

POLYTRIB 2016

Slovensko društvo za tribologijo in Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo sta 15. in 16. septembra v Ljubljani organizirala že 2. konferenco Polytrib: Mednarodno konferenco o tribologiji polimerov. Konference se je udeležilo več kot 70 ljudi iz 18 različnih držav. Poudariti velja skoraj enakovredno številčno zastopnost udeležencev iz raziskovalnih institucij in podjetij, saj je na Polytrib-u 2016 sodelovalo 18 raziskovalnih institucij in 23 podjetij. Glavna tema konference je bila tribologija polimernih materialov, z dodatnim poudarkom na polimernih zobnikih, ki se v industriji vedno pogosteje uporabljajo. Predstavljenih je bilo 31 prispevkov ter 7 posterjev, vključno s 5 vabljenimi predavanji, ki so jih predstavili prof. dr. Klaus Friedrich (Tehniška univerza Kaiserslautern, Nemčija), dr. Aljaž Pogačnik (KissSoft, Švica), izr. prof. dr. Nazanin Emami (Tehnična univerza Luleå, Švedska), dr. Janez Navodnik (Navodnik d.o.o, Slovenija) in dr. Jennifer Renee Vail (DuPont, ZDA). Konference je požela nadvse pozitivne odzive in beležila dobro udeležbo, njen uspeh pa nakazuje dobre obete za naslednjo konferenco **Polytrib 2018**. Več informacij na: www.tint-polytrib.com



ECOTRIB 2017

Med 7. in 9. junijem 2017 je v Ljubljani v Cankarjevem domu potekala šesta Evropska konferenca o tribologiji, Ecotrib 2017, ki jo je organiziralo Slovensko društvo za tribologijo v sodelovanju s tribološkimi društvi iz Avstrije, Italije in Švice. Konference Ecotrib obravnava najnaprednejša dognanja, razvoj in raziskave tako na tradicionalnih kot tudi sodobnejših, hitro razvijajočih se področjih tribologije, kot so na primer tribologija na nano nivoju, zelena tribologija, biotribologija ter pojavi na mejnih površinah. Konference ECOTRIB poteka izmenično vsaki dve leti v eni od držav soorganizatoric. Konference se je udeležilo preko 180 udeležencev iz 31 držav po vsem svetu ter iz 77 različnih raziskovalnih inštitucij ter 18 različnih podjetij. Tekom konference je bilo predstavljenih 153 prispevkov, od tega 8 plenarnih predavanj, 16 vabljenih predavanj, 104 tehničnih prezentacij ter 31 posterjev. Med predavatelji so bili ugledni znanstveniki s celega sveta, med katerimi naj izpostavimo tri prejemnike prestižnega priznanja "Tribology Gold Medal Award", ki ga podeljuje angleški princ Filip. Konferenco Ecotrib 2017 so finančno podprla številna znana mednarodna in slovenska podjetja, kot so Rtec Instruments, Bruker, Ducom, Anton Paar, Nanovea, IRT, Ventil, Scan ter ostali. V sklopu konference Ecotrib 2017 je potekal tudi izbor treh najboljših doktorskih prispevkov. Konferenco Ecotrib 2017 so podprle tri ugledne tribološke revije s faktorjem vpliva, in sicer Tribology International, Wear ter Lubrication Science, v katerih bodo objavljeni izbrani prispevki s konference. **Naslednja Ecotrib konferenca bo potekala v Avstriji, leta 2019.**



