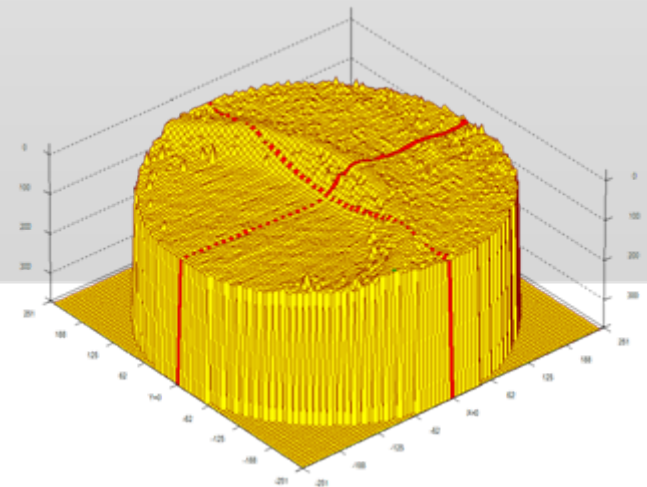


Experimentální studium utváření mazacích filmů při reverzaci a rozběhu třecích povrchů

Experimental Study of Lubrication Films Formation During Start-up and Reversal Motion of Rubbing Surfaces

Ing. Petr Svoboda

školitel: prof. Ing. Ivan Křupka, Ph.D.

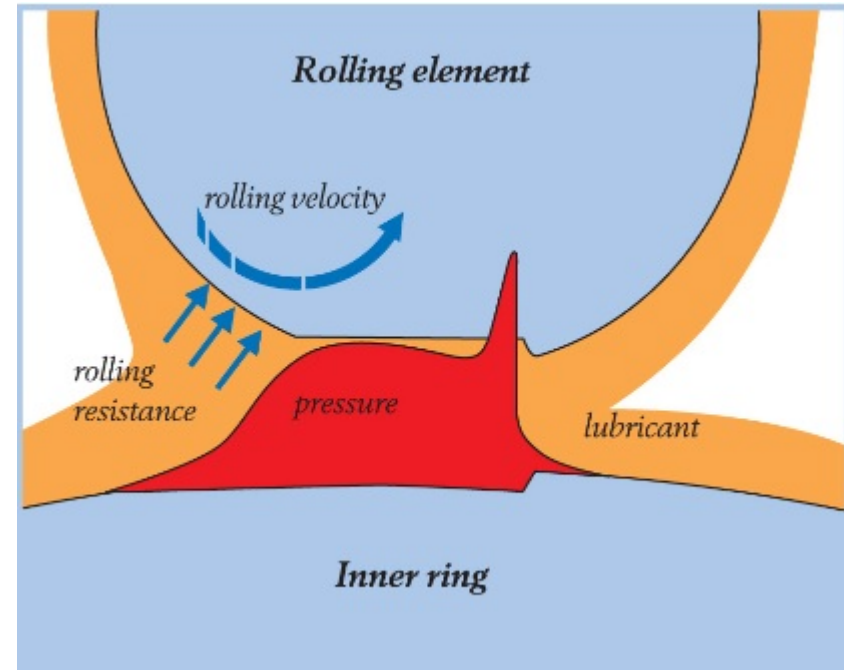


- Úvod do problematiky
- Formulace problému
- Shrnutí současného stavu poznání
- Analýza a zhodnocení poznatků
- Definice cílů
- Experimentální zařízení
- Utváření mazacího filmu při reverzaci a rozběhu třecích povrchů
- Závěr



Elastohydrodynamické mazání:

- nastává během deformace nekonformních povrchů při vysokém zatížení
- dočasné zvýšení viskozity maziva
- mazivo zachyceno mezi deformované protilehlé povrchy



[online - http://evolution.skf.com/img/zimg/en-gb/10_friction1_EN.jpg]

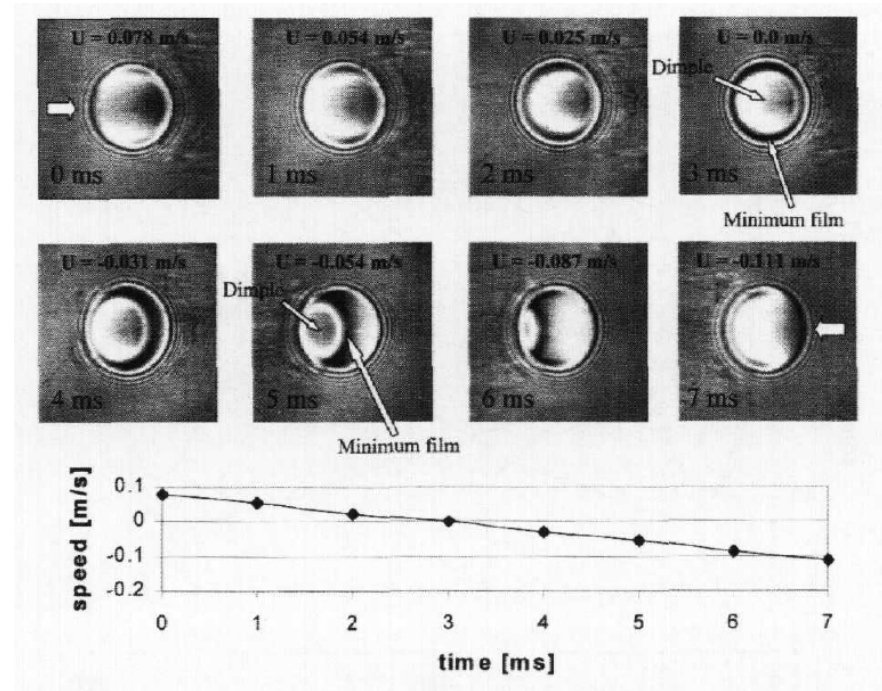
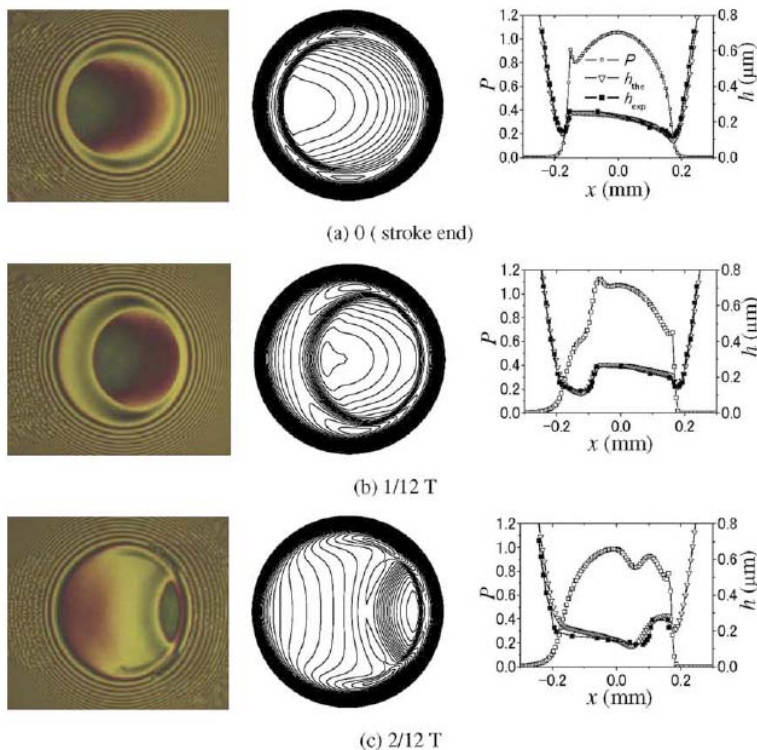
- U strojních prvků nejsou provozní podmínky konstantní, ale proměnné.
- Může docházet ke styku třecích povrchů, opotřebení.
- Zvýšené riziko poškození strojních součástí.
- Je potřeba zajistit funkce mazaných kontaktů i v kritických fázích provozu.



http://img.directindustry.com/image_d/photo_g/ball-bearing-390842.jpg

Reverzace třecích povrchů

Tloušťka filmu v centrální oblasti kontaktu nemá minimální hodnotu v okamžiku nulových rychlostí třecích povrchů, ale nějaký čas po tomto momentu. Toto zpoždění závisí na míře akcelerace.

