



Snížení tření a opotřebení strojních částí cílenou modifikací třecích povrchů

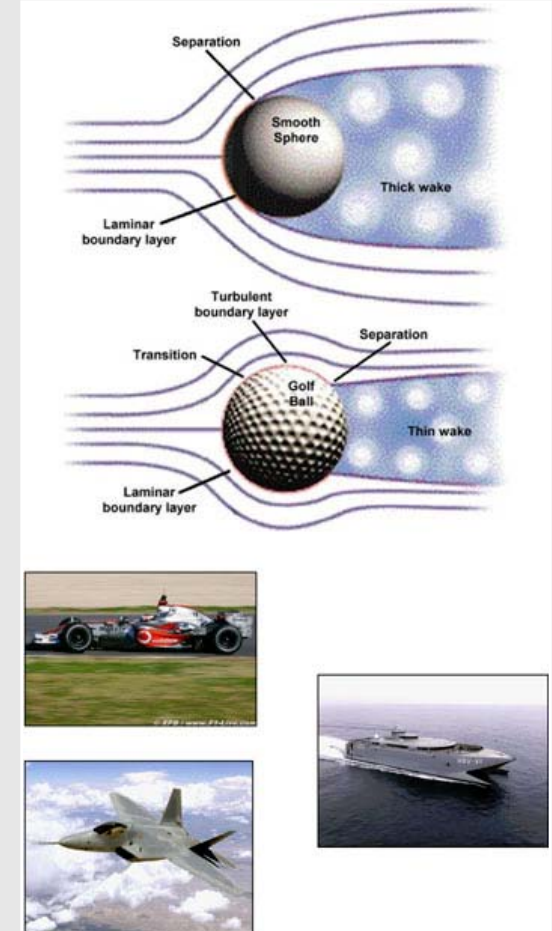
O.Šamánek

 ústav
konstruování

Ústav konstruování – Odbor metodiky konstruování
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

Obhajoba dizertační práce
O.Šamánek, 2013

- Formulace řešeného problému
- Úvod do problematiky a přehled současného stavu poznání
- Cíl práce
- Experimentální zařízení
- Metodika texturovacího procesu
- Realizace cílené modifikace topografie – popis experimentální metody
- Popis a analýza výsledků a získaných poznatků
- Závěr



Drag reduction

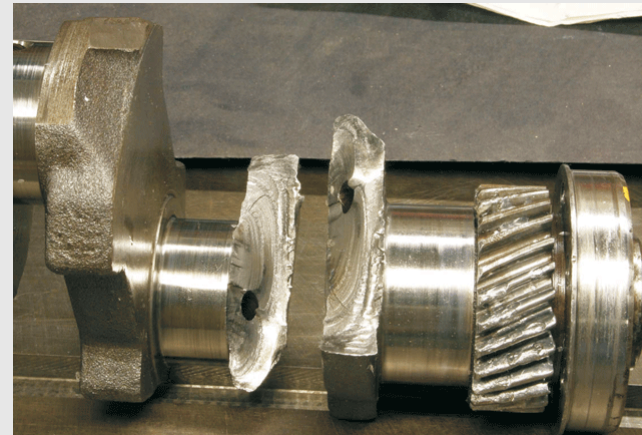
<http://www.me.utexas.edu/~hidrovo/drag-reduction.html>

- během provozu strojních součástí může dojít ke styku třecích povrchů, tření a opotřebení
- přístupy: přísady v mazivu, **úprava třecích povrchů**
- vhodné navržení **geometrie** povrchové textury může napomáhat dodání maziva do kontaktu v kritických fázích provozu a zároveň prodloužit únavovou životnost součásti



Poškození povrchu pittingem

<http://www.bearingofchina.com/?m=201103>



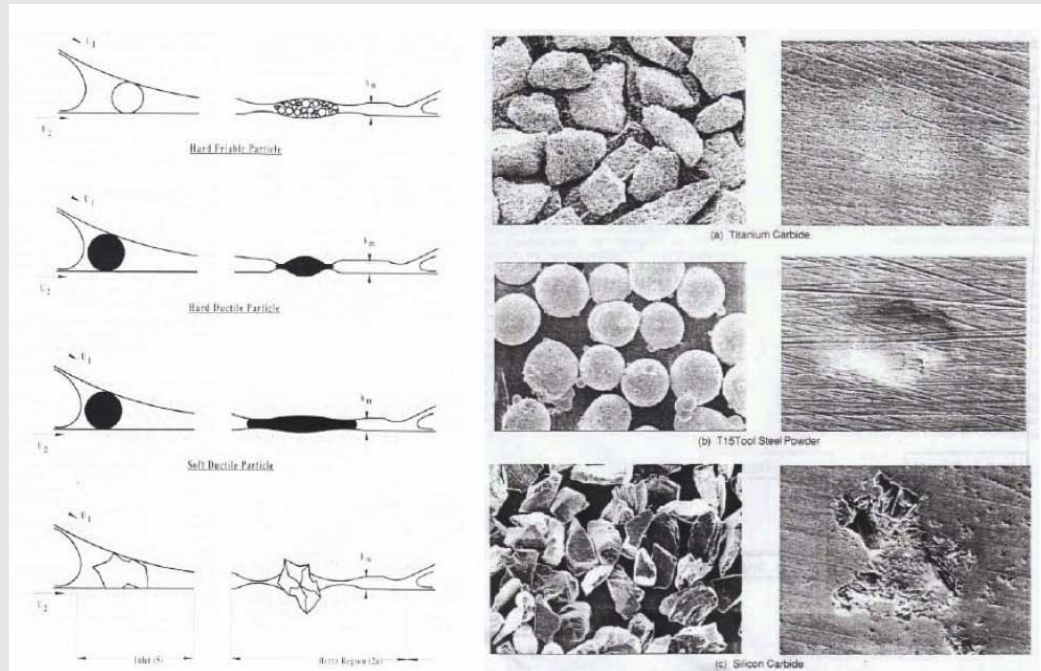
Únavový lom

<http://www.reliasoft.com/newsletter/v8i2/fatigue.htm>

Přirozená modifikace topografie

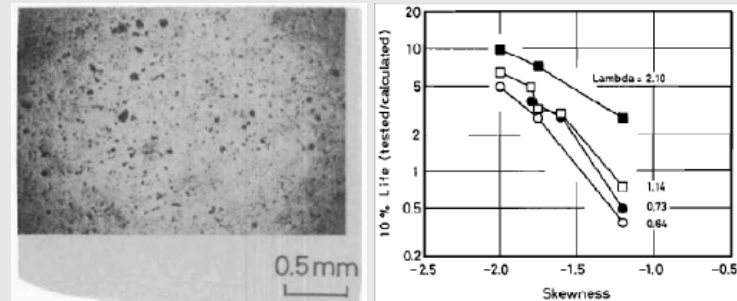
- nahodile rozmístěné vtisky
- dokončovací operace
- kontaminace maziva

HARVEY, P. NIXON. Debris signature analysis: A method for assessing the detrimental effect of specific debris contaminated lubrication environments, 1998.

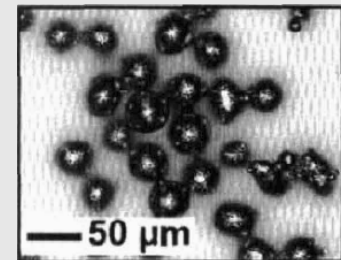


Rozdíly tvaru vtisku dle materiálu nečistot v mazivu

AKAMATSU, Y. Influence of surface roughness skewness on rolling contact fatigue life, 1992.

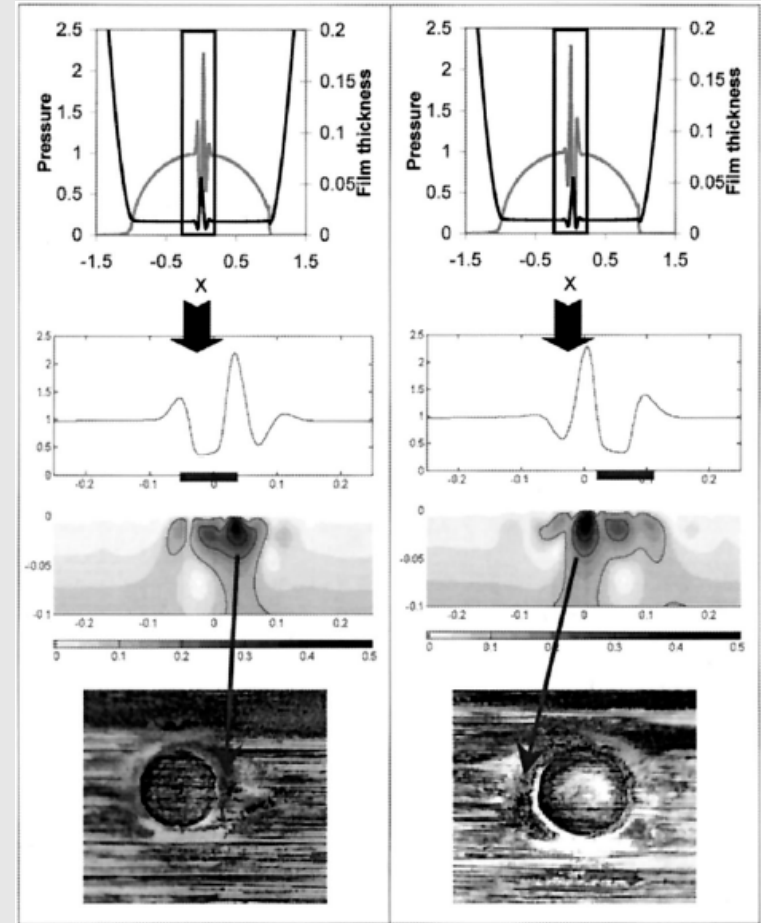
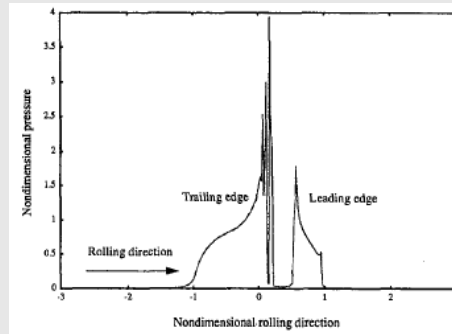
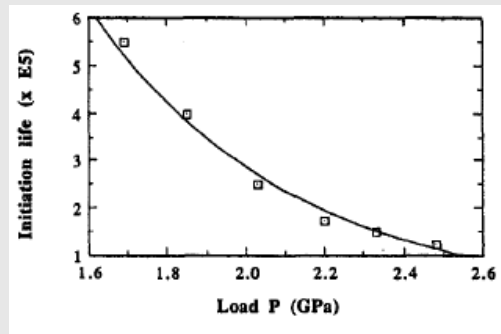


VILLE, F., NÉLIAS, D.: Early Fatigue Failure Due to Dents in EHL Contacts, Tribology transactions, 1999, vol. 42, s. 795-800.

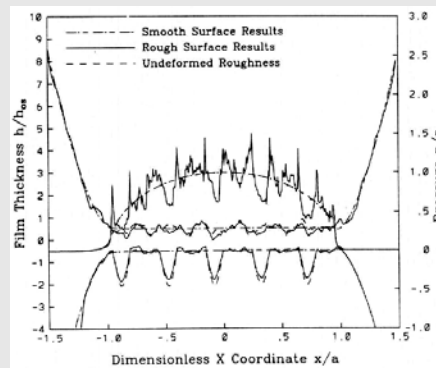
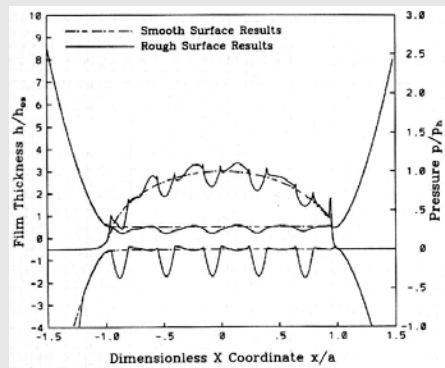


Cílená modifikace topografie

- předem stanovená geometrie vtisků
- vliv modifikace na kontaktní oblast
- změna třecího koeficientu



XU, G., SADEGHI, F., HOEPRICH, M. R, Journal of Tribology, 1998

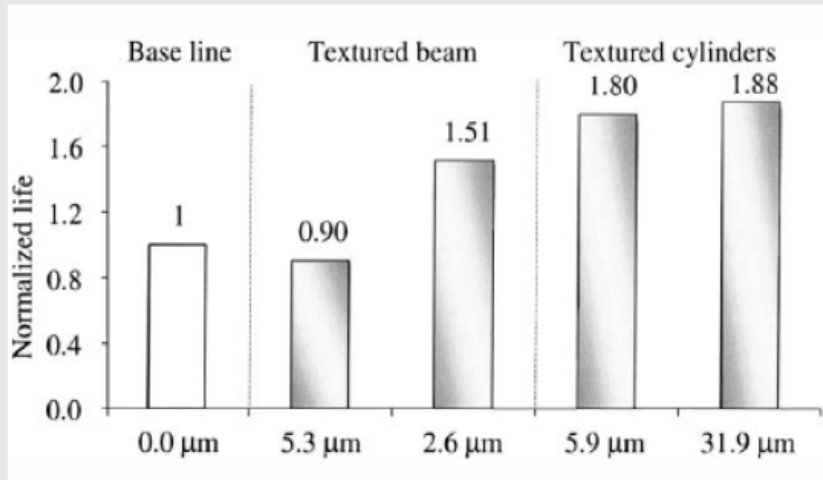


ZHAI, X. et. al., Tribology Transactions, 1997

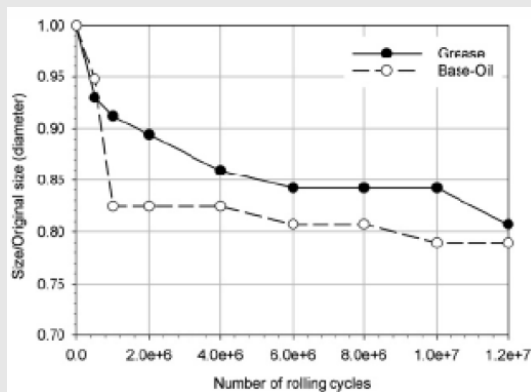
NÉLIAS, D., VILLE, F., Journal of Tribology, 2000

ÚVOD DO PROBLEMATIKY

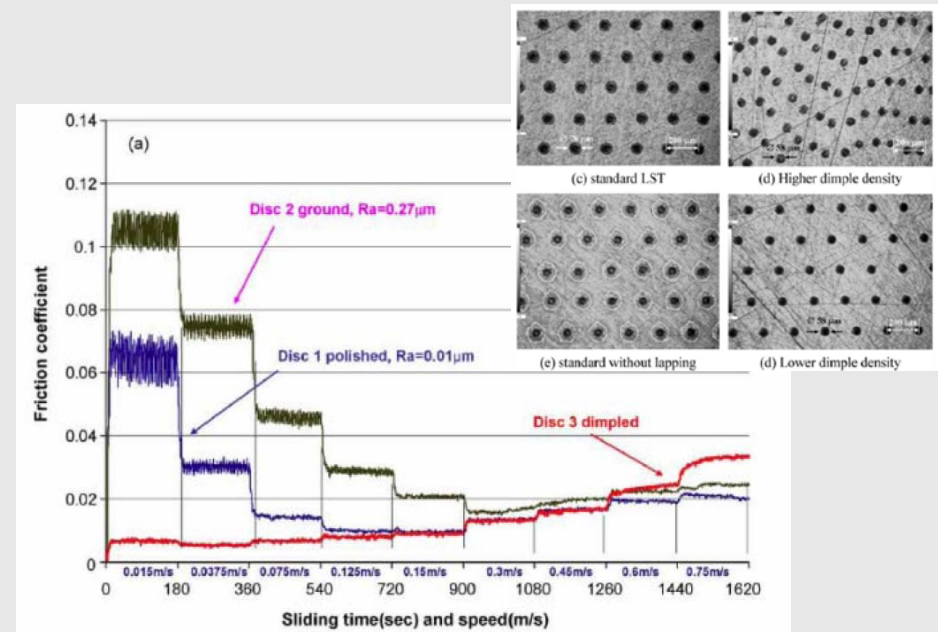
VOLCHOK, A., HALPERIN, G., and ETSION, I.: The Effect of Surface Regular Micro-Topography on Fretting Fatigue Life, 2002.



MOTA, V., et al.: A study on the effects of dented surfaces on rolling contact fatigue, 2008.



KOVALCHENKO, A., AJAYI, O., ERDEMIR, A., FENSKE, G., ETSION, I.: The effect of laser surface texturing on transitions in lubrication regimes during unidirectional sliding contact, 2005.



- textura na různých částech v kontaktu
- srovnání hustot textur – *konformní kontakt*
- změna velikosti vtisku na počtu cyklů do porušení

HYPOTÉZY FUNKCE TEXTURY NA TŘECÍM POVRCHU SOUČÁSTI

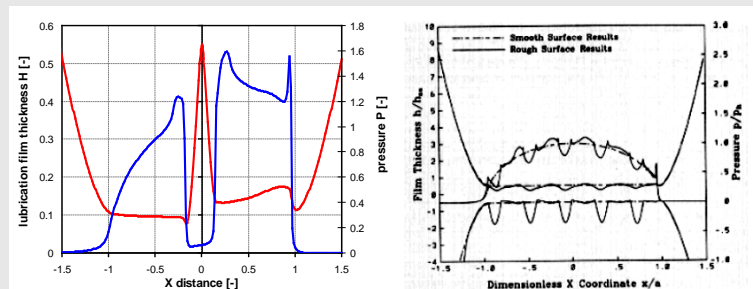
Zásobník maziva

- různé provozní podmínky
- textura \times jediný vtisk v kontaktní stopě
- chování mazacího filmu v kontaktu

CUSANO, C., WEDEVEN, L. D., 1982

XU., G., SADEGHI, F., CODGELL, J. D., 1997

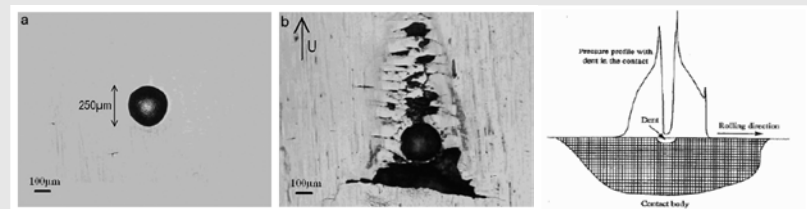
ZHAI, X. et. al., 1997; KŘUPKA, I., 2007



KŘUPKA I., 2007; ZHAI X, et al., 1997

Koncentrátor napětí

- numerické analýzy \times experiment
- vliv vtisku na rozložení tlaku v kontaktu
HOWELL, M. B., RUBIN, C. A., HAHN, G. T., 2004
NÉLIAS, d. et. al., 2005
- vliv vtisků na únavovou životnost
NÉLIAS, D., VILLE, F., 2000; ANTALUCA, E., NÉLIAS, D., 2008
XU, G., SADEGHI, F., HOEPRICH, M.R., 1998; NÉLIAS, D., 2005
V.M.M.B da Mota et al., 2008; UEDA, T., MITAMURA, N.: 2008



MOURIER L., et. al., 2006; MOTA V., et al., 2008

Snižuje cílená modifikace topografie třecího povrchu kontaktní únavovou životnost?

Cíl práce:

- stanovení metodiky vyrážení soustav vtisků
- popis a charakterizace metodiky tvorby soustav vtisků s ohledem na jejich geometrii
- definování postupu přípravy vzorků pro realizaci měření
- popis výsledků realizovaných experimentů
- zhodnocení vlivu soustav vtisků na kontaktní únavu strojních prvků

Texturovací přípravek - INDENTOR

Výhody:

- dobře definovaná geometrie vtisku
- snadná kontrola tvorby textur
- různé geometrie textur

Rotační posuv vzorku,
Vertikální posuv Indentoru

Krokové motory

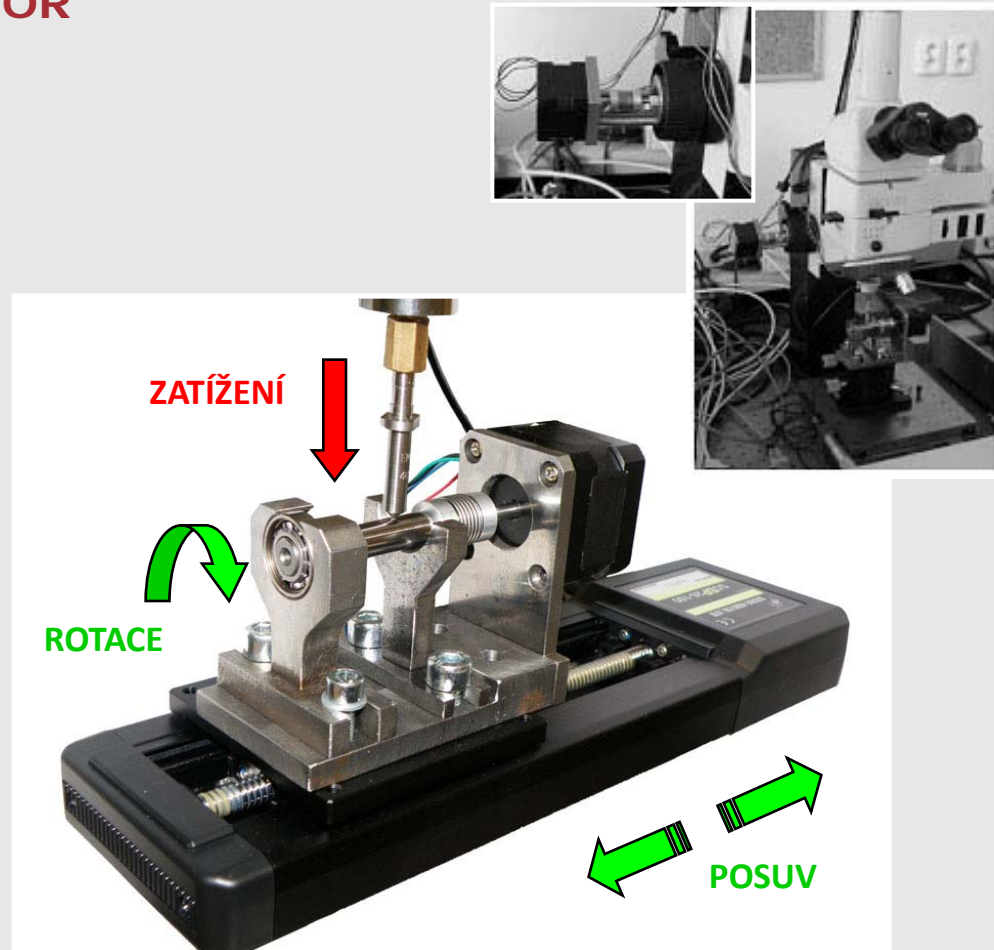
Horizontální posuv vzorku

Motorizovaný lineární posuv

Řízení a kontrola
celého procesu
tvorby textury
na třecím
povrchu

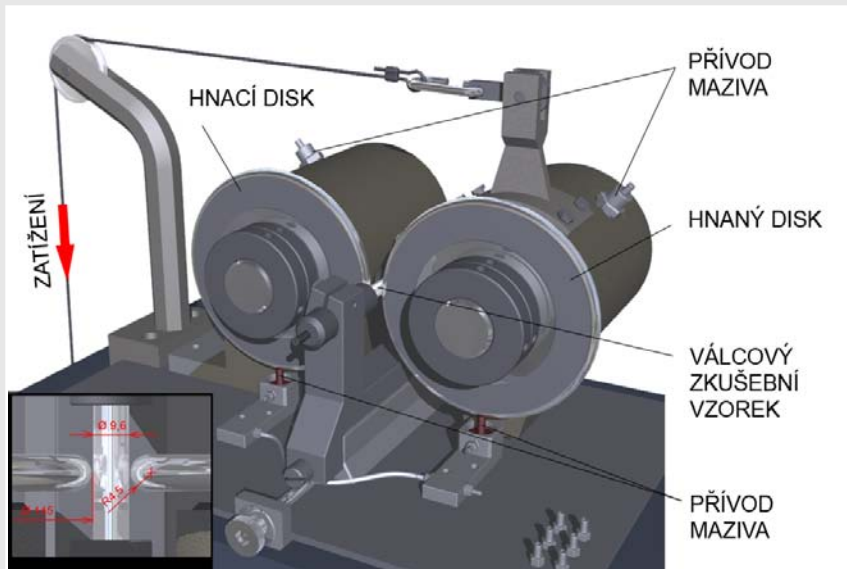
Nevýhody:

- časová náročnost na tvorbu textury



Simulátor reálných podmínek R-Mat – RCF TESTY

- kruhový kontakt mezi diskem a vzorkem
- materiál disků a vzorků: ocel AISI 52100
- kontaktní tlak 5 GPa, průměr kontaktní oblasti 600 μm



Model experimentálního zařízení R-MAT



Poškození zkušební vzorku

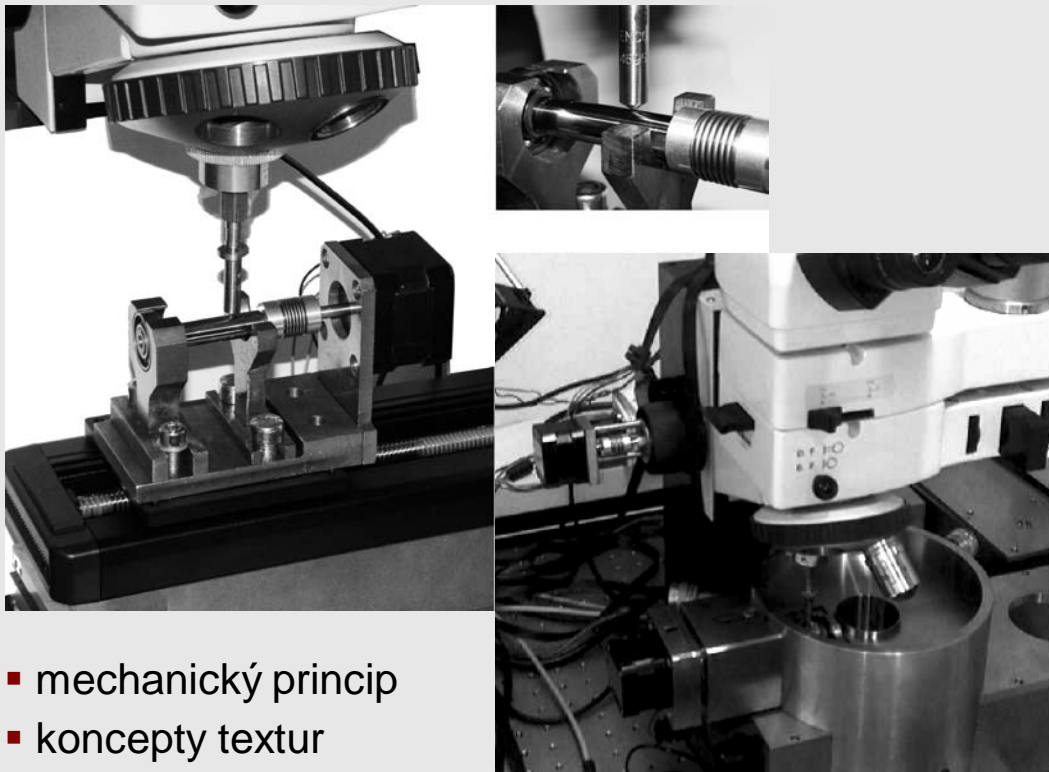
- drsnost povrchů:
vzorek Ra 0,1 μm
disky Ra 0,1 μm
- parametr mazání
 $\Lambda = 0,4 \div 0,6$
(smíšené mazání)

Ukončení měření

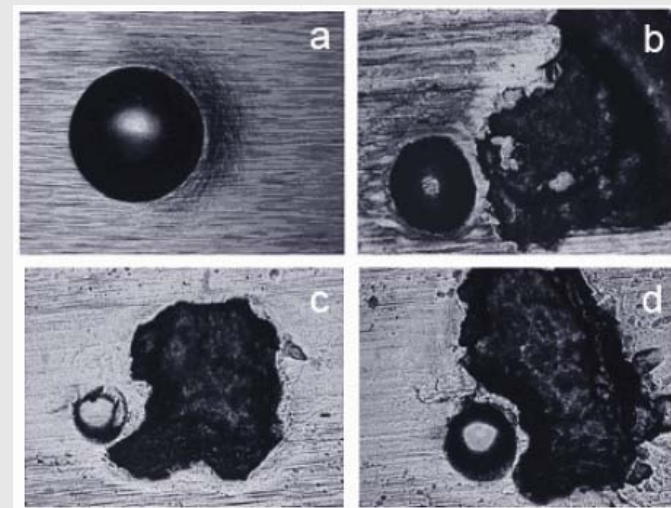
- výskyt povrchového poškození
- monitorování vibrací

METODIKA TEXTUROVACÍHO PROCESU

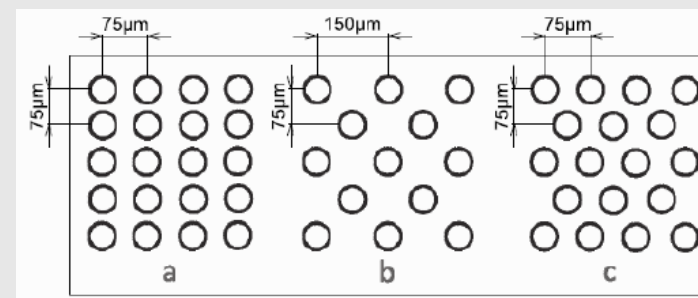
- aplikace - typy zkušebních vzorků
- vstupní experimenty – jeden vtisk v kontaktní stopě



- mechanický princip
- koncepty textur
- metodický postup experimentální metody



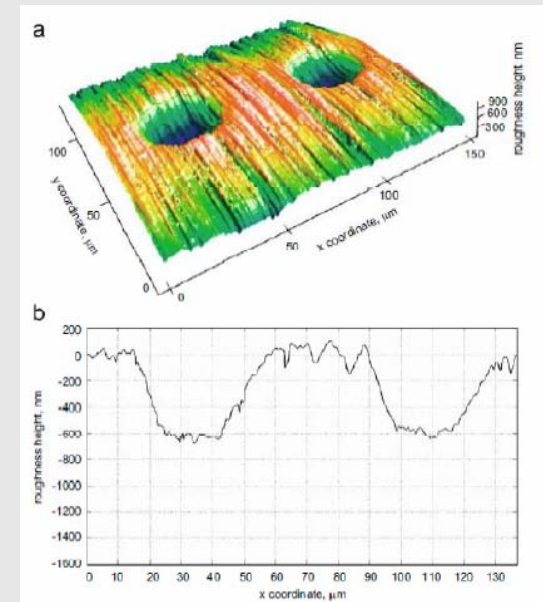
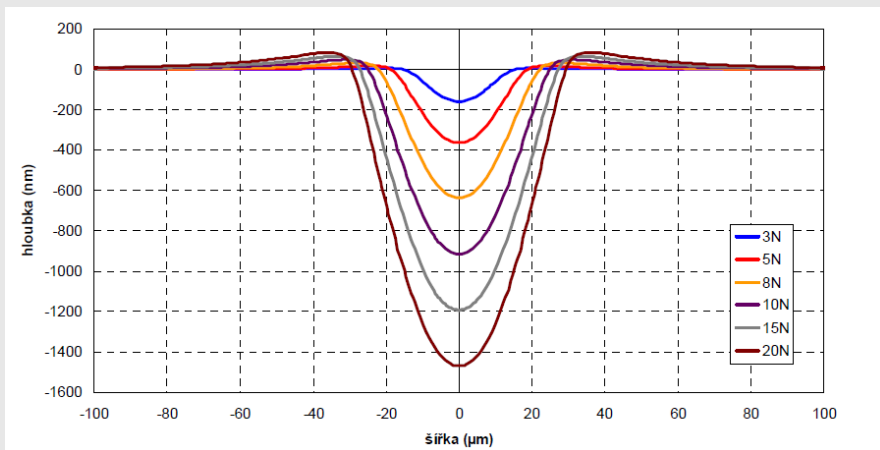
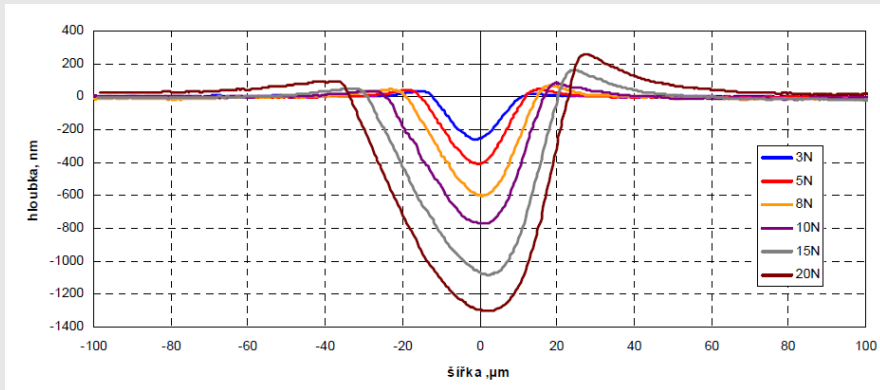
ŠAMÁNEK, O. Vliv cílené modifikace topografie třecích povrchů na snížení tření a opotřebení strojních součástí. In 49. Mezinárodní konference kateder částí a mechanismů strojů. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni. 2008. s. 239 - 242. ISBN 978-80-7043-718-6.



METODIKA TEXTUROVACÍHO PROCESU

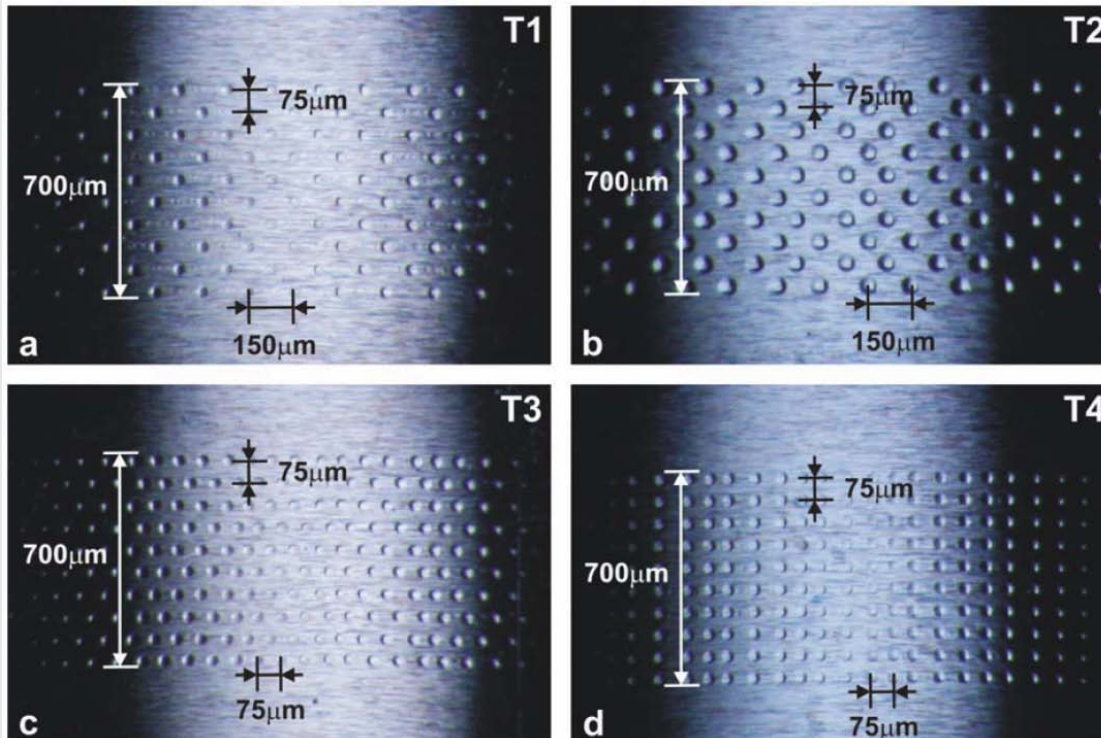
- experimentální měření geometrie vtisků
- numerický model – srovnání dat
- závislost zatěžující síly na rozměrech vtisku

Zatížení	Naměřené		Numerický model	
	hloubka (μm)	průměr (μm)	hloubka (μm)	průměr (μm)
3N	0,26	28	0,16	31
5N	0,41	33	0,36	38
8N	0,6	35	0,63	48
10N	0,77	47	0,9	54
15N	1,08	57	1,19	60
20N	1,35	65	1,47	68
40N	4,15	90	4,2	90



VRBKA, M.; ŠAMÁNEK, O.; ŠPERKA, P.; NÁVRAT, T.; KRŮPKA, I.; HARTL, M.: Effect of surface texturing on rolling contact fatigue within mixed lubricated non-conformal rolling/sliding contacts, Tribology International, 2010, vol. 43(8), s.1457-1465, ISSN 0301-679X

GEOMETRIE TEXTUR



Textury T1, T2:

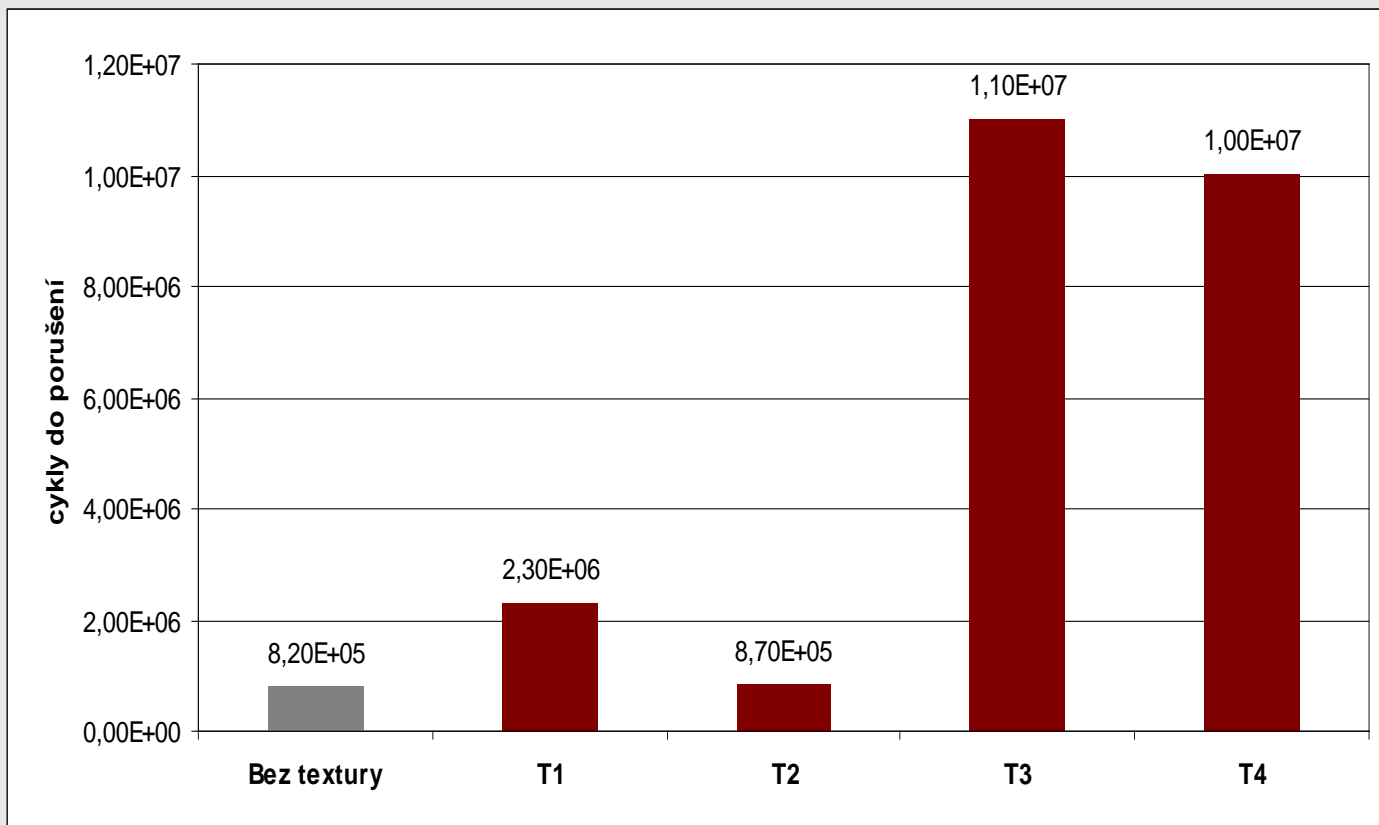
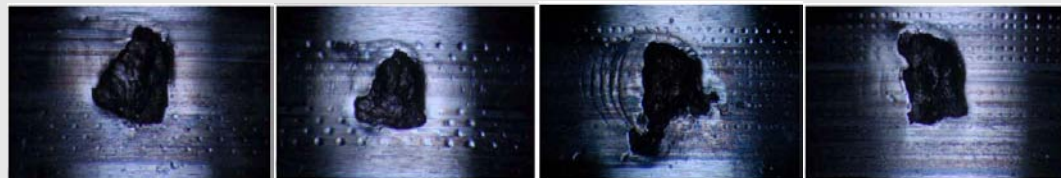
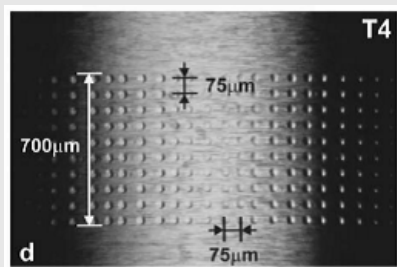
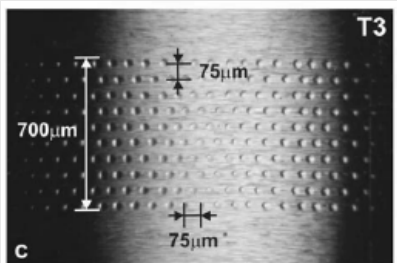
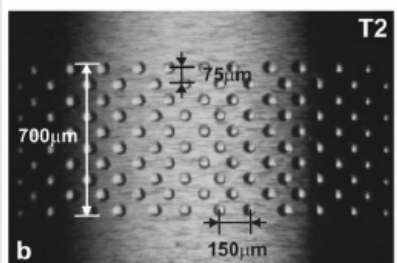
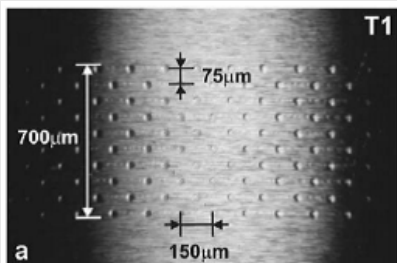
- mezi řadami: 75µm
- mezi vtisky: 150µm
- hloubka: 0,6 µm a 1,45 µm

Textury T3, T4:

- mezi řadami: 75µm
- mezi vtisky: 75µm
- hloubka: 0,6 µm

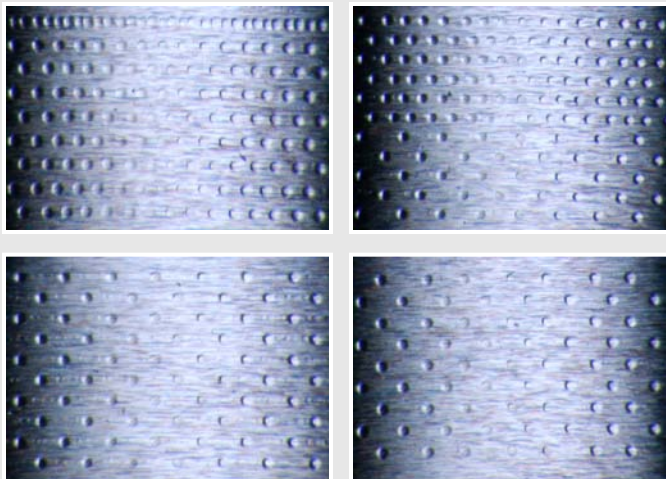
VRBKA, M., KŘUPKA, I., ŠAMÁNEK, O., SVOBODA, P., VAVERKA, M.; HARTL, M.: Effect of surface texturing on lubrication film formation and rolling contact fatigue within mixed lubricated non-conformal contacts, MECCANICA, 2010, vol. 2010(6), s.1-8, ISSN 0025-6455.

PŘÍKLADY VÝSLEDKŮ A ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

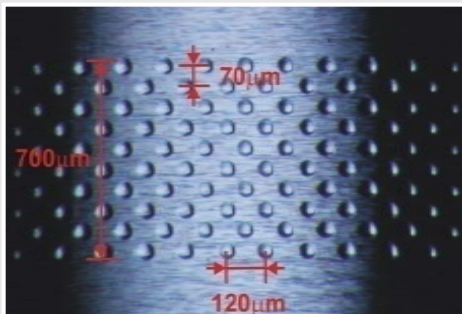


VRBKA, M., KŘUPKA, I., ŠAMÁNEK, O., SVOBODA, P., VAVERKA, M.; HARTL, M., 2010.

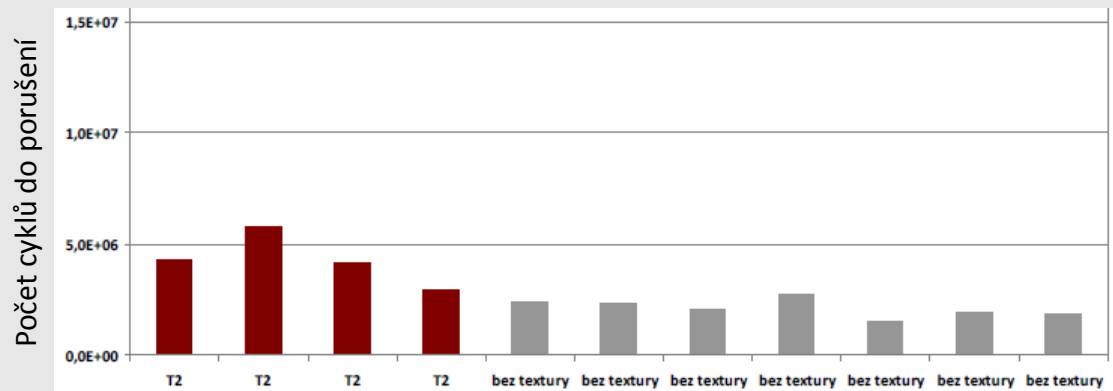
