



## ZISŤOVANIE SÚČINITELĽA TRENIA PRI POUŽÍVANÍ BIOLOGICKY ODBÚRATEĽNÉHO OLEJA HLP SYNTH 46 DETERMINATION OF COEFFICIENT OF FRICTION WHILE USING BIODEGRADABLE OIL HLP SYNTH 46

Tibor Gáspár, Michal Kročko

### Abstract

This paper deals with determination of coefficient of friction of exactly defined test pair, a plate with functional surface made of CuSn10 and a shaft made from steel 12 050. As lubricant we used biodegradable oil HLP Synth 46 from Panolin. Tests were run in compliance with standard ASTM G77-05e1. This paper represents triboelements, testing methodology and results in form of temperature-time and coefficient of friction-time charts.

**Keywords:** tribometrics, biodegradable oils

### Úvod

Tribológia ako veda, má zhromažďovať, triediť, uplatňovať a ďalej rozvíjať vedomosti o vlastnostiach a správaní sa trecích – tribologických uzlov. Väčšina vedcov sa domnieva, že v 21. storočí sa naďalej budú zvyšovať parametre strojov a zariadení. Zvyšovať sa budú pracovné otáčky, teploty a tlaky a tieto charakteristiky budú vyžadovať výkonnejšie mazivá. Medzinárodný vývoj a výskum mazív musí čeliť s výzvou spojiť tieto zvýšené technické nároky na mazivá s ďalšími vlastnosťami, ako bezúdržbové procesy, zvýšené nároky na environmentálnu akceptovateľnosť a bezpečnosť pri použití.

Medzi základné trecie vlastnosti dvojice patrí koeficient trenia  $\mu$ . Intenzita opotrebenia závisí od koeficientu trenia a aj pevnostných vlastností materiálov  $\sigma_0$ . Táto spoločná závislosť nie je jednoznačná, pretože koeficient trenia  $\mu$  závisí od elastických vlastností materiálu, drsnosti povrchu, špecifického zaťaženia a parametrov, ktoré charakterizujú vzájomné molekulárne pôsobenie v mieste kontaktu.

### Materiál a metódy

Experimenty na overenie tribologických vlastností sme uskutočnili v termíne od 16.6.2009 do 22.9.2009 v Tribotechnickom laboratóriu Katedry konštruovania strojov Technickej fakulty SPU v Nitre. Ako skúšobné zariadenie slúžil TRIBOTESTOR M'06. Zariadenie primárne slúži na zisťovanie súčiniteľa trenia medzi dvoma telesami s definovanou kontaktnou plochou. Experiment sa dá uskutočniť za prítomnosti alebo bez mazacieho média. V opísaných experimentoch sme zisťovali súčiniteľ trenia medzi otáčajúcim sa hriadelom a nepohyblivou platničkou za prítomnosti mazacieho média.

Hlavné rozmery hriadeľa uvádzame v tabuľke č. 1. Hriadeľ je vyrobený z ocele triedy 12 s tepelnou úpravou (ocel 12 050, kalená, popustená). Druhý člen tribologického uzla, platnička je vyrobené z koštrukcej nelegovanej ocele 11 373.0, ktorá tvorí jadro platničky, kým funkčný povrch je vytvorený plameňopráškovým žiarovým nástrekom cínového bronzu CuSn10 STN 42 3119. Spomínaný princíp nástreku sa označuje aj ako Cold Spraying, nástrek bol vyhotovený vo Výskumnom ústave zväračskom v Bratislave. Hlavné rozmery platničky uvádzame v tabuľke č. 2.