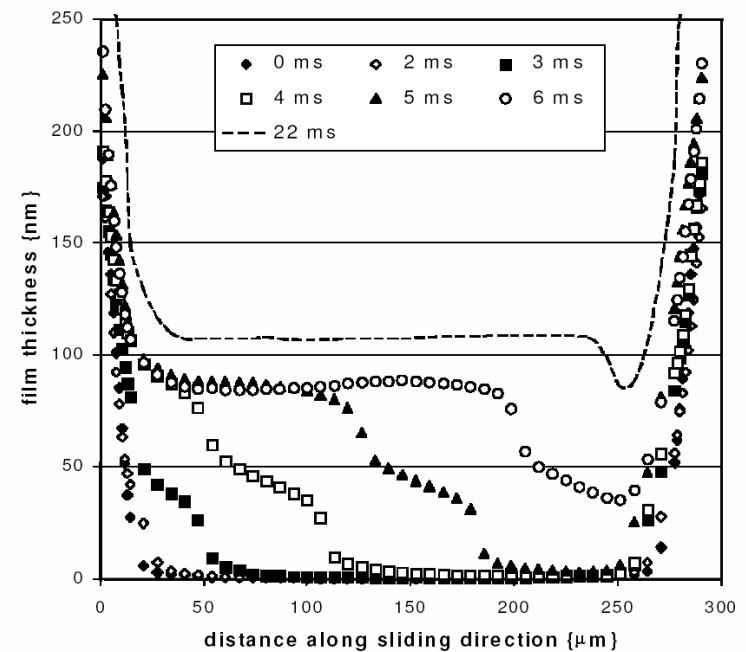
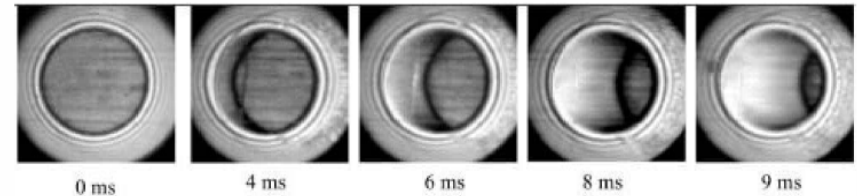
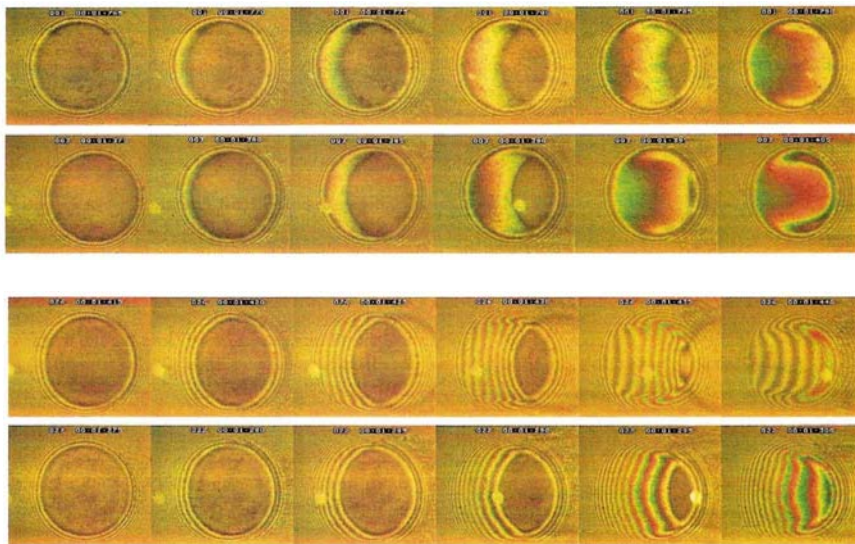


WANG, J., HASIMOTO, T., NISHIKAWA, H., KANETA, M. (2005): *Pure rolling elastohydrodynamic lubrication of short stroke reciprocating motion.*, Tribology International 38, s. 1013-1021.

GLOVNEA, R. P. and SPIKES, H.A. (2002): *Behavior of EHD films during reversal of entrainment in cyclically accelerated/decelerated motion.*, Trib. Trans., 45, 2, s. 177-184.

Rozběh třecích povrchů

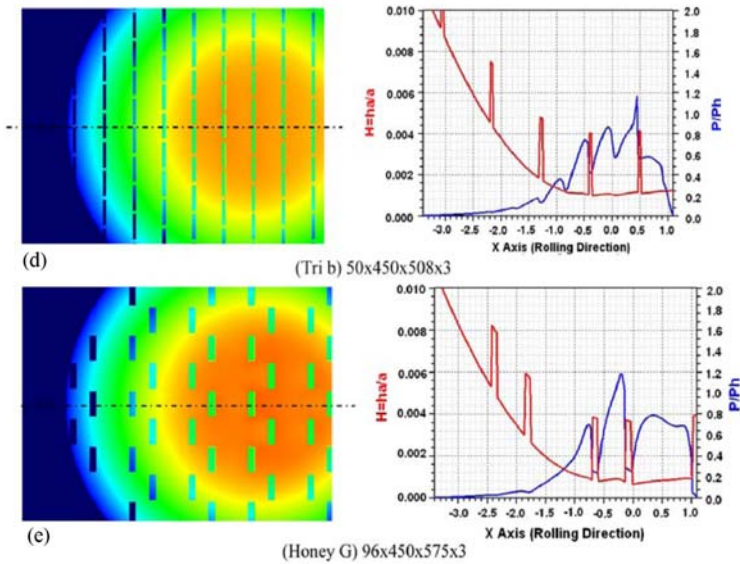
Základní problém představuje vzájemný styk těles při rozběhu třecích povrchů.



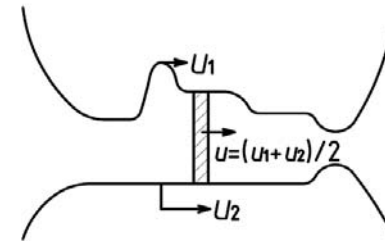
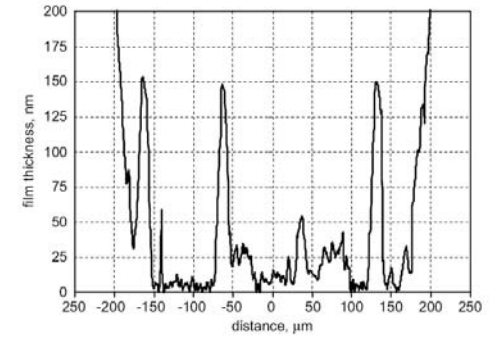
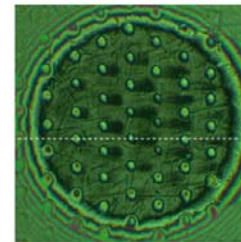
KANETA, M. For the establishment of a new EHL theory. In *Lubrication at the Frontier*, 1999 (Elsevier, Amsterdam).

GLOVNEA, R. P. and Spikes, H.A. (2001): EHD film formation at the start-up of the motion., *Proc. I. Mech.E.*, J215, s. 125-138.

