

MĚŘENÍ TŘENÍ OLEJOVÉ PŘÍSAKY NANOTECH

Zpráva z měření NanoTech 2018-11-a

Zákazník: NANOTECH-EUROPE s.r.o., Nové sady 988/2, 602 00 Brno, IČ: 7037333

Zakázka: NanoLub AC-1100 AW/AF

Zodpovědné osoby: doc. Petr Svoboda, Ph.D. (Petr.Svoboda@vut.cz)

Ing. Petr Šperka, Ph.D. (sperka@fme.vutbr.cz)

Ing. Daniel Kvarda

Brno, 11/2018

OBSAH

1. EXPERIMENTÁLNÍ METODA A MATERIÁL.....	3
2. POPIS METODY.....	4
3. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY.....	5
4. HODNOCENÍ OPOTŘEBENÍ.....	6
5. DISKUZE A ZÁVĚR.....	7

1. EXPERIMENTÁLNÍ METODA A MATERIÁL

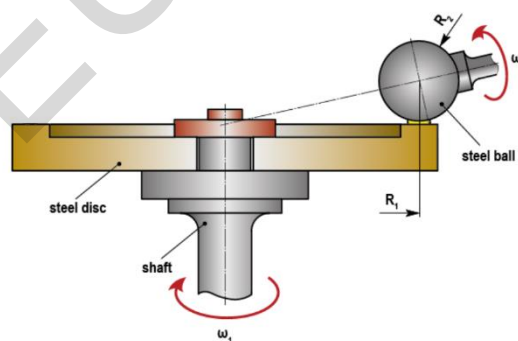
Tab. 1 – Metoda, materiál a parametry testů „Ball-on-Disk“

Testovací zařízení Mini Traction Machine, PCS Instruments, UK



Metoda testování Rotační test typu „Ball-on-Disk“

Popis testu Otáčející se kulička (ball) je zatěžována konstantní silou vůči čelní ploše rotujícího disku (disk).



Měřené veličiny Třecí síla F_x (N)
Zátěžná síla F_z (N)
Teplota oleje ve vaně T_{oil} (°C)

Vyhodnocené veličiny Součinitel tření $CoF = F_x / F_z$ (-)
Topografie (opotřebení) disku

Zkušební těleso Kulička průměr 19,05 mm, materiál AISI 52100

Vzorky Vzorek disku – materiál AISI 52100, průměr 46 mm

Mazivo Základový olej R560/88
Základový olej R560/88 + 3 hm.% NanoLub AC-1100 AW/AF

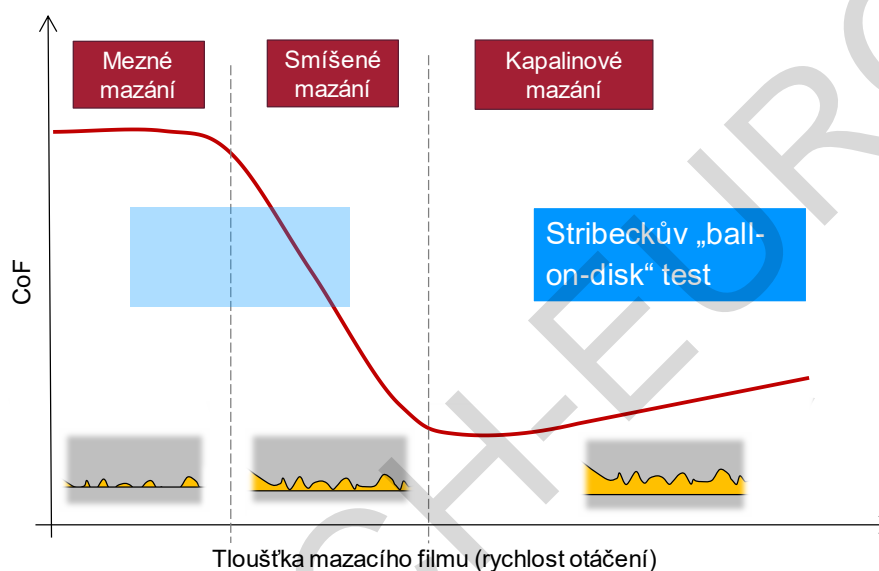
Teplota okolí 90 °C

Parametry testu

Zátěžná (normálová) síla	38,4 N
Kontaktní tlak	1 GPa
Rychlost otáčení	0,005 – 0,1 m/s

2. POPIS TESTOVÁNÍ

Podmínky „Ball-on-Disk“ testu byly navrženy tak, aby byl kontakt provozován pro dané rychlosti v oblasti mezného až smíšeného mazání. V těchto režimech dochází k přímé interakci mezi nerovnostmi na površích, ale určitá malá část zatížení je přenášena kapalinovým mazacím filmem. Tyto režimy jsou relevantní pro chod tribologických rozhraní některých strojních součástí ve spalovacím motoru především v kritických fázích provozu stroje. Na Obr. 1 je zakreslen rozsah testu na Stribeckově křivce.



Obr. 1 – Podmínky „Ball-on-disk“ testu na Stribeckově křivce

Před každým testem byla vana s mazivem a vzorky zahřáta na 90 °C. V první části měření proběhl záběhová fáze při rychlosti 1 m/s a relativním prokluzu mezi povrchy (SRR) 15 %. Délka trvání záběhového testu byla 10 min. Po dokončení záběhu proběhl Stribeckův test logaritmičtě rozdělený na 7 rychlostí od 0,005 m/s do 0,1 m/s při SRR 15 %. Každá rychlost byla měřená pro oba směry otáčení po dobu cca 4 s. Měření topografie povrchu vzorků bylo provedeno před začátkem testů a po jejich ukončení.

Tab. 2 – Průběh testů „Ball-on-Disk“

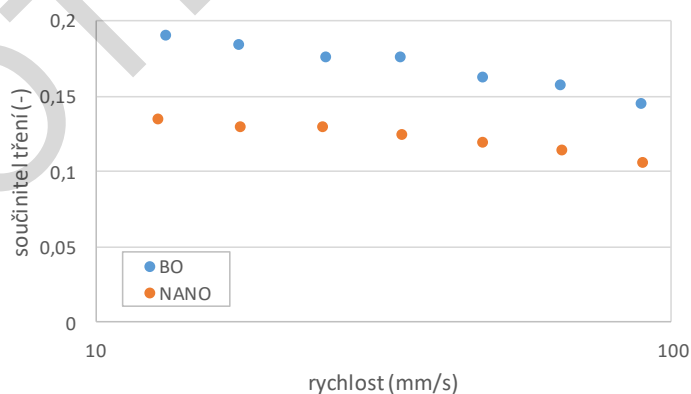
		Zatížení	Rychlost, skluz	Teplota	Čas
1	Časový test (záběh)	38,4 N (1 GPa)	1 m/s, 15%	90 °C	10 min
2	Stribeckův test	38,4 N (1 GPa)	0,005 – 0,1 m/s, 15%	90 °C	1 min



Obr. 2 – Testovací konfigurace „Ball-on-Disk“

3. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

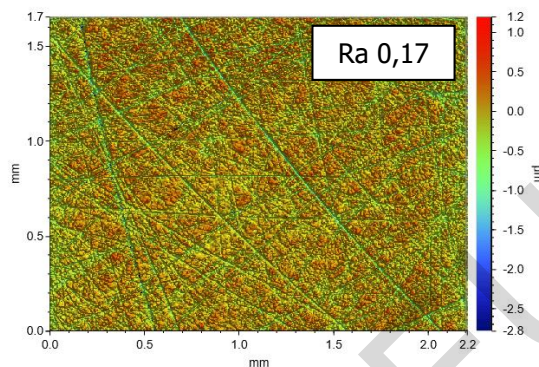
Výsledky Stribeckového testu jsou zobrazeny na Obr. 2. Hodnoty součinitele tření pro základový olej jsou vyšší než u maziva s aditivem. S postupným nárůstem rychlosti dochází ke snižování rozdílu mezi hodnotami součinitele tření.



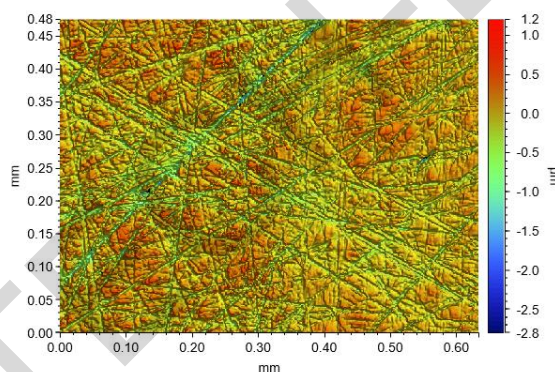
Obr. 2 – Výsledky Stribeckových testů pro základový olej (BO) a zákl. olej + aditivum (NANO)

4. HODNOCENÍ OPOTŘEBENÍ

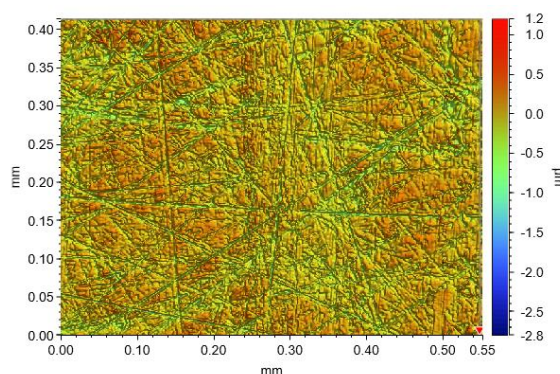
Vyhodnocení opotřebení proběhlo na optickém profilometru Bruker Contour-GT X8. Na optickém profilometru byl změřen povrch vzorků napříč stopou. Topografie disku po testech nejevila významnějších změn v průběhu testů (Obr. 13 – 15). Výchozí drsnost povrchu byla $R_a 0,17 \mu\text{m}$. Stopy mírného opotřebení jsou sice okem viditelné (Obr. 14 a 15), ovšem nedostatečné pro relevantní vyhodnocení objemu odebraného materiálu.



Obr. 13 – Topografie disku před testy „Ball-on-Disk“ (výchozí)



Obr. 14 – Topografie disku po testu „Ball-on-Disk“ se základovým olejem



Obr. 15 – Topografie disku po testu „Ball-on-Disk“ se základovým olejem + aditivem

5. DISKUZE A ZÁVĚR

Byl proveden test zaměřený na zjištění tření v konfiguraci „Ball-on-Disk“. Podmínky testu, tj. 1GPa maximální kontaktní tlak, velikost relativního prokluzu vůči valení 15 % a konfigurace testu „Ball-on-disk“ jsou blízké kontaktům ve valivých ložiscích, ozubených převodech a vačkách. Byl proveden Stribeckův test pro zjištění hodnoty tření v závislosti na rychlosti. Podmínky byly zvoleny takové, aby provoz byl v mezném a smíšeném režimu mazání, kde dochází k interakci mezi povrchy a zároveň v něm mohou částečně pracovat i reálné strojní uzly ve spalovacím motoru v kritických fázích provozu. Také výchozí drsnosti povrchů jsou blízké reálným součástem.

Výsledky Stribeckového testu viditelně ukazují, že vzorek maziva s aditivem poskytuje nižší tření v rozvinutém smíšeném a mezném režimu mazání. Nižší tření je o průměrných 25 % ve smíšeném a mezném režimu mazání. S rostoucí rychlostí a přechodem do plného kapalinového mazání se pozitivní snížení tření postupně snižuje.

Vyhodnocení topografie povrchu disku před a po testu v konfiguraci vykazuje velmi malé známky opotřebení, které není dostatečné pro relevantní číselné vyhodnocení objemu odebraného materiálu.

Z výsledků je zřejmé, že aditivum pracuje jako „antiwear“ a „friction modifying“ aditiva a snižuje tření, tam kde dochází k výraznější interakci mezi povrchy strojních součástí. To je doprovázeno výraznějším snížením velikosti opotřebení.