### Kontaktná adresa:

Ing. Tibor Gáspár, Katedra konštruovania strojov, Technická fakulta, SPU v Nitre, [tibor.gaspar@zoznam.sk](mailto:tibor.gaspar@zoznam.sk)

Ing. Michal Kročko, Katedra konštruovania strojov, Technická fakulta SPU v Nitre, [michal.krocko@uniag.sk](mailto:michal.krocko@uniag.sk)

Tabuľka č. 1 Rozmery hriadeľa  
Table 1 Dimensions of shaft

Parameter, jedn.	Hodnota
Priemer, mm	28,45
Dĺžka, mm	25

Tabuľka č. 2 Rozmery platničky  
Table 2 Dimensions of plate

Parameter, jedn.	Hodnota
Dĺžka x šírka, mm	20 x 20
Hrúbka, mm	5

Ako mazacie médium (pre náš výskum najdôležitejší člen tribologického uzla) sme použili olej HLP Synth 46 od firmy Panolin. Je to biologicky odbúrateľný hydraulický olej, použiteľný ako hydraulické médium v stavebnom priemysle a v strojoch používaných v lesnom hospodárstve. Podľa zloženia prípravok patrí do kategórie HEES (nasýtený syntetický ester). Používaný olej má biologickú odbúrateľnosť 80 % podľa predpisu CEC L-33-T82 (aktuálne CEC L-A-93). Podľa OECD patrí do kategórie ľahko odbúrateľných olejov, keďže dosahuje 70 % v skúške OECD 301 B. Splňa aj nemecký predpis Blauer Angel podľa RAZ-UZ-79. Dosahuje stupeň ohrozenia vody WGK 1 podľa VwVwS. Technické parametre oleja uvádzame v tabuľke č. 3.

Tabuľka č. 3 Parametre oleja HLP Synth 46  
Table 3 Parameters of oil HLP Synth 46

Parameter, jednotka	Hodnota
Kinematická viskozita pri 100 °C, mm <sup>2</sup> . s <sup>-1</sup>	8,7
Kinematická viskozita pri 40 °C, mm <sup>2</sup> . s <sup>-1</sup>	48,7
Hustota, g . ml <sup>-1</sup>	0,921
Bod vzplanutia, °C	221
Bod tuhnutia, °C	- 58

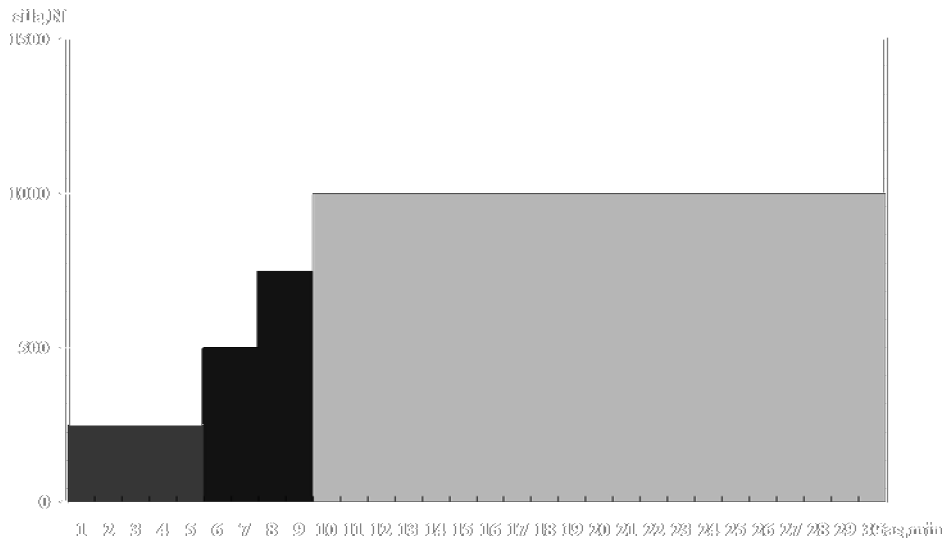
Keďže sa v dnešnej dobe na zisťovanie trecích vlastností materiálov používa celosvetovo veľké množstvo národných predpisov aj firemných noriem, pri výbere skúšobnej metódy sme uprednostňovali najrozšírenejšie metódy. Zabezpečuje to jednoduchšie overenie dosiahnutých výsledkov a zvýši možnosť použitia dosiahnutých výsledkov v praxi ako referenčné údaje. Ako základný spôsob zistenia spomínaného parametra sme si zvolili americký predpis ASTM G77-05e1 (popisný názov normy: Standard Test Method for Ranking Resistance of Materials to Sliding Wear Using Block-on-Ring Wear Test – Štandardná testovacia metóda pre hodnotenie odolnosti materiálov proti opotrebeniu použitím testu opotrebenia kváder-kotúč). Norma v prvom rade slúži pre hodnotenie presne definovaných klzných dvojíc a presne definovanej medzilátky.