Mikrotextury

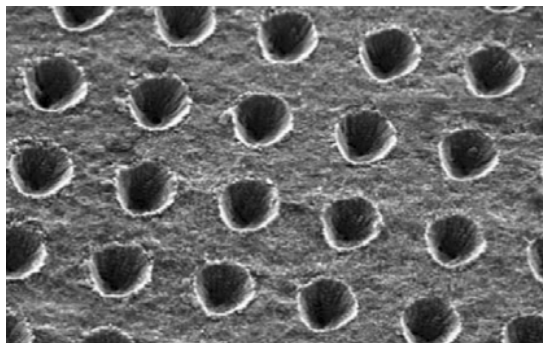


REN, N., NANBU, T., YASUDA, Y., ZHU, D., WANG, Q. (2007): *Micro textures in Concentrated-Conformal-Contact Lubrication: Effect of Distribution Patterns*, Tribol Lett, 28, s. 275-285.



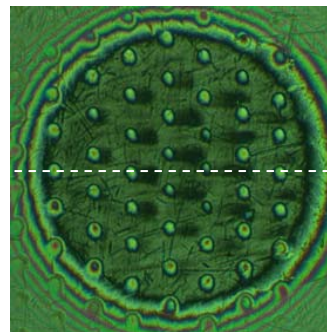
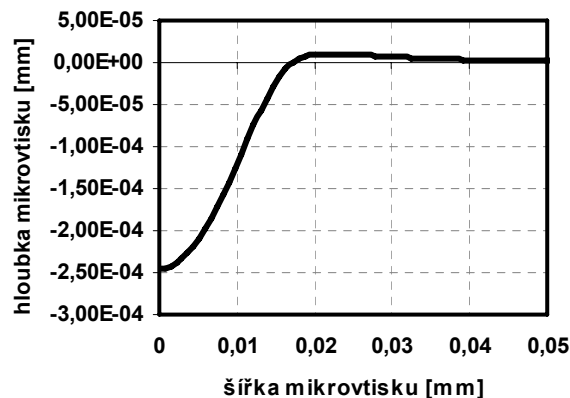
KŘUPKA I, et al. (2008): *Effect of surface texturing on mixed lubricated non-conformal contacts*. Tribol Int, doi: 10.1016/j.triboint.2007.11.016.

Mound Laser & Photonics Center, Inc. [online], [cit. 2009-05-25]. Dostupné online na World Wide Web: <<http://www.mlpc.com>>.

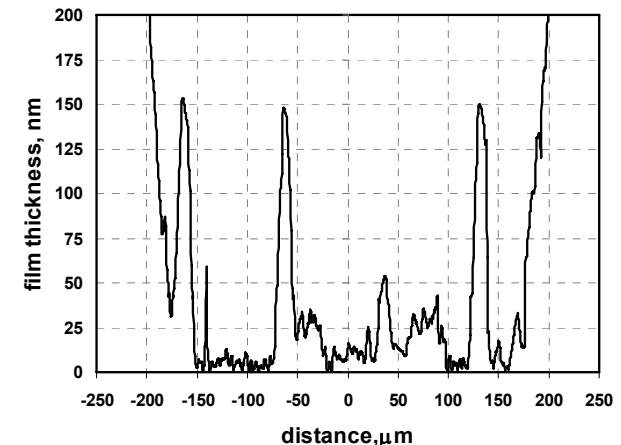


$$\Sigma = 2 \frac{u_B - u_D}{u_D + u_B}$$

- Při reverzaci může dojít ke styku třecích povrchů, tření a opotřebení.
- Při rozběhu nejsou třecí povrchy po určitou dobu odděleny mazacím filmem.
- Přístupy: chemie – mazivostní přísady (aditiva), úprava třecích povrchů (povlaky, **mikrovtisky**).



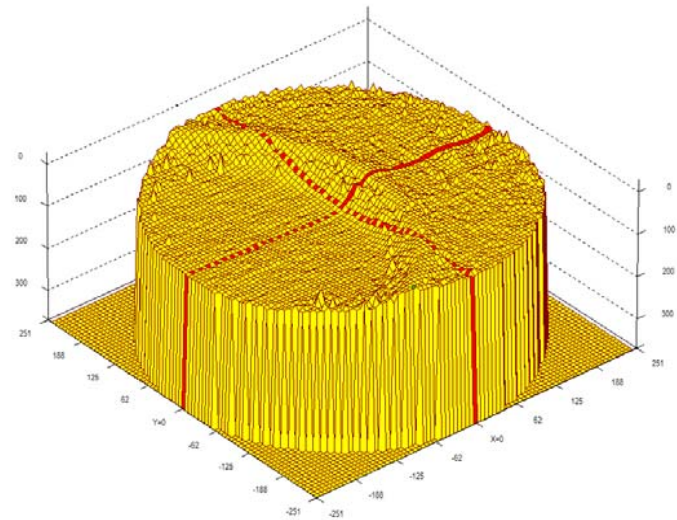
$$u = 0.0013 \text{ ms}^{-1}, u_{\text{kulička}} = 0.5 u_{\text{kotouč}}$$



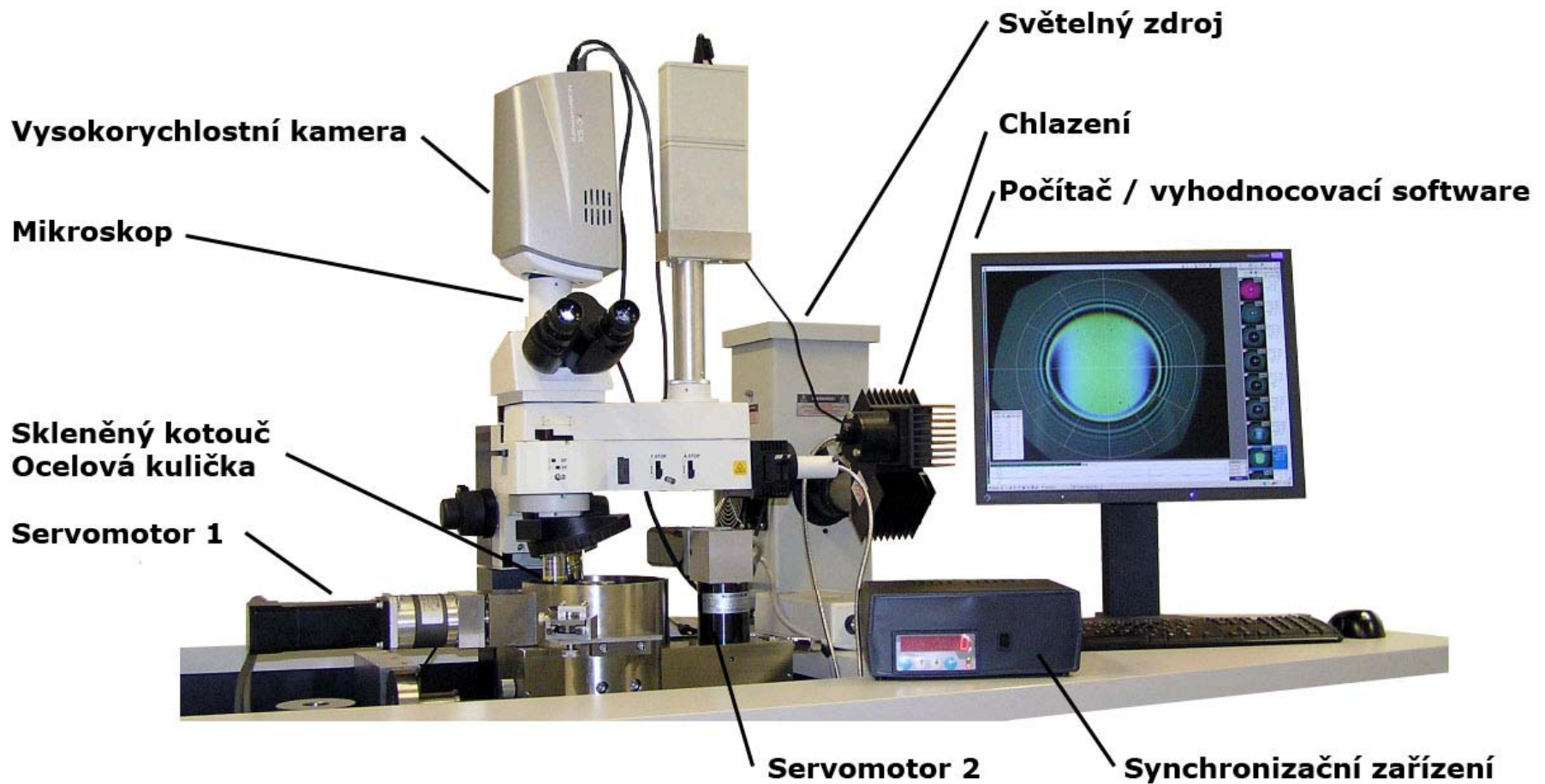
[I. Křupka, ÚK, FSI, VUT Brno]

Posoudit přínos cílené modifikace topografie povrchu k utváření EHD mazacího filmu při nestacionárních provozních podmínkách, tj. při rozběhu a reverzaci třecích povrchů.

