature in drsne razdalje ter preverili učinek trdnih maziv na tribološki kontakt prevlek in aluminijeve zlitine. Rezultati so objavljeni v znanstvenih revijah v več člankih: Wear 330-331, 2015; Wear 319, 2014; Surface & Coatings Technology 206, 2012.

NAGRADE in PRIZNANJA

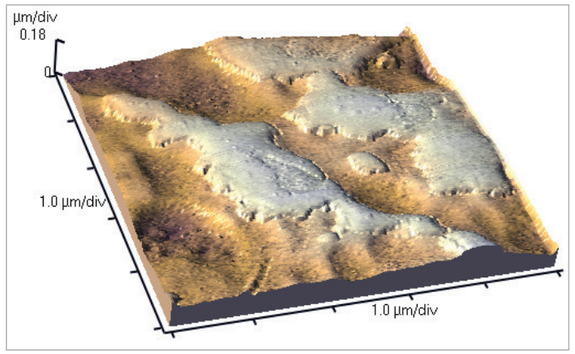
NAJODMEVNEJŠI RAZISKOVALNI DOSEŽKI UNIVERZE V LJUBLJANI V LETU 2014

Univerza v Ljubljani je med 10 najodmevnejših raziskovalnih dosežkov Univerze v letu 2014 uvrstila delo prof. dr. Mitjana Kalina, z naslovom »Nano inženiring kontaktnih površin za molekularni nadzor mejnega mazanja in trenja«. Prof. dr. Kalin je v raziskavah pokazal, da se na meji med mazivom in površino lahko pojavi molekularni zdrs, odvisen od omočljivosti in polarne površinske energije, ki odločilno vpliva na trenje. Ta površinski pojav, ki ga je prof. dr. Kalin tudi prvič empirično ovrednotil, se v triboloških modelih doslej ni upošteval. Ti izsledki izrazito spreminjajo razumevanje mehanizmov trenja mazanih inženirskih kontaktov. Prof. dr. Kalin s sodelavci je pri tem dokazal, da je pri obravnavanju mazanih kontaktov nujno upoštevati parametre razširitvene omočljivosti, namesto adhezijske, za kar je izpeljal nov razširitveni koeficient. S tem je pojasnil, zakaj doslej ni bilo mogoče določiti funkcijske odvisnosti med omočljivostjo in trenjem. S takim inovativnim nano inženiringom površin in kontaktov v skupini dosegamo tudi do 60 % manjše trenje v mazanih kontaktih, kar omogoča izjemne prihranke pri porabi energije v številnih mehanskih sistemih.

AKTUALNE RAZISKAVE

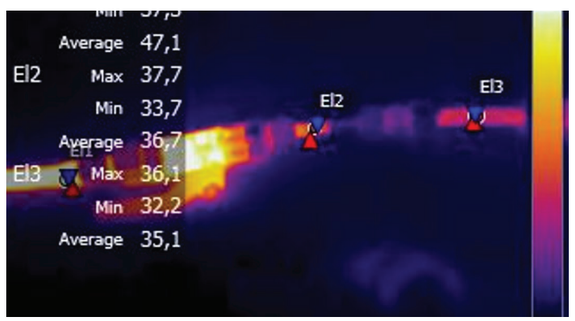
VREDNOTENJE TRIBOFILMOV NA NANO SKALI

Tribofilm je definiran kot tanek trden film, ki nastane v kontaktu kot posledica interakcij med mazivom in površino ter se adsorbira na drsno površino. Njegova kemijska sestava, struktura in tribološko obnašanje so drugačni od lastnosti prvotnih površin in imajo velik vpliv na trenje in obrabo. Zato je razumevanje in poznavanje lastnosti teh filmov izrednega pomena. V laboratoriju TINT s pomočjo mikroskopa na atomsko silo (AFM) merimo topografijo in debelino tribofilmov ter določamo mehanske lastnosti (nano hrapavost, nano trenje, elastične lastnosti, adhezijske lastnosti itd.). S pridobljenimi rezultati in boljšim poznavanjem mehanskih lastnosti na nano skali lahko optimiramo in določamo tribološke lastnosti ter obnašanje kontaktov na makro skali.