Stanovené parametre skúšky:

- otáčky: 180 otáčok za minútu, konštantné po celej dobe trvania skúšky, v smere hodinových ručičiek (odporúčané podľa ASTM G77-05e1),
- doba trvania skúšky: 30 minút (odporúčané podľa ASTM G77-05e1),
- zaťaženie: v rozsahu od 250 N do 1000 N, podľa grafu 1.

V prípade, že sa za stanovených typických nastavení nevytvorí merateľná stopa na trecom povrchu, norma dovoľuje parameter skúšky modifikovať tak, aby sa vytvorila merateľná stopa. Vzhľadom na modifikované rozmery trecieho kontaktu a priebeh, zaťaženie trecieho uzla sme stanovili nasledovne (grafické znázornenie závislosti zaťažovacej sily na čase skúšky vidieť na obrázku č. 1):

- konštantné zaťaženie 250 N prvých päť minút skúšky,
- zvýšenie zaťaženia o 250 N na dobu dvoch minút (celkom 3 krát), až k dosiahnutiu zaťaženia 1000 N,
- konštantné zaťaženie 1000 N až po dosiahnutie doby skúšky 30 minút.



Obrázok č. 1 Závislosť skúšobnej sily na čase skúšky  
Picture 1 Relation of testing force on testing time