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

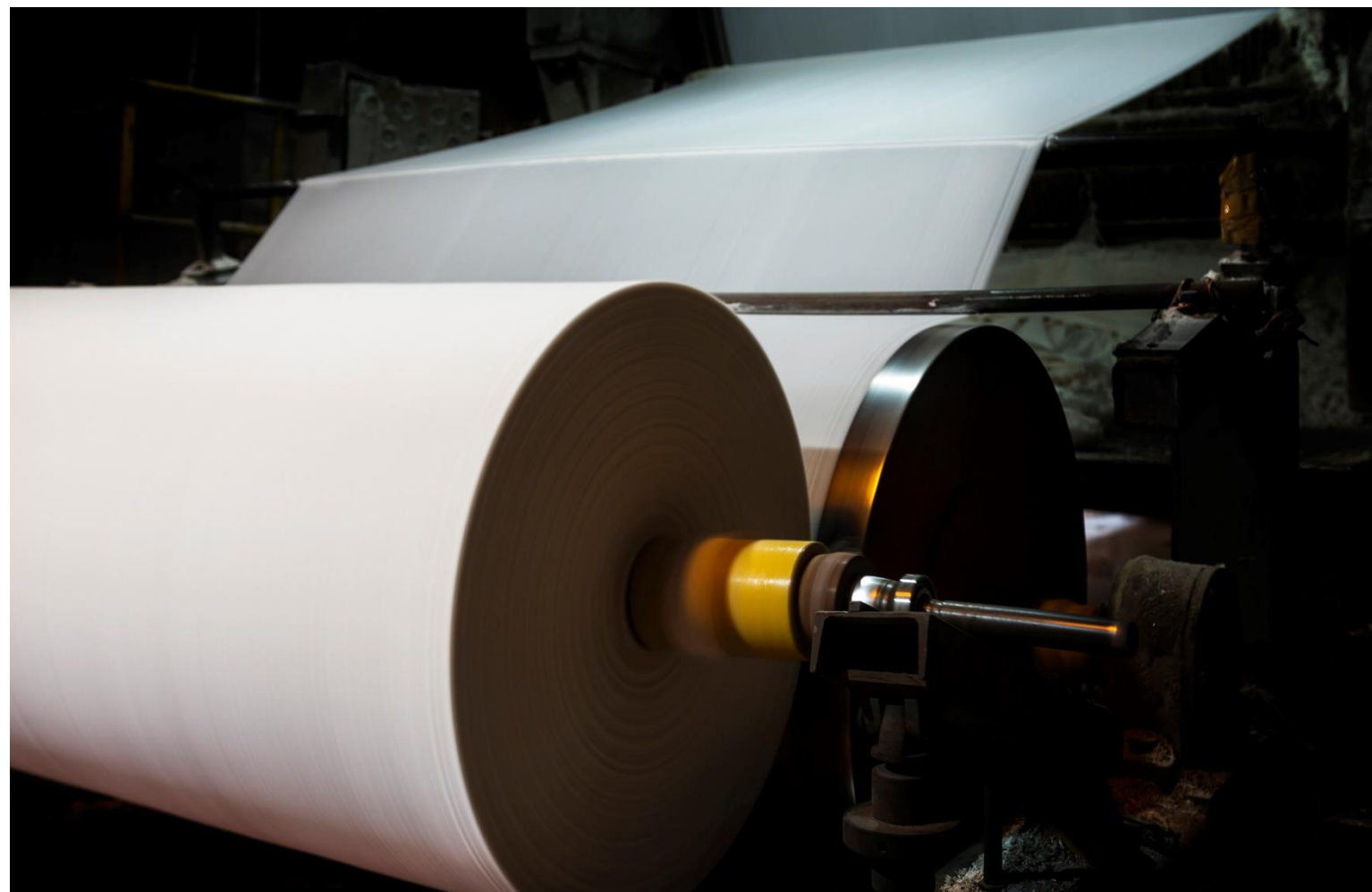
Tint



Novice št. 07

November 2017

Laboratorij za tribologijo in površinsko nanotehnologijo



TRENJE NA PAPIRJU

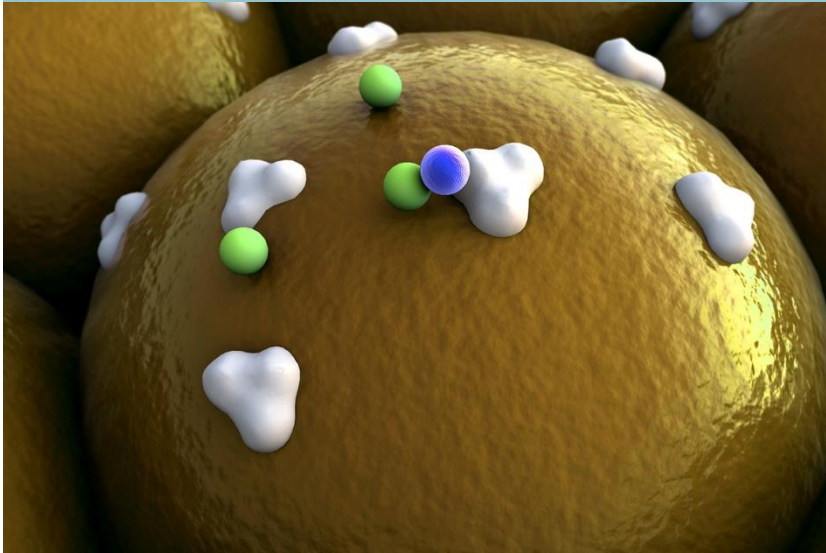
Torne lastnosti izdelkov iz celuloze, kot sta papir in karton, so pomembne v raznolikih aplikacijah. Previsok koeficient trenja med posameznimi listi lahko na primer onemogoča ustrezno zlaganje papirja na tiskalnih in fotokopirnih strojih, zaradi česar prihaja do zatikanja, vihanja in poškodb robov. Po drugi strani pa lahko prenizek koeficient trenja zaradi drseče površine oteži natančno pozicioniranje papirja, ki je zelo pomembno pri izsekovanju papirja. Poleg stika papir-papir so pogosto za nemoten in kontinuirni potek procesa pomembne tudi ustrezne torne razmere papirja v kontaktu s kovino ali z gumo, kot na primer v proizvodnem procesu papirja, procesu tiskanja in drugih procesih, ki vključujejo kovinske ali gumijaste valje. V tem kontekstu igra ključno vlogo sama površina papirja, in sicer tako njena sestava, na katero vplivajo dodatki v papirju in kontaminanti kot tudi površinska obdelava papirja in poroznost, ki določata topografijo površine. Pomembno vlogo ima tudi omočljivost, in sicer ne samo pri tornih lastnostih, ampak tudi pri drugih procesih, kot je na primer tiskanje. Z obsežnim znanjem o karakterizaciji površin (topografija, poroznost) in kontaktov (trenje, omočljivost) ter bogatimi izkušnjami na področju eksperimentalnega določevanja trenja, lahko v Laboratoriju TINT, skupaj z našim partnerjem, Inštitutom za celulozo in papir (ICP), ponudimo celovito obravnavo in določitev tornih lastnosti papirja in kartona za različne aplikacije ter tako pripomoremo k optimizaciji in razvoju proizvodov in/ali proizvodnega procesa.