TERMOGRAFIJA V HIDRAVLIKI

V Laboratoriju za fluidno tehniko (LFT) smo z letom 2015 pri diagnostiki hidravličnih sistemov začeli uvajati termografijo. Termografija v hidravliki je ena izmed neporušnih metod zaznavanja tlačnih izgub znotraj hidravličnih sestavin in sistemov. Tlačne izgube pri pretakanju hidravlične kapljevine so vedno prisotne in se jim ni mogoče izogniti. S termokamero je v hidravliki poleg temperature zunanjih površin hidravličnih sestavin mogoče zaznati tudi lokacijo in intenziteto notranjega puščanja, tokovnice v rezervoarju itd.
Več na: **http://lab.fs.uni-lj.si/lft**.

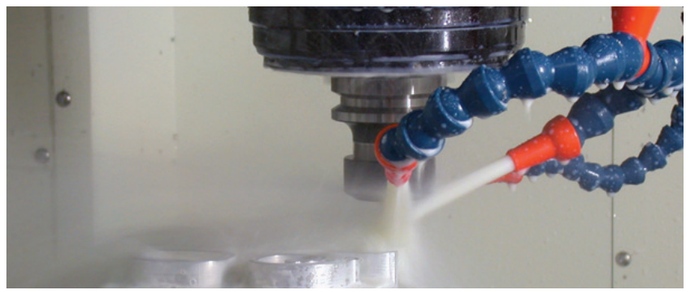


PRVIČ Z NEVTRONSKO REFLEKTOMETRIJO PRI RAZLIČNIH TEMPERATURAH IZMERJENE DEBELINE ADSORBIRANIH ADITIVOV NA DLC

Raziskovalci iz laboratorija TINT smo v sodelovanju s sodelavci z Japonske na švicarskem Inštitutu Paul Scherrer s pomočjo nevtronskega snopa kot prvi na svetu izmerili nastanek adsorbiranih plasti aditivov na površini prevlek iz diamantu-podobnega ogljika (DLC). Dokazali smo, da organski modifikatorji trenja, kot so estri glicerola, ob odsotnosti drsnega kontakta tvorijo nanoskopske adsorbirane plasti, ki so relativno neodvisne od časa in temperature. Nasprotno pa cinkov dialkilditiofosfat (ZDDP) tvori precej debelejše ter bolj temperaturno in časovno odvisne adsorbirane plasti. To je prvi tak dokaz rasti površinskih plasti na DLC ob odsotnosti tribološkega kontakta in predstavlja pomembno osnovo za nadaljevanje podobnih raziskav v dejanskem tribološkem kontaktu.

ZELENE TEHNOLOGIJE MAZANJA V OBDELOVALNIH POSTOPKIH NA OSNOVI NANOTEHNOLOGIJ

V TINT-u smo nedavno pokazali, da so v mazalnih oljih učinki nanodelcev na zniževanje trenja in obrabe zelo veliki, kar smo objavili v več publikacijah. To področje, kjer smo med najaktivnejšimi skupinami, nadgrajujemo z raziskavami na področju obdelovalnih hladilno-mazalnih sredstev. V projektu z naslovom »Tribološki učinki nanodelcev kot dodatkov hladilno-mazalnim emulzijam« v sodelovanju s podjetjem Olma d.d. raziskujemo učinke nanodelcev v hladilno-mazalnih sredstvih za uporabo v obdelovalnih postopkih. V raziskavah smo se osredotočili na jeklo in aluminij, kot hladilno-mazalne tekočine pa uporabljamo širok nabor tako baznih kot formuliranih olj ter formuliranih emulzij na osnovi vode. Rezultati kažejo, da lahko v določenih primerih z nanodelci znižamo trenje in obrabo tudi za več kot 50 %. V nekaterih primerih lahko najnižje trenje dosežemo celo, če bazni hladilno-mazalni tekočini dodamo zgolj nanodelce, kar pomeni, da lahko z vidika doseganja nizkega trenja z nanodelci nadomestimo konvencionalne aditive. S takšnimi nano-mazivi se bo v prihodnosti morda možno v celoti izogniti obstoječim aditivom in doseči inovativne in bolj zelene tehnologije mazanja.



IZPOSTAVLJENE PUBLIKACIJE

M. Zalaznik, S. Novak, M. Huskić, M. Kalin

Tribological behaviour of a PEEK polymer containing solid MoS_2 lubricants

Lubrication science 28, 2015

M. Kalin, J. Kogovšek, J. Kovač, M. Remškar

The formation of tribofilms of MoS_2 nanotubes on steel and DLC-coated surfaces

Tribology Letters 55, 381-391, 2014