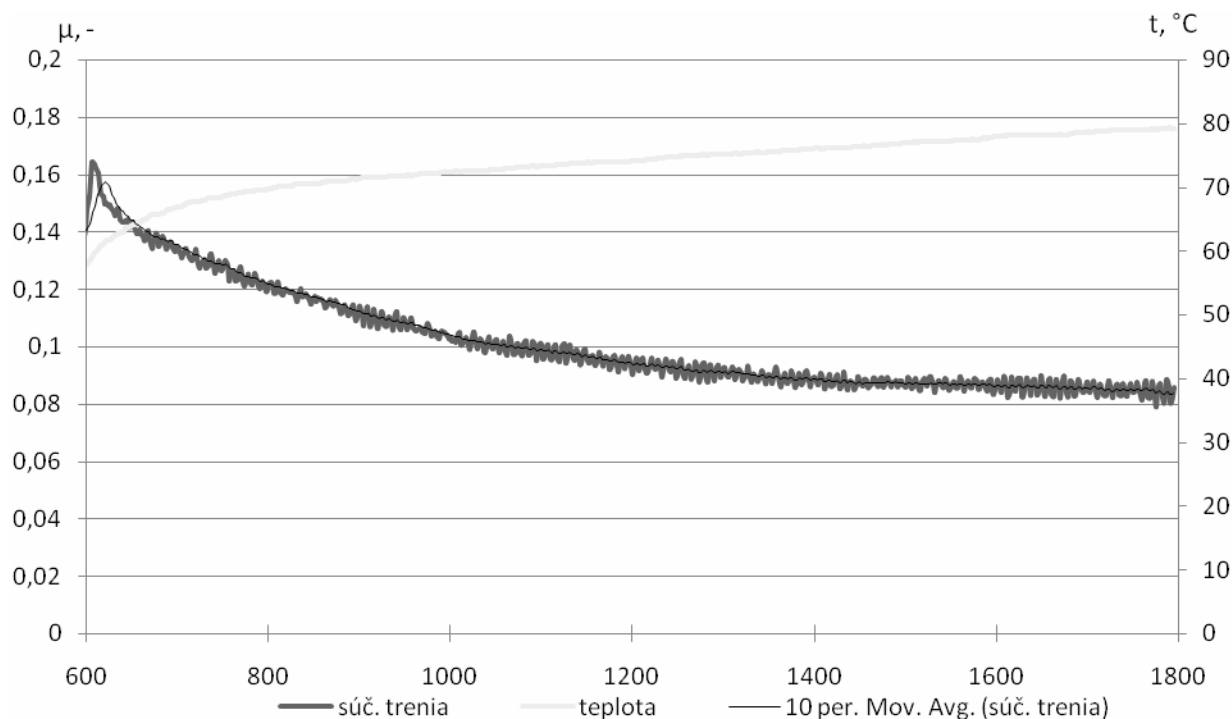
## Výsledky a diskusia

Za spomínané obdobie sme uskutočnili 10 meraní podľa uvedenej metodiky. Sledované parametre sa zaznamenali približne 6 krát za sekundu počas celej doby skúšky. Takéto množstvo údajov je pre naše ciele teoreticky aj prakticky zbytočné. Počas prvotných fáz skúšania však môžu slúžiť na odhalenie skrytých chýb celej metodiky, ale aj napr. uloženia tribologického uzla. Získané údaje sme zpriemerovali každé štyri sekundy. Pri takom úzkom stupni zpriemerovania sú ešte zachované vplyvy lokálnych extrémov, pričom výsledná krivka je prehľadnejšia. Výslednú krivku vidieť na obrázku č. 2.

Tmavšia krivka predstavuje závislosť súčiniteľa trenia na čase. Časová os sa začína na 600 sekundách. Prvých 600 sekúnd skúšky predstavuje fázu zábehu, počas ktorého normálová sila medzi skúšobnou dvojicou je premenná. Práve z tohoto dôvodu, údaje získané počas tejto fázy skúšky nie sú použiteľné na vykazovanie akejkoľvek závislosti. Počas samotnej fázy skúšky, keď podmienky skúšky sú už ustálené sme zaznamenali klesajúcu hodnotu súčiniteľa trenia. Vyplýva to zo zvyšujúcej konformity kontaktných povrchov a z dosiahnutia efektívnej účinnosti mazacieho média. Pre zjednodušenie krivky sme použili, ako trendovú čiaru, plávajúci priemer s periódou 10. Výsledná ustálená hodnota pre túto materiálovú dvojicu a uvedené skúšobné podmienky má hodnotu 0,085.

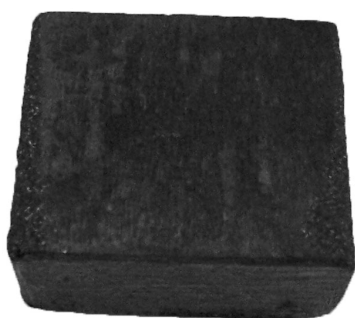
Svetlejšia krivka na obrázku č. 2 predstavuje závislosť teploty na čase skúšky. Krivka má logaritmický priebeh, s hranicou na úrovni 80°C. Takýto priebeh závislosti je vynikajúci pre testovanie biologicky odbúrateľných olejov. Tie totiž pri dlhšom pôsobení vysokých teplôt (okolo 100°C) sa rozkladajú a stráca sa mazací účinok.

Cieľom celej skúšky je vytvorenie viditeľnej stopy na skúšobnej platničke. Odmeranie základných rozmerov tejto stopy, ale aj objemu, je cieľom nášho ďalšieho výskumu. Pomocou týchto parametrov sa môžu rôzne oleje a páry materiálov triediť.