www.tint.fs.uni-lj.si

NOVA OPREMA

RAZVOJ KVARČNE MIKROTEHTNICE

V okviru laboratorija TINT trenutno razvijamo kvarčno mikrotehnico (QCM – quartz crystal microbalance), merilno napravo za zaznavanje majhnih sprememb v masi. Kvarčna mikrotehnica deluje na principu piezoelektričnega učinka in bazira na spremembi resonance frekvence kvarčnega kristala s spremembo oscilirajoče mase. To omogoča zelo natančno zaznavanje sprememb mase na površini kristala – v idealnih pogojih je lahko občutljivost tudi pod 1 ng. Merilni sistem se razvija kot alternativna metoda za zaznavanje in spremljanje adsorpcije aditivov iz mazalnih olj na različne površine; predvsem na prevleke iz diamantu podobnega ogljika, kjer visok delež ogljika (in vodika) v prevlekah močno oteži uporabo spektroskopskih metod. Poleg tega nam bo kvarčna mikrotehnica omogočala zelo natančno merjenje viskoznosti tekočin, uporabili pa bi jo lahko tudi za merjenje mase prevlek. Posledično bi napravo lahko implementirali tudi kot *in-situ* senzor kvalitete mazalnih olj ali kot merilnik obrabe. Glavna ideja za razvoj merilnega sistema je bila razviti nizko-cenovno in aplikaciji prilagojeno kvarčno mikrotehnico. Vezje, ki ga uporabljamo, je bilo razvito posebej za uporabo z viskozniimi mediji – visoka stopnja ojačenja omogoča osciliranje kristala tudi ko je le ta popolnoma potopljen v olju, kar predstavlja glavno prednost našega sistema v primerjavi s podobnimi obstoječimi kvarčnimi mikrotehnicami.



