

## MĚŘENÍ OPOTŘEBENÍ OLEJOVÉ PŘÍSADY NANOTECH

*Zpráva z měření NanoTech 11/2018*

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 TESTOVÁNÍ.....	4
3. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY .....	5
4. DISKUZE A ZÁVĚR .....	8

NANOTECH-EUROPE

## 1. EXPERIMENTÁLNÍ METODA A MATERIÁL

Tab. 1 – Metoda, materiál a parametry testů „Block-on-Ring“

### Testovací zařízení

Univerzální tribometr Multi Function Tribometer, Rtec Instruments, USA

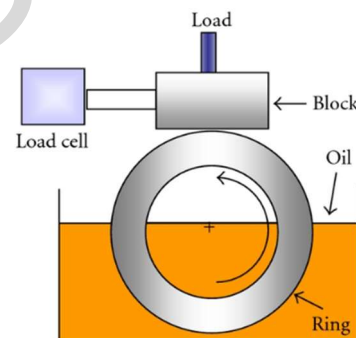


### Metoda testování

Rotací test typu „Block-on-Ring“

### Popis testu

Plochý vzorek (block) je zatěžován konstantní silou vůči vnější válcové ploše rotujícího kroužku (ring).



### Měřené veličiny

Třecí síla  $F_x$  (N)  
Zátěžná síla  $F_z$  (N)  
Teplota nádoby na mazivo  $T$  (°C)

### Vyhodnocené veličiny

Součinitel smykového tření  $CoF = F_x / F_z$  (-)  
Opotřebení

### Zkušební těleso

Kroužek průměr 35 mm, materiál AISI 52100

### Vzorky

Plochý vzorek – materiál AISI 52100, šířka 6,5 mm

### Mazivo

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

### Teplota okolí

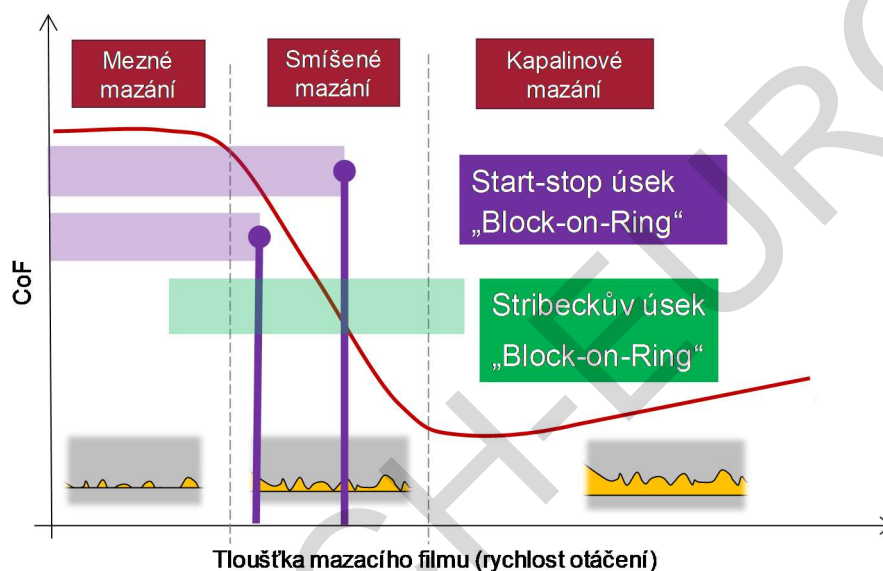
90 °C

### Parametry testu

Zátěžná (normálová) síla	90 N
Rychlost otáčení	60, 120, 270, 550, 1200, 1600, 2200 ot/min
Celková doba testu pro každé mazivo	174 min

## 2. POPIS TESTOVÁNÍ

Podmínky testu byly navrženy tak, aby byl kontakt byl provozován při rychlostech pokrývající rozsah od mezního po kapalinový režim mazání. V mezním a smíšeném režimu mazání dochází k přímé interakci mezi nerovnostmi na površích. 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.

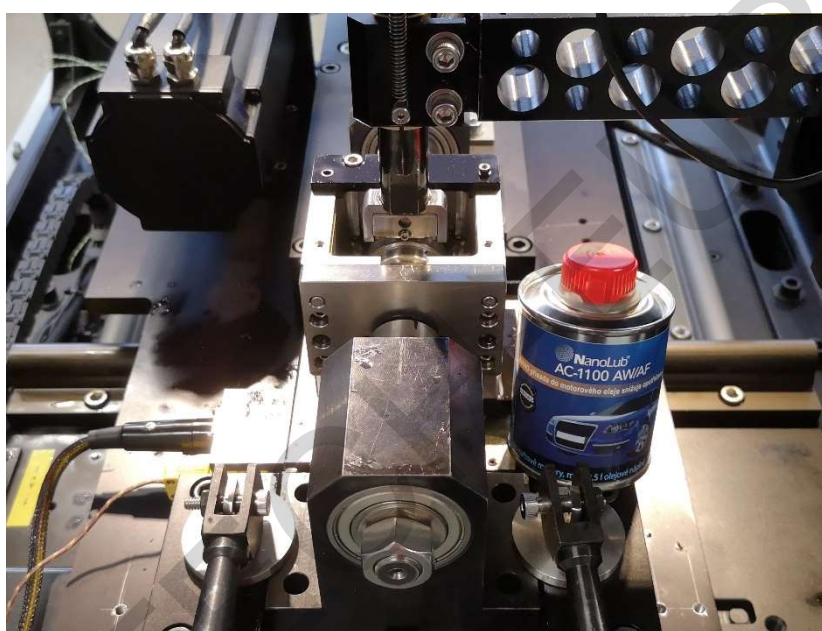


Obr. 1 – Podmínky „Block-on-ring“ testu na Stribeckově křivce

Před každým testem byla vana s mazivem a vzorky zahřata na 90 °C. V první části měření proběhl záběhový úsek, při kterém se po minutě střídal rychlost otáčení mezi 550 ot/min a 1600 ot/min po dobu 10 min. Navíc byla každá rychlost rozdělena po půl minutách pro změnu směru otáčení kroužku. Ihned po dokončení záběhu proběhl Stribeckův úsek s rozdělením rychlostí: 60 ot/min, 120 ot/min, 270 ot/min, 550 ot/min, 1100 ot/min, 1600 ot/min, 2200 ot/min. Každá rychlost probíhala po dobu 1 min a byla rozdělena po 30 s na oba směry otáčení. Po dokončení Stribeckova úseku proběhl dlouhodobý časový úsek start-stop cyklů. Průběh tohoto testu z hlediska rychlostí byl stejný jako v případě záběhu, pouze čas testu byl 150 min. Po dokončení časového start-stop úseku proběhl opět Stribeckův úsek. Před začátkem a po dokončení celého testu byla změřena topografie povrchu kroužku (Ring) a plochého vzorku (Block) na optickém profilometru Bruker Contour-GT X8.

Tab. 2 – Průběh testu „Block-on-Ring“

		Zatížení	Rychlost	Teplota	Čas
1	<b>Záběh</b>	90 N	550 ot/min, 1600 ot/min	90 °C	10 min
2	<b>Stribeckův úsek</b>	90 N	60 – 2200 ot/min	90 °C	7 min
3	<b>Start-stop úsek</b>	90 N	550 ot/min, 1600 ot/min	90 °C	150 min
4	<b>Stribeckův úsek</b>	90 N	60 – 2200 ot/min	90 °C	7 min

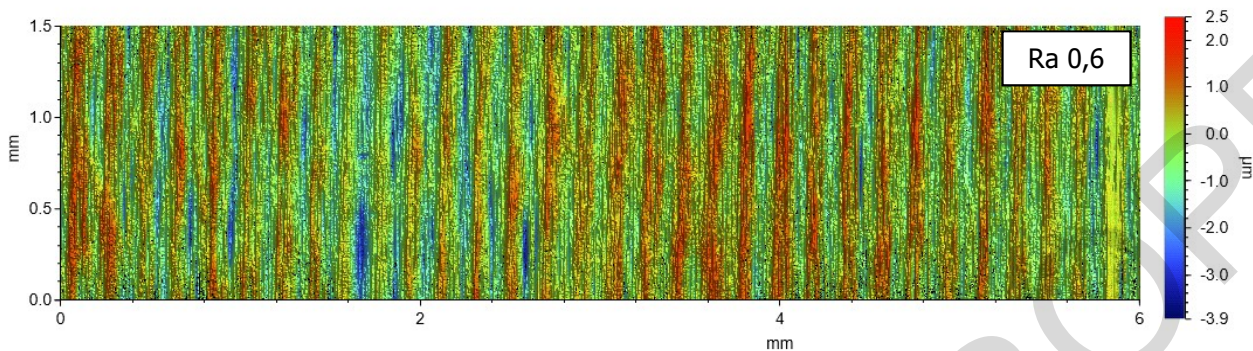


Obr. 2 – Testovací konfigurace „Block-on-Ring“

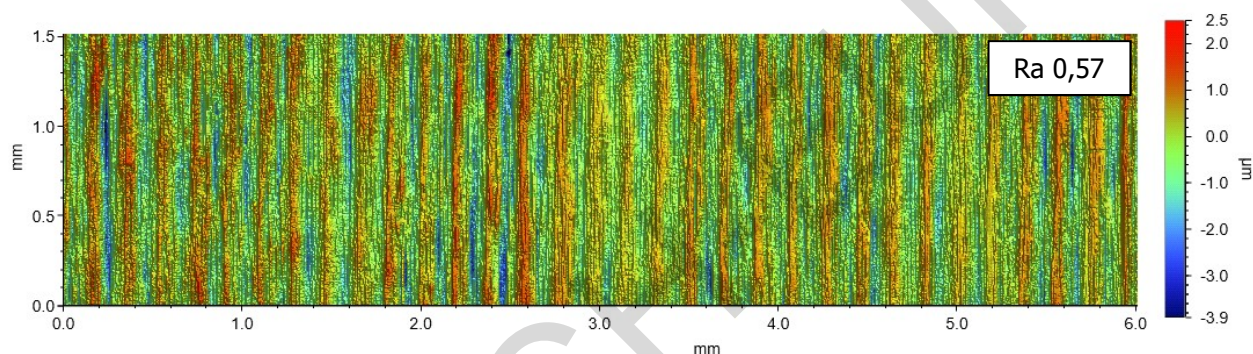
### 3. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

Výsledné vyhodnocení opotřebení pro testy „Block-on-Ring“ proběhlo na povrchu plochého vzorku (Blocku). Vzorek kroužku nejevil znatelnější změnu topografie povrchu, jak lze vidět na Obr. 3 a Obr. 4.



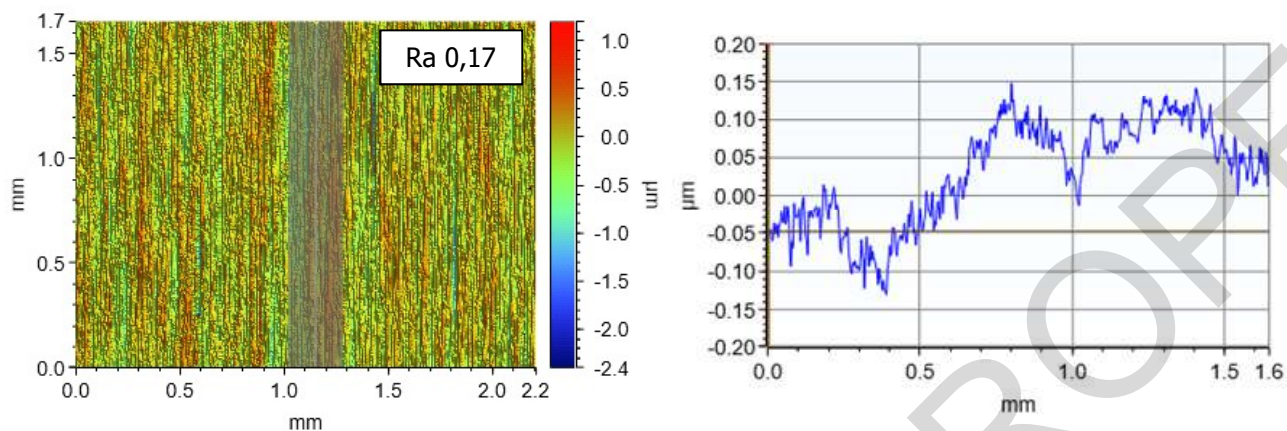


Obr. 3 – Topografie vzorku kroužku před testy „Block-on-Ring“

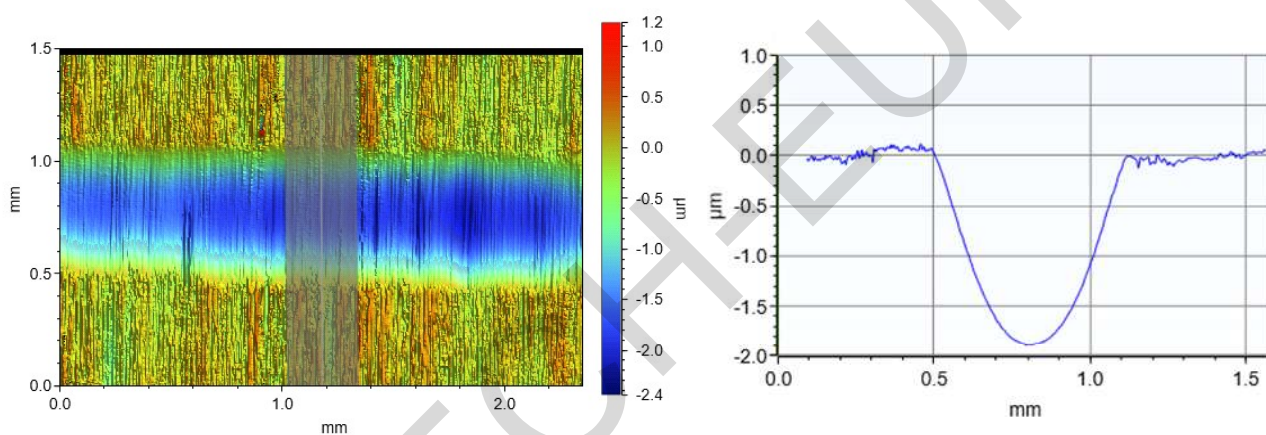


Obr. 4 – Topografie vzorku kroužku po testech „Block-on-Ring“

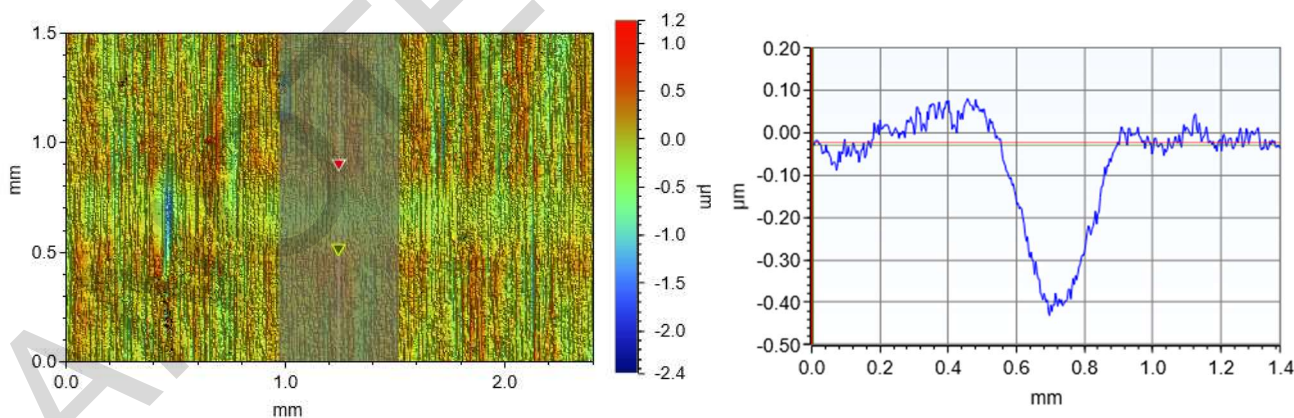
Topografie povrchu plochého vzorku (blocku) byla měřena před testy a po dokončení testu s mazivem. Počáteční stav povrchu je zobrazen na Obr. 5 a výchozí drsnost povrchu byla Ra 0,17  $\mu\text{m}$ . Opotřebení povrchu po dokončení testu se základovým olejem je zobrazeno na Obr. 6. Hloubka vzniklé drážky dosáhla v průměru hodnoty 1,8  $\mu\text{m}$  a šířka drážky 0,6 mm. Objem odebraného materiálu v celé kontaktní ploše je 0,0026  $\text{mm}^3$ . Topografie povrchu po testu s olejem s přísadou Nanolub je na Obr. 7. Velikost opotřebení je mnohem mírnějšího charakteru než u základového oleje. Hloubka drážky byla v průměru 0,4  $\mu\text{m}$  a šířka 0,38 mm. Množství odebraného materiálu v celé kontaktní ploše je 0,0003  $\text{mm}^3$ .



Obr. 5 – Topografie plochého vzorku před testy „Block-on-Ring“ (výchozí)



Obr. 6 – Topografie plochého vzorku po testu „Block-on-Ring“ se základovým olejem



Obr. 7 – Topografie plochého vzorku po testu „Block-on-Ring“ se základovým olejem + aditivem

## 4. DISKUZE A ZÁVĚR

Byl proveden test zaměřený na porovnání opotřebení maziva s a bez aditiva Nanotech v testovací konfiguraci „Block-on-Ring“. Zatížení odpovídající 141 MPa středního kontaktního tlaku, pohyb bez valivé složky jsou podmínky blízké některým kontaktům například ve spalovacím motoru. V testu se kombinoval záběhový úsek, Stribeckůvy úseky a časový úsek start-stop cyklů. Podmínky pro časový úsek byly zvoleny takové, aby provoz byl v mezním až smíšeném režimu mazání, kde dochází k interakci mezi povrchu a zároveň v něm částečně pracují i reálné strojní uzly ve spalovacím motoru. Také výchozí drsnosti povrchů jsou blízké reálným součástem.

Vyhodnocení topografie povrchu disku před a po testu na povrchu plochého vzorku (Blocku) byly změřeny rýhy, které umožňují číselně stanovit objem odebraného materiálu. Jak z obrázků, tak z číselného vyhodnocení je patrné, že pro vzorek základového oleje s aditivem byl objem opotřebení přibližně devětkrát nižší než u vzorku čistého základového oleje.

Z výsledků je zřejmé, že aditivum pracuje jako „antiwear“ a „friction modifier“ aditiva a snižuje opotřebení, tam kde dochází k výraznější interakci mezi povrchy strojních součástí.