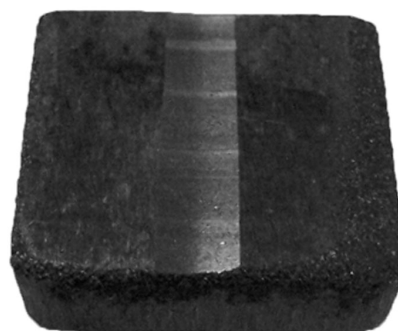


Obrázok č. 2 Závislosti súčiniteľa trenia a teploty na čase skúšky  
Picture 2 Coefficient off friction-test time and temperature-test time characteristic

Na obrázku č. 3 vidíme pohľad na skúšobnú platničku pred skúškou. Na obrázku č. 4 vidieť tú istú skúšobnú platničku po uskutočnení merania. Vytvorená stopa po trení je viditeľná. Pomocou moderných a presných prístrojov sa dá táto stopa s veľkou presnosťou odmerať a získané údaje použiť na výpočet hmotnosti stratenej počas skúšky.



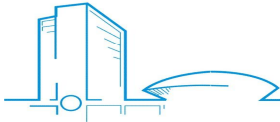
Obrázok č. 3 Platnička pred skúškou  
Picture 3 Disc before the test



Obrázok č. 4 Platnička po skúške  
Picture 4 Disc after the test

## Záver

Môžeme konštatovať, že uvedené výsledky splnili naše predpoklady, tak kvantitatívne ako aj kvalitatívne. Uvedená testovacia metóda je vhodná na relatívne rýchle, jednoduché a nenákladné zisťovanie súčiniteľa trenia medzi telesami s presne definovanou kontaktnou plochou. Vďaka relatívne širokej rozšírenosti použitia testovacej metódy, získané údaje môžu slúžiť na doplnenie tribometrických tabuliek. Na druhej strane, pri



voľbe adekvatných testovacích kritérií získané údaje sa môžu využívať pri navrhovaní tribologických uzlov. Podľa uvedených výsledkov, súčiniteľ trenia biologicky odbúrateľného oleja HLP Synth 46 od firmy Panolin pri uvedenej metóde, skúšobných podmienkach a pre uvedenú materiálovú dvojicu bola na úrovni 0,085. Teplota tribologického uzla počas celého priebehu skúšky nepresiahla 80°C. Na skúšobnej platničke sa vytvorila viditeľná stopa, ktorá bude slúžiť na ďalší výskum pri porovnaní viacerých biologicky odbúrateľných mazív.

### **Literatúra**

- Rédl,J.,Kročko, V. : 2009. Mathematical model of Jeffcot rotor supported on slide bearings assembly. Anals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. Agriculture No.53 2009. p.85-91. ISBN 1898-6730.
- Kučera,M., Rédl,J. 2009. Možnosti predikcie vlastností vybraných materiálov v podmienkach suchého trenia. In Výrobné inžinierstvo. Roč. 8, č.1 (2009), s.48-52 ISSN 1335-7972
- Kadnár,M., Rédl,J. 2009. Analýza trecích vlastností klzného uzla mazaného olejom Tantalus SE 220. In *ERIN 2009*. VŠB – Technická univerzita Ostrava 2009

### **Súhrn**

V tomto článku sme sa zaoberali zisťovaním súčiniteľa trenia presne definovanej skúšobnej dvojice, platničky s funkčným povrchom z CuSn10 a hriadeľa z ocele 12 050. Ako mazacie médium sme použili biologicky odbúrateľný olej HLP Synth 46 od firmy Panolin. Skúška prebiehala podľa platnej normy ASTM G77-05e1. V článku sú opísané tribologické elementy tribosystému, metodika skúšania a výsledky vo forme závislosti teploty a súčiniteľa trenia na čase.

**Kľúčové slová:** tribometria, bioodbúrateľné oleje