AKTUALNE RAZISKAVE

ZELENO MAZANJE VISOKO OBREMENJENIH POGONSKIH HIDRAVLIČNIH SISTEMOV

V okviru projekta GreenCOAT bomo zasnovali novo vrsto zelenih prevlek na osnovi diamantu podobnega ogljika s pomočjo inovativne tehnologije nanašanja, ki so primerna za delovanje v prisotnosti ionskih tekočin kot neškodljive oblike mazanja in bodo zadostile zahtevnim omejitvam nove uredbe o zmanjševanju emisij toplogrednih plinov. Skladnost s predpisi bo kmalu zahtevana za vse visoko obremenjene mazane mehanske komponente v transportnih in industrijskih sistemih. Pravzaprav že sedanja ZN, EU in nacionalna zakonodaja o emisijah omejuje uporabo nekaterih današnjih ključnih maziv, za katere ni na voljo sprejemljivih alternativ. Nepravočasna vpeljava učinkovitih rešitev, skladnih s strogimi zahtevami, lahko privede do zmanjšanja zmogljivosti in učinkovitosti mnogih strojev ter negativnih tehničnih in ekonomskih posledic. V okviru projekta bomo razvijali nove, inovativne DLC prevleke, prilagojene za kemijsko aktivnost z ionskimi tekočinami, vključujoč edinstveno in-situ adsorpcijo ionske tekočine na DLC prevleko in hkrati s tribološko študijo raziskovali kinetiko adsorpcije mejnih plasti ter njihovo elektrokemijsko in



tribokorzijsko obnašanje. Opravili bomo podrobno karakterizacijo površin na pod-nanometriškem nivoju in validacijo nove tehnologije mazanja za visoko obremenjene pogonske hidravlične sisteme.

ZNIŽANJE TRENJA Z URAVNAVANJEM INTERAKCIJ POVRŠIN S TEKOČINAMI

V laboratoriju smo v obdobju zadnjih dveh let v sodelovanju s podjetjem TOTAL začeli z novimi raziskavami vpliva površinskih interakcij na stiku med nekonvencionalnimi površinami in mazivi na trenje, pri čemer z njihovim razvojnim oddelkom posebno pozornost posvečamo inovativnim pripravam površin in maziv, ki bodo omogočile občutno znižanje trenja v mazanih mehanskih sistemih, in sicer z uporabo različnih baznih olj in različnih aditivov. Projekt v osnovi izhaja iz naših dosedanjih raziskav, s katerimi smo v preteklih letih dokazali, da lahko samo s prilagajanjem interakcij med površino in mazivom trenje v mazanih kontaktih znižamo za več kot 45 %. Prav z rezultati teh raziskav smo vzbudili zanimanje v podjetju TOTAL, da je podprlo nadaljnje raziskave na tem področju, ter se vključilo v projekt s svojim dolgoletnim izkušnjam na področju maziv.

DVIGOVANJE CEVI BREZ POŠKODB POVRŠINE

Laboratorij TINT je, skupaj z Laboratorijem za strojne elemente LASEM, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana, trenutno vključen v projekt Inštituta za znanost Teksas (Texas Institute of Science - TXIS), katerega glavni cilj je oceniti izvedljive tehnične rešitve za optimizacijo procesa črpanja nafte. Glavna naloga laboratorija TINT je predlagati ustrezne in primerne materiale na osnovi polimerov, ki bodo zagotavljali dovolj visok statičen koeficient trenja v kontaktu z jekleno cevjo. Naloga vključuje pregled mehanskih in triboloških lastnosti materialov, upoštevajoč kontaktne pogoje v suhih in mazanih kontaktih, eksperimentalno preverjanje statičnega koeficienta trenja ter predlaganje najprimernejših materialov za aplikacijo.



