

Okolju prilagojena »zelena« tribologija za trajnostno inženirstvo prihodnosti

Mitjan Kalin* – Marko Polajnar – Maja Kus – Franc Majdič

Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani, Slovenija

Okoljska ozaveščenost in še posebej zakonodaja, ki zahtevata zmanjšanje emisij v ozračje, sta močni gonilni sili trajnostnega inženirstva in okolju prilagojenih »zelenih« rešitev pri konstruiranju, uporabi in celotni uporabni dobi delovanja strojev. Kljub temu pa zagotavljanje novejših konceptov, ki izključujejo okolju ne-prilagojene rešitve, terja veliko časa in razvoja, saj so se sedanje učinkovite rešitve razvijale več desetletij, pri čemer pa jim niti ni bilo potrebno dosegati sedanjih okoljskih zahtev. Te nove, okolju prilagojene, rešitve torej terjajo svoj čas, sploh če hočemo hkrati zagotoviti in vzdrževati enak nivo tehničnega delovanja. Okolju prilagojena »zelena« tribologija je eno od področij, ki je bilo tesno vpeto v te aktivnosti v zadnjih dveh desetletjih. Raziskave in uporaba tribološke znanosti in tehnologije v smeri zelenega in trajnostnega inženirstva tako vključuje zmanjševanje porabe naravnih virov, še posebej fosilnih goriv in olja ter redkih materialov, nižje trenje in s tem nižjo rabo energije, zmanjšanje onesnaževanja in izpustov, manj obrabe in poškodb ter s tem manj vzdrževanja in posredno podaljšanje investicijskih ciklov v stroje. V tem prispevku ne povzemamo vseh obstoječih konceptov ali celotne literature s tega področja, temveč predstavljamo delo raziskovalne skupine avtorjev prispevka v zadnjih dvajsetih letih, ki v glavnem vključuje novejša koncepta zelenega mazanja, ki izhajajo iz raziskovanj in uporabe površinskega inženiringa z uporabo prevlek na osnovi diamantu podobnega ogljika (DLC). V članku je tako predstavljenih osem različnih konceptov zelenega mazanja DLC prevlek, ki so plod raziskav naše skupine.

Najprej prikazujemo uporabo biološko razgradljivih olj, ki se izkažejo za boljše bazna maziva od običajnih mineralnih olj in nadaljujemo z uporabo olj z aditivi z nizko vsebnostjo žveplovega pepela, fosforja in žvepla (SAPS), za katere smo pokazali, da lahko učinkovito ščitijo DLC površine in zagotavljajo nizko trenje. Sledijo primeri uporabe še bolj blagih aditivov, in sicer od preprostih organskih aditivov za katere smo pokazali, da lahko celo na DLC prevlekeh tvorijo zelo tanek mazalnih film in ščitijo površine, do nano-delcev, ki lahko le na podlagi fizikalnega delovanja učinkujejo kot odlični aditivi v olju in uspešno zmanjšujejo tako trenje kot obrabo. Predstavljene pa so tudi najnovejše raziskave z uporabo ionskih tekočin, kot potencialnih aditivov za mazanje DLC prevlek za doseganje nizkega trenja.

Naslednji vsebinski sklop prikazuje rezultate, kjer smo za povsem bazna olja in preproste ogljikovodike - oboje povsem brez aditivov - pokazali, da lahko samo s spreminjanjem molekulske strukture, reologije in mejnih pogojev med površino in tekočino znatno vplivamo na zmanjšanje trenja v kontaktu. Za DLC prevleke smo tako ugotovili, da že z baznimi olji dosegamo nizko trenje in tudi nizko obrabo, ter da z razliko od običajnih jeklenih kontaktov za sočasno nizko trenje in obrabo, ne potrebujemo visoko viskoznega olja, saj DLC prevleke same po sebi preprečujejo adhezijo. V drugem delu pa je prikazano, kako lahko le z uporabo različnih vrst DLC prevlek, ki imajo z mazalnim oljem različno omočljivost, dosegamo znatno znižanje trenja in sicer celo do 50 %. In to brez uporabe aditivov.

V zadnjem delu so predstavljeni primeri vodnega mazanja, tako DLC prevlek, kot tudi keramičnih površin. Pri tem so prikazani tudi trije primeri uporabe vodnega mazanja v realno aplikacijo. Kot primer vodnega mazanja keramike je predstavljen primer vodne črpalke s keramičnimi tesnili. Kot primera vodnega mazanja DLC prevleke, pa sta predstavljena, ventil vodne hidravlike in hidravlični motor.

Ključne besede: zeleno mazanje, DLC prevleke, olja z nizkim deležem SAPS aditivov, biološko razgradljiva olja, nanodelci, mejni zdrs, ionske tekočine, vodno mazanje