- modifikace stávajícího zařízení
- realizace vstupních experimentů
- rozběh a reverzace třecích povrchů

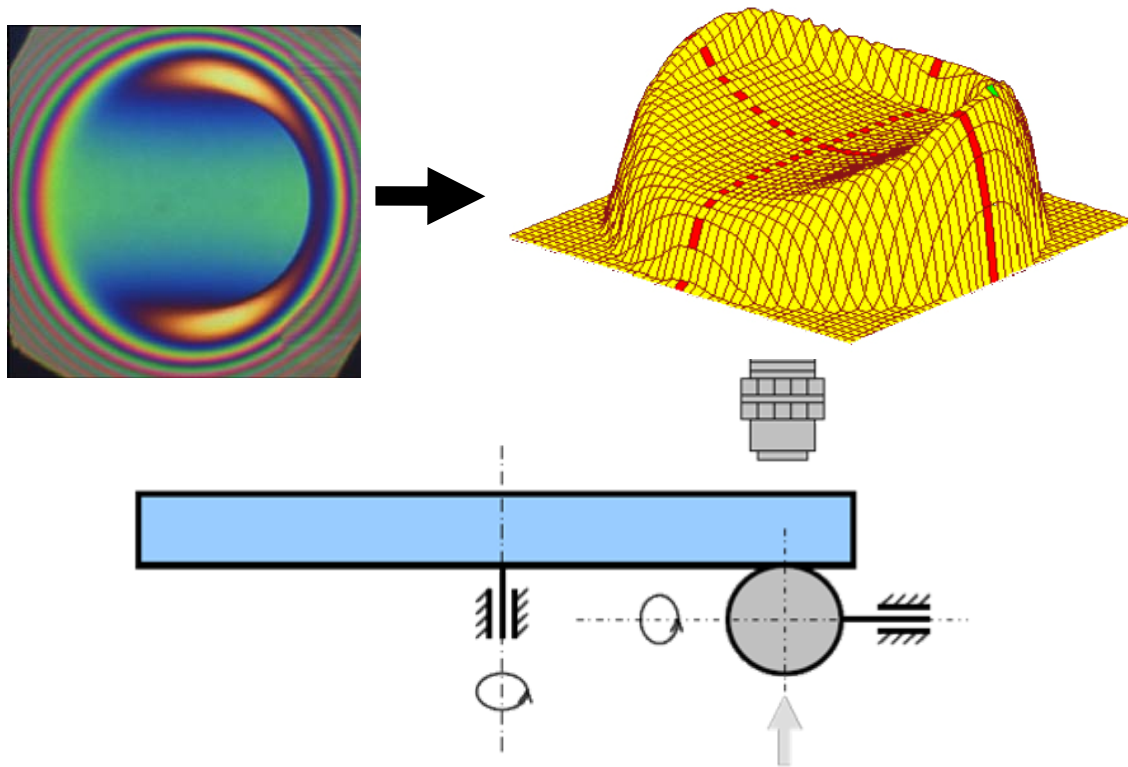


Experimentální zařízení

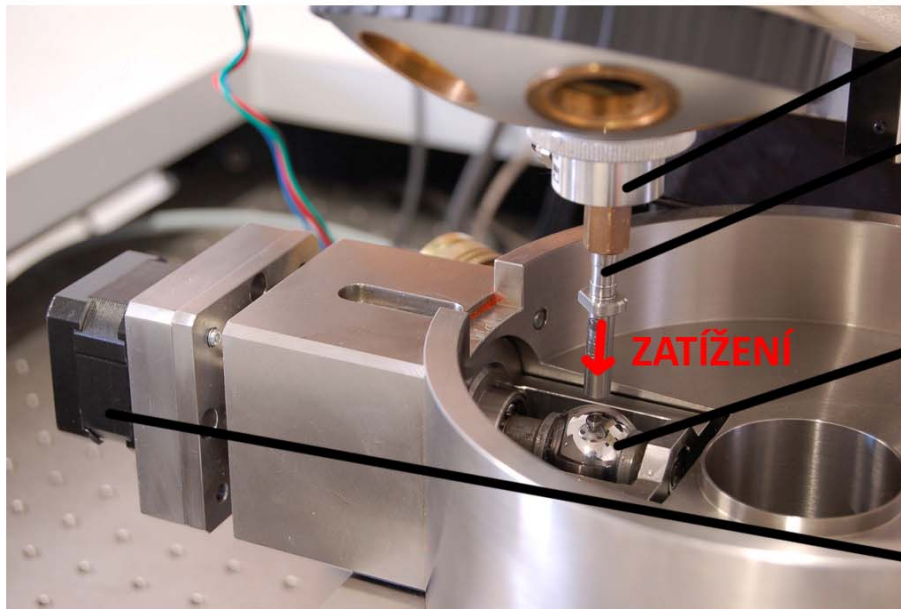


Experimentální zařízení

Tenký mazací film je vytvářen ve styku mezi rotujícím skleněným kotoučem a otáčející se ocelovou kuličkou. Horní strana kotouče je pokryta protiodrazovou vrstvou, spodní pak vrstvou chrómu.



TVORBA MIKROVTISKŮ



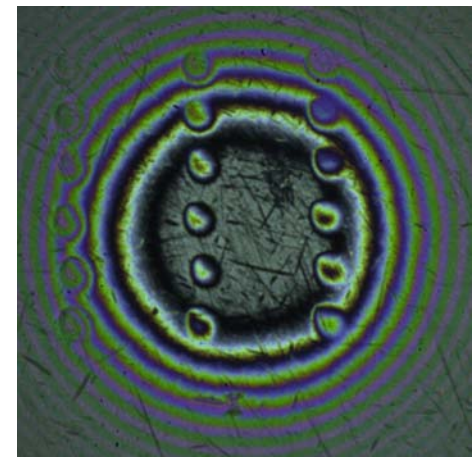
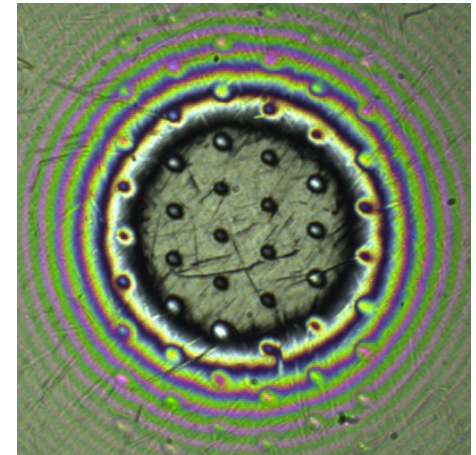
Tenzometr

Indentor
s diamantovým
hrotem (Rockwell)

Ocelová
kulička

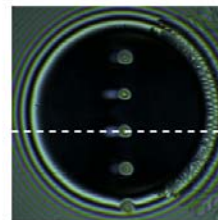
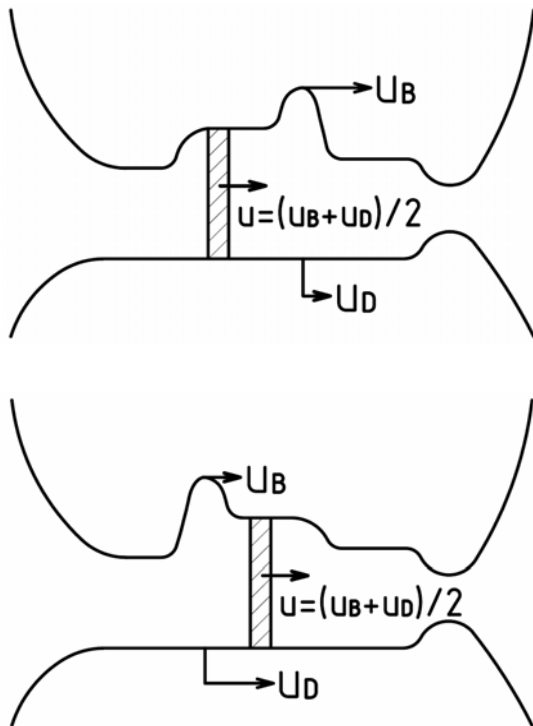
Krokový motor

- Mikrovrtisky vytvořeny mechanicky pomocí tělíska Rockwell
- Okraj mikrovrtisku není odleštěn

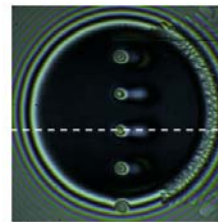
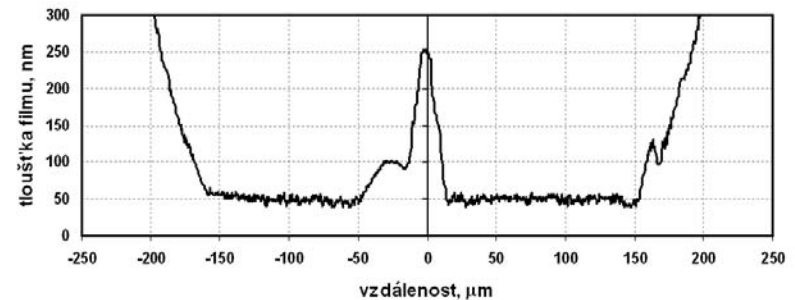


Vstupní experimenty

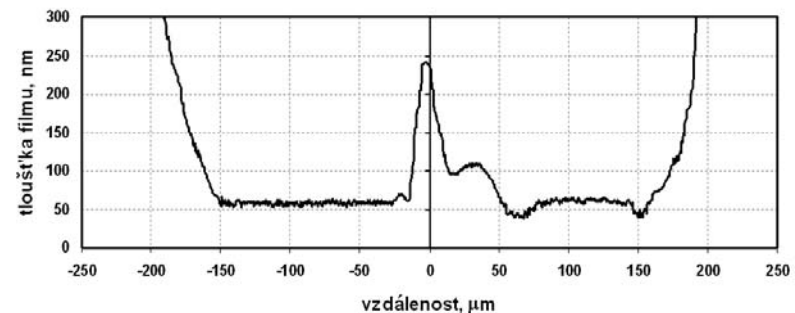
Při prokluzu třecích povrchů dochází k ovlivnění toku maziva. Mazivo zachycené v mikrovrtisku je vytlačováno do kontaktu ve směru nebo proti směru pohybu třecí dvojice.



(a)



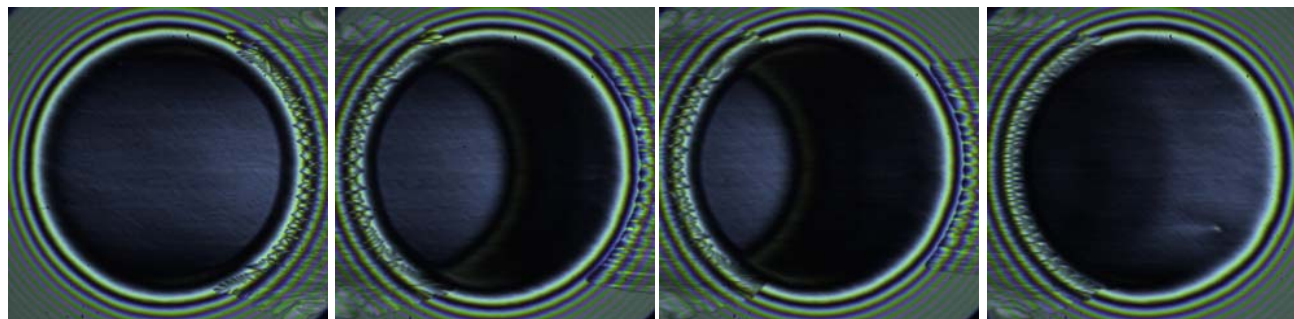
(b)



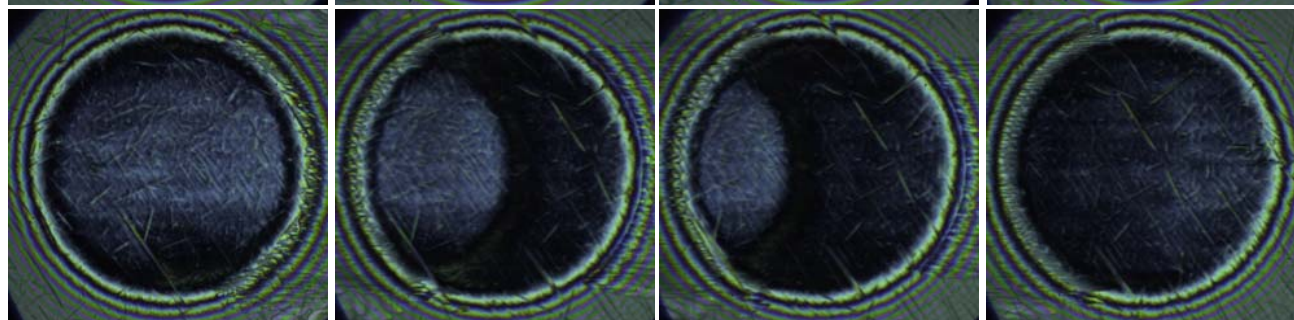
(a) $\Sigma = -0,5$; $u_B = 0,00222 \text{ ms}^{-1}$, $u_D = 0,00133 \text{ ms}^{-1}$,
 (b) $\Sigma = +0,5$; $u_B = 0,00133 \text{ ms}^{-1}$, $u_D = 0,00222 \text{ ms}^{-1}$,
 ($F = 30\text{N}$, $f = 450 \text{ Hz}$, $\text{exp.} = 2222 \text{ } \mu\text{s}$, L.S. B/S.)
 mikrovrtisky: hloubka 360 nm, $\phi 20 \text{ } \mu\text{m}$, rozteč 75 μm

Reverzace třecích povrchů

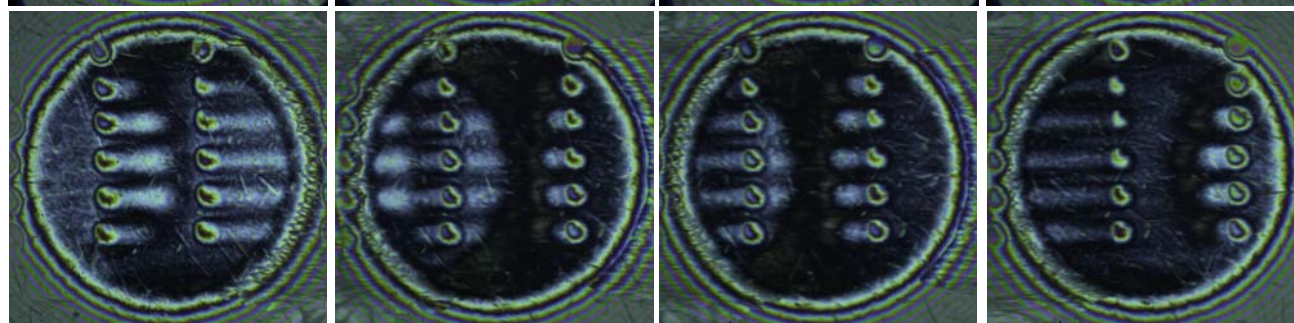
Leštěný povrch



Reálný povrch

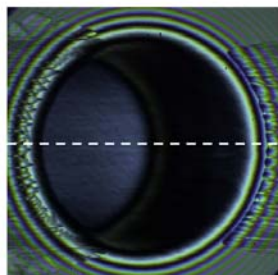


Reálný povrch s
cíleně
modifikovanou
topografií

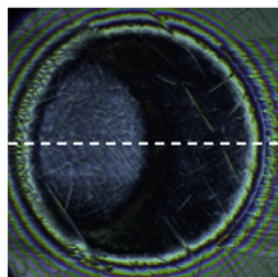


$\Sigma = +0,5$; $u_B = 0,00265 \text{ ms}^{-1}$, $u_D = 0,00443 \text{ ms}^{-1}$, mikrovrtisky: hloubka 680 nm, $\phi 26 \mu\text{m}$,
podélná rozteč 150 μm , příčná rozteč 50 μm , uspořádány v šesti řadách,
($F = 22 \text{ N}$, $f = 450 \text{ Hz}$, $\text{exp.} = 2222 \mu\text{s}$, minerální olej L.S. B/S.)

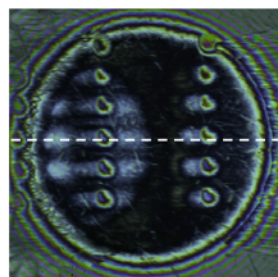
Reverzace třecích povrchů



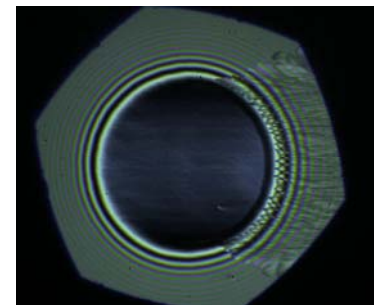
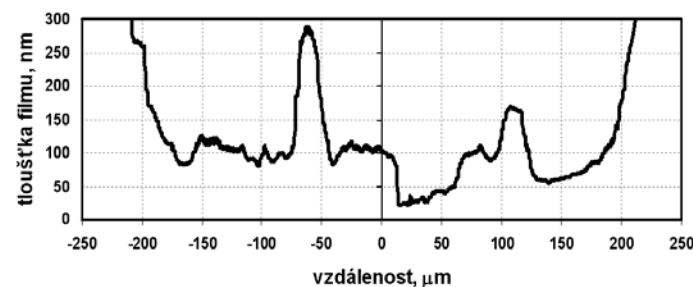
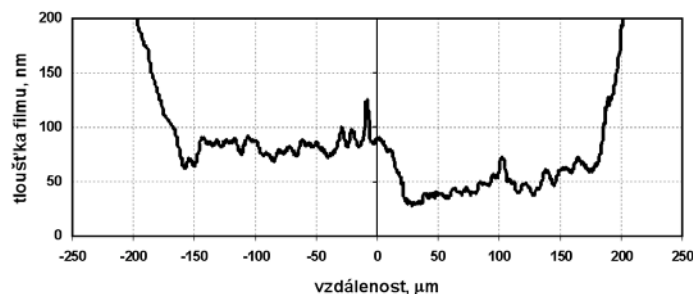
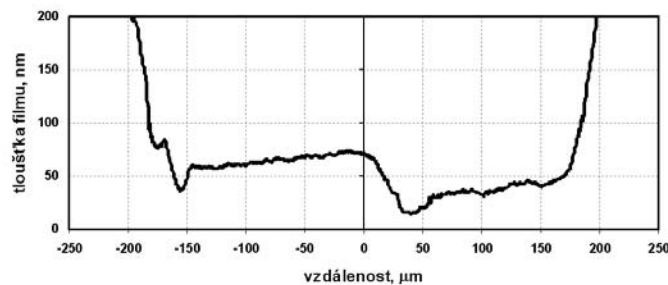
(a)



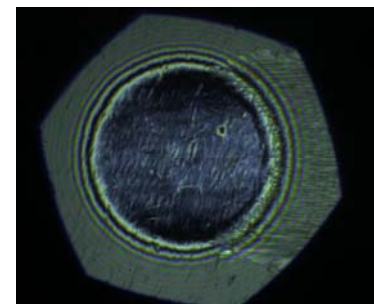
(b)



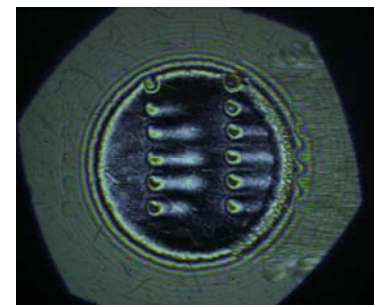
(c)



Leštěný povrch



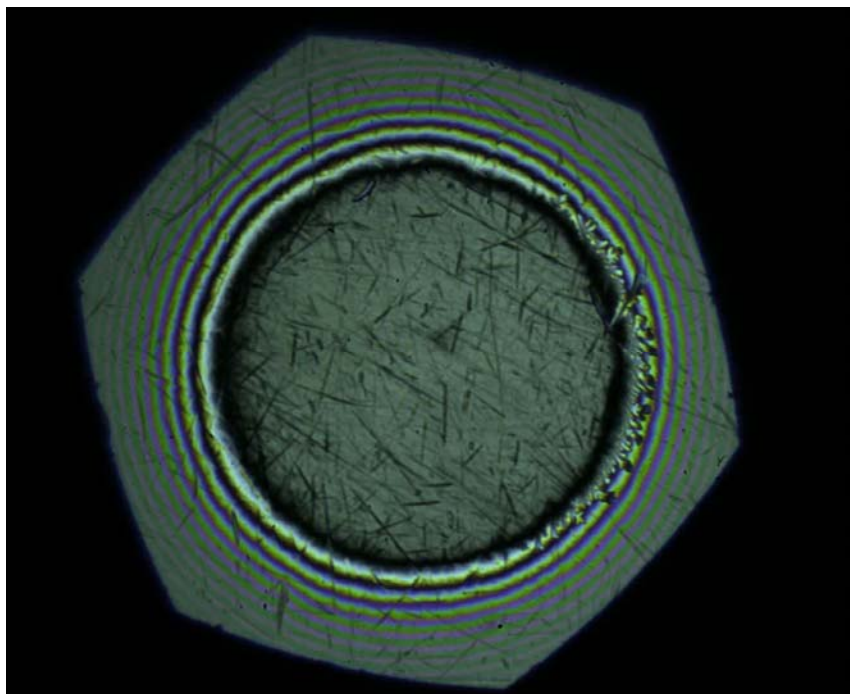
Reálný povrch



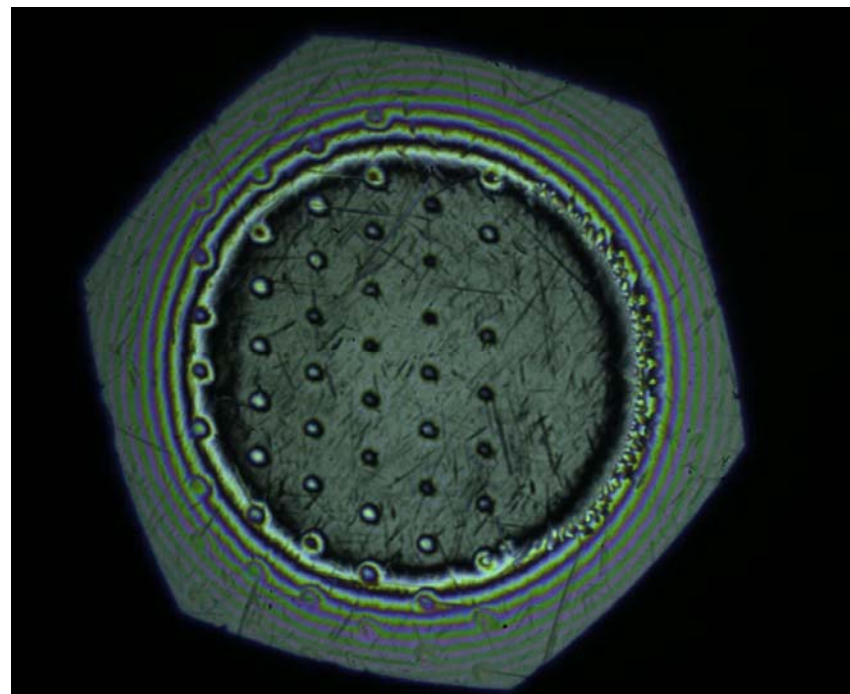
Reálný povrch s cíleně modifikovanou topografií

$\Sigma = +0,5$; $u_B = 0,00265 \text{ ms}^{-1}$, $u_D = 0,00443 \text{ ms}^{-1}$, mikrovtkisky: hloubka 680 nm, $\phi 26 \mu\text{m}$,
podélná rozteč 150 μm , příčná rozteč 50 μm , uspořádány v šesti řadách,
($F = 22 \text{ N}$, $f = 450 \text{ Hz}$, $\text{exp.} = 2222 \mu\text{s}$, minerální olej L.S. B/S.)

Reálný povrch



Reálný povrch s cíleně modifikovanou topografií

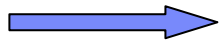


$\Sigma = +1,68$; rychlost $u_B = 0,00177 \text{ ms}^{-1}$, $u_D = 0,0205 \text{ ms}^{-1}$ během 0,2 s,
Mikrovrtisky: hloubka 250 nm, $\phi 18 \text{ }\mu\text{m}$, rozteč 50 μm , uspořádaný v šesti řadách,
($F = 22 \text{ N}$, $f = 450 \text{ Hz}$, $\text{exp.} = 2222 \text{ }\mu\text{s}$, minerální olej L.S. B/S.)

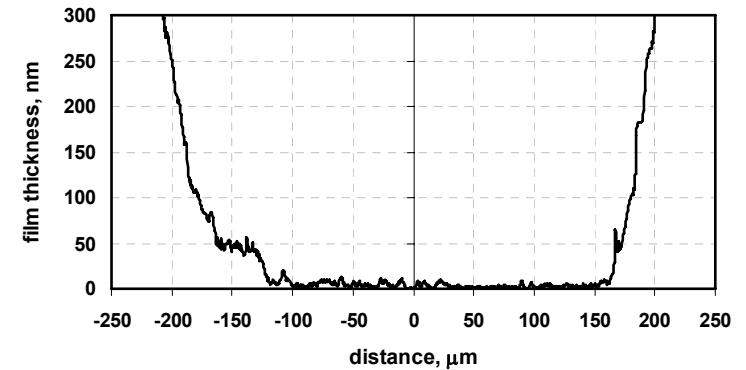
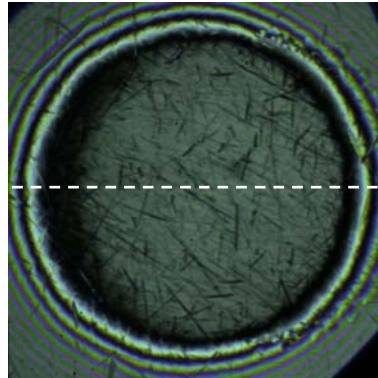
Rozběh třecích povrchů

Chromatický interferogram – reálná topografie kuličky

38,8 ms



$\Sigma = 1,68$

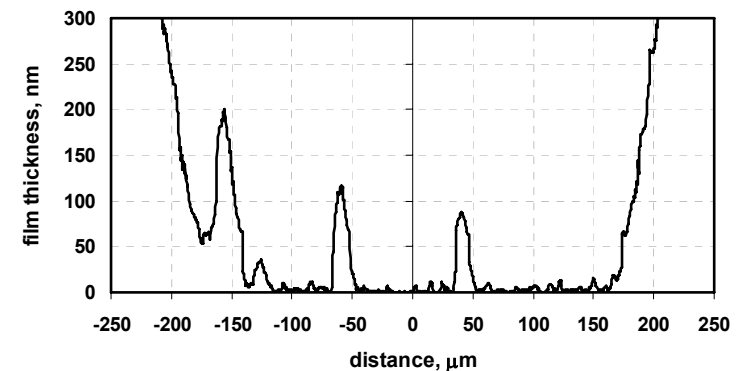
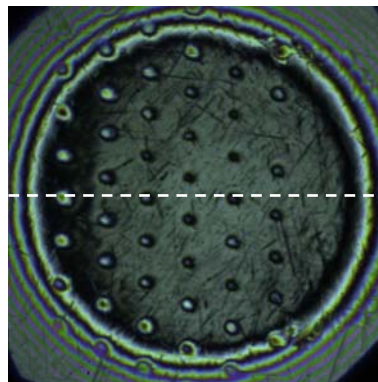


Chromatický interferogram – reálný povrch s modifikovanou topografií

38,8 ms



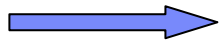
$\Sigma = 1,68$



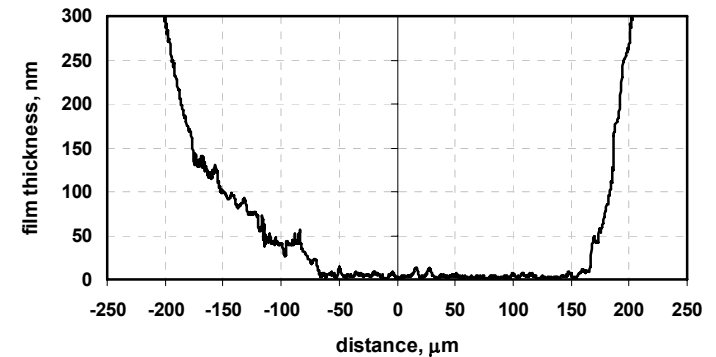
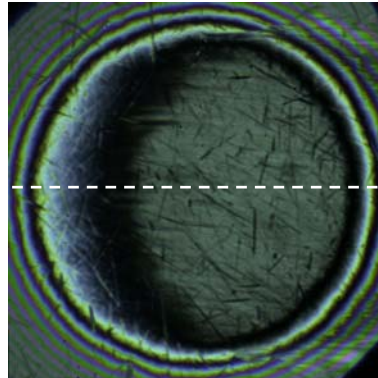
Rozběh třecích povrchů

Chromatický interferogram – reálná topografie kuličky

46,7 ms



$\Sigma = 1,68$

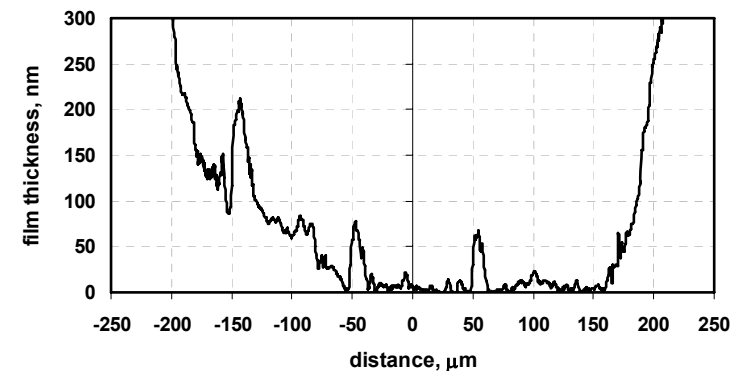
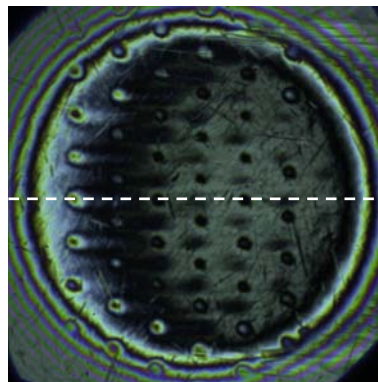


Chromatický interferogram – reálný povrch s modifikovanou topografií

46,7 ms



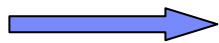
$\Sigma = 1,68$



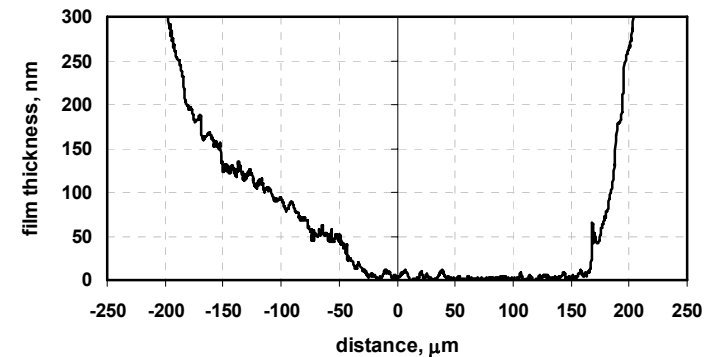
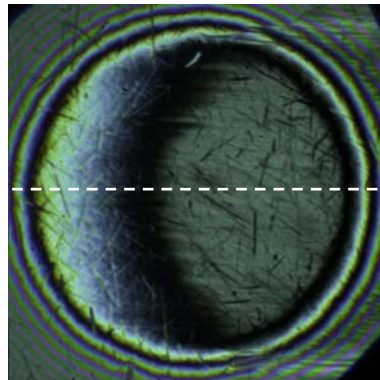
Rozběh třecích povrchů

Chromatický interferogram – reálná topografie kuličky

51,1 ms



$\Sigma = 1,68$

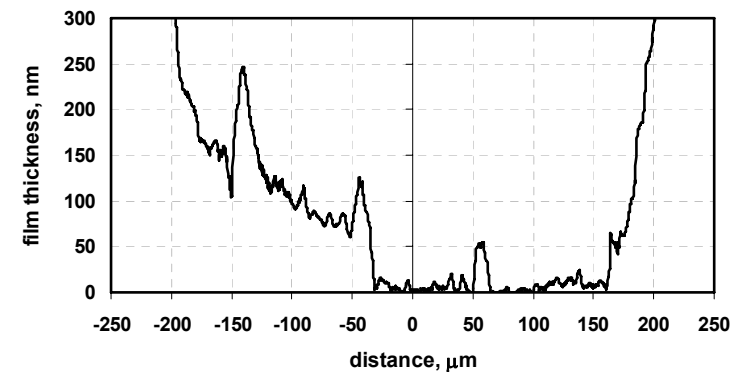
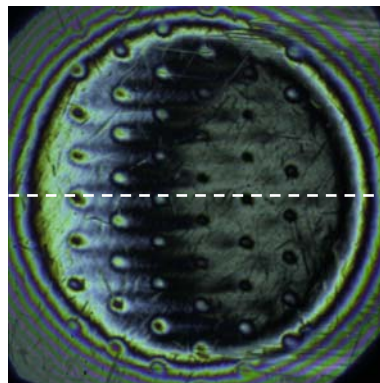


Chromatický interferogram – reálný povrch s modifikovanou topografií

51,1 ms

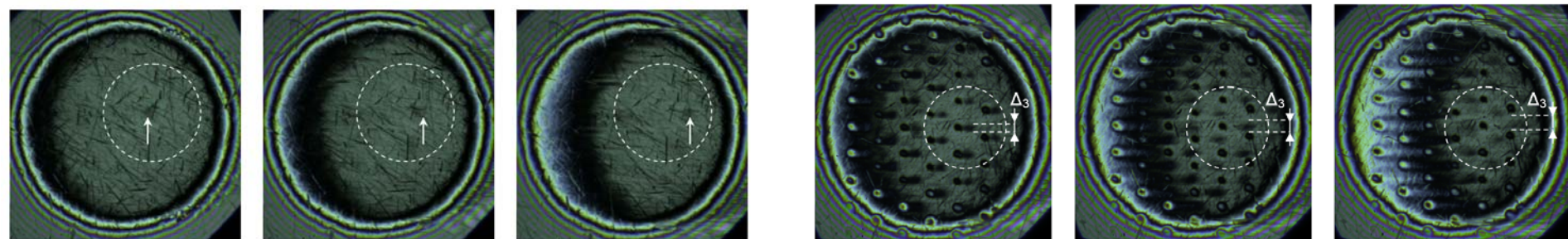
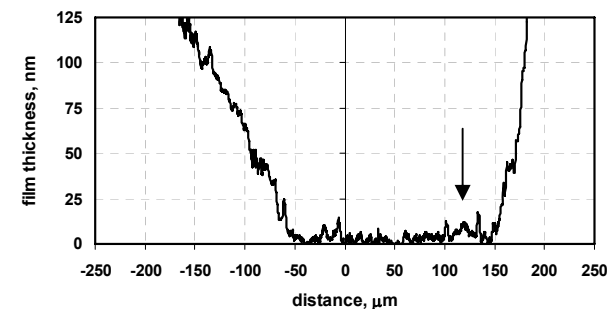
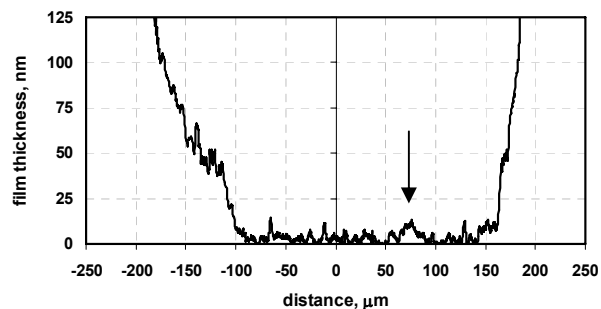
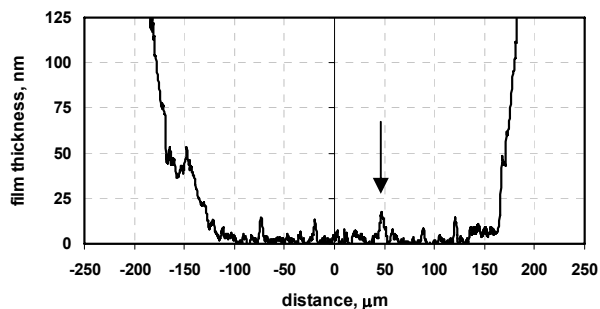


$\Sigma = 1,68$



Rozběh třecích povrchů

Bílé body odpovídají hodnotám tloušťky mazacího filmu nad 2 nm.



31 %



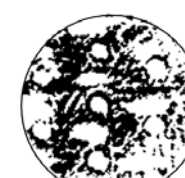
46 %



49 %



56 %



61 %



68 %

Reálný povrch

Reálný povrch s cíleně modifikovanou topografií

- Provedené experimenty prokázaly podstatný vliv topografie třecích povrchů na utváření mazacího filmu především při rozběhu třecích povrchů.
- Experimenty s cíleně modifikovanou topografií naznačují chování reálné topografie třecích povrchů.
- Byl pozorován pozitivní vliv přirozených a umělých mikrozásobníků maziva během rozběhu třecích povrchů.
- Vhodná topografie třecích povrchů může napomoci k lepšímu utváření mazacího filmu, oddělit třecí povrchy a tak snížit tření a opotřebení třecích povrchů při rozběhu (smíšené mazání).



Děkuji za pozornost.