KONFERENCE

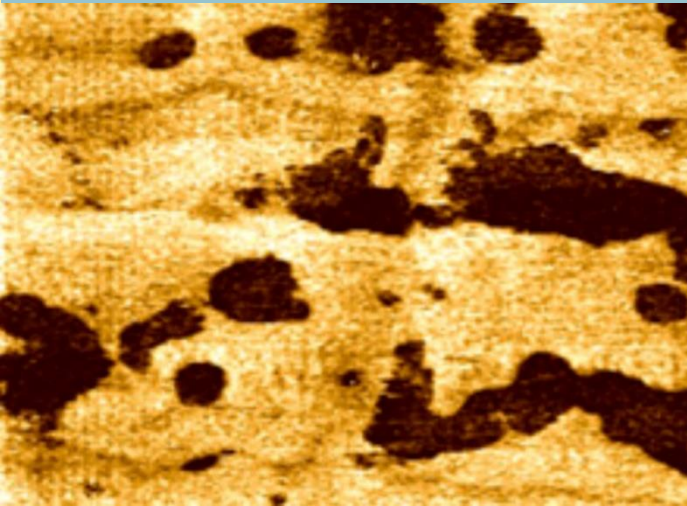
WEAR OF MATERIALS – WOM 2017

Od 26. do 30. 3. 2017 je v Kaliforniji (ZDA) potekala 21. Mednarodna konferenca o obrabi materialov (WOM). Tematika konference je pokrivala temeljne in aplikativne aspekte obrabe in trenja materialov na makro-, mikro- in nanoskali. Glavni poudarek konference pa je bil na razumevanju triboloških pojavov ter znanstvenem napredku v zadnjih desetletjih. Prispevki so bili razdeljeni v sekcije, ki so pokrivale problematiko obrabe orodij in orodnih materialov, erozije v hladnem in v vročem (kapljično, trdno in kavitacijsko erozijo), obrabe zavor in tornih materialov, obrabe navtičnih sistemov, vpliva prisotnosti tretjega telesa na obrabo in obdelovanja površin za zmanjšanje obrabe. Člani TINT-a smo se konference udeležili s prispevkom: *Vpliv temperature na utrujanje polimernih zobnikov (The dominant effect of temperature on the fatigue behaviour of polymer gears)*, M. Kalin, A. Kupec. Prispevek je bil pozitivno sprejet, konferenca pa je omogočila interakcijo raziskovalcev in inženirjev z različnih področij ter izmenjavo mnenj in najnovejših znanj.

DOKTORATI

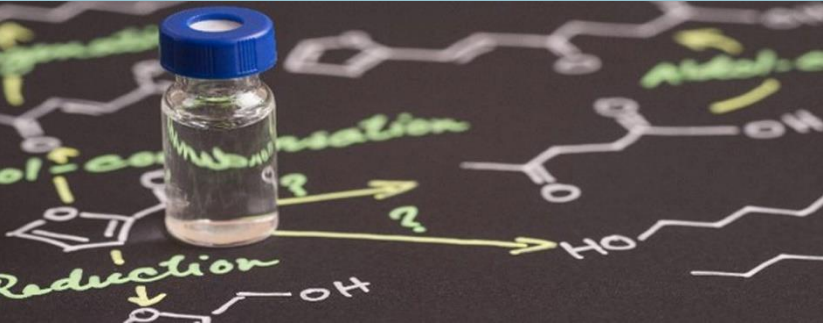
DR. EVA OBLAK: NANO-TRIBOLOŠKE LASTNOSTI MEJNIH POVRŠINSKIH FILMOV

V sistemih, ki obratujejo v režimu mejnega mazanja, imajo lastnosti nastalega tribofilma ključen vpliv na trenje. Dosedanje raziskave so bile v večini usmerjene v proučevanje kemijskih lastnosti tribofilmov, medtem ko so njihove mehanske lastnosti še vedno zelo slabo ovrednotene. V raziskavi smo se osredotočili na kontakte jeklo/jeklo, jeklo/a-C:H in jeklo/Si-DLC, mazane s tremi olji z različno reaktivnostjo aditivov in okoljsko sprejemljivostjo (olja razreda E6 in E7), z mineralnim baznim oljem z aditivi ZDDP in s čistim mineralnim baznim oljem. Mehanske in tribološke lastnosti na nanoskali smo proučevali pri dveh različnih časih drsenja, s čimer smo lahko ovrednotili tudi rast in razvoj tribofilma. Z mikroskopom na atomsko silo (AFM) smo merili lastnosti tribofilma, kot so: morfologija, hrapavost, trenje, togost, debelina filma in adhezija. Z nanovtiskovalcem smo določili njihovo trdoto. Rezultati so potrdili nastanek tribofilma na vseh izbranih površinah. Poleg tega smo pokazali, da je rast tribofilma močno odvisna od izbranih aditivov in površine. Na koncu smo ovrednotili še korelacije med lastnostmi tribofilmov na nanoskali in trenjem na makro skali.



DR. VLADIMIR PEJAKOVIČ: VPLIV IONSKIH TEKOČIN NA MEJNO MAZANJE JEKLENIH POVRŠIN

V doktorski disertaciji smo raziskovali tribološke lastnosti različnih kombinacij kationov in anionov v sulfatnih ionskih tekočinah, ki smo jih uporabljali kot dodatke v baznih oljih za mejno mazanje jeklenih kontaktov. Uporabljena sulfatna skupina ionskih tekočin pred tem še ni bila raziskana v literaturi, kar predstavlja znanstveno novost naloge. Rezultati so pokazali jasen vpliv vrste kationov, kakor tudi dolžine alkilne verige anionov na tribološko obnašanje maziv. Za nekatere kontaktne razmere je bila ugotovljena tudi optimalna koncentracija ionskih tekočin. Zaščitni površinski mejni filmi, ki se tvorijo med tribološkimi kontakti temeljijo predvsem na osnovi sulfidov, ki omogočajo znižanje trenja.



DR. SOMAYEH AKBARI: TRIBOKEMIJSKI MEHANIZMI MEJNEGA IN MEŠANEGA REŽIMA MAZANJA

V doktorski nalogi smo se osredotočili na temeljno razumevanje interakcij med prevleko in aditivom ZDDP. Na podlagi dobljenih rezultatov smo predlagali mehanizme reakcij termičnih filmov aditiva ZDDP na DLC prevleke. Določili smo kemijske interakcije ZDDP s površinami pri statičnih pogojih, kar predstavlja običajen pristop za primerjavo in dopolnitev triboloških rezultatov, z namenom obrazložitve tribokemijskih mehanizmov. Po raziskavi tvorbe termičnih filmov ZDDP na vse obravnavane površine smo tako kot s statičnimi testi ovrednotili tvorbo triboloških filmov ZDDP na taistih površinah, ki so nastali pri različnih temperaturah in koncentracijah. Določili smo vpliv teh parametrov na tribološko obnašanje vseh kontaktov z ZDDP v mejnem režimu mazanja. Reaktivnost vseh površin z ZDDP, v primeru termičnih in triboloških testov, je bila določena predvsem s kemijsko karakterizacijo, za kar je bila uporabljena tehnika infrardeče spektroskopije s Fourierjevo transformacijo z zmanjšano totalno refleksijo (ATR-FTIR), ki v literaturi ni pogosto uporabljena, in rentgenska fotoelektronska spektroskopija.

IZPOSTAVLJENE PUBLIKACIJE

M. Valant, U. Luin, M. Fanetti, A. Mavrič, K. Vyshniakova, Z. Siketić, M. Kalin

Fully transparent nanocomposite coating with an amorphous alumina matrix and exceptional wear and scratch resistance

Advanced functional materials, Vol. 26, no. 24 (2016) 4362–4369

V. Golja, G. Dražič, M. Lorenzetti, J. Vidmar, J. Ščančar, M. Zalaznik, M. Kalin, S. Novak

Characterisation of food contact non-stick coatings containing TiO₂ nanoparticles and study of their possible release into food

Food additives & contaminants. Part A., Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment, Vol. 34, no. 3 (2016) 421–433

K. Simonović, M. Kalin

Experimentally derived friction model to evaluate the anti-wear and friction-modifier additives in steel and DLC contacts

Tribology International, Vol. 111, (2017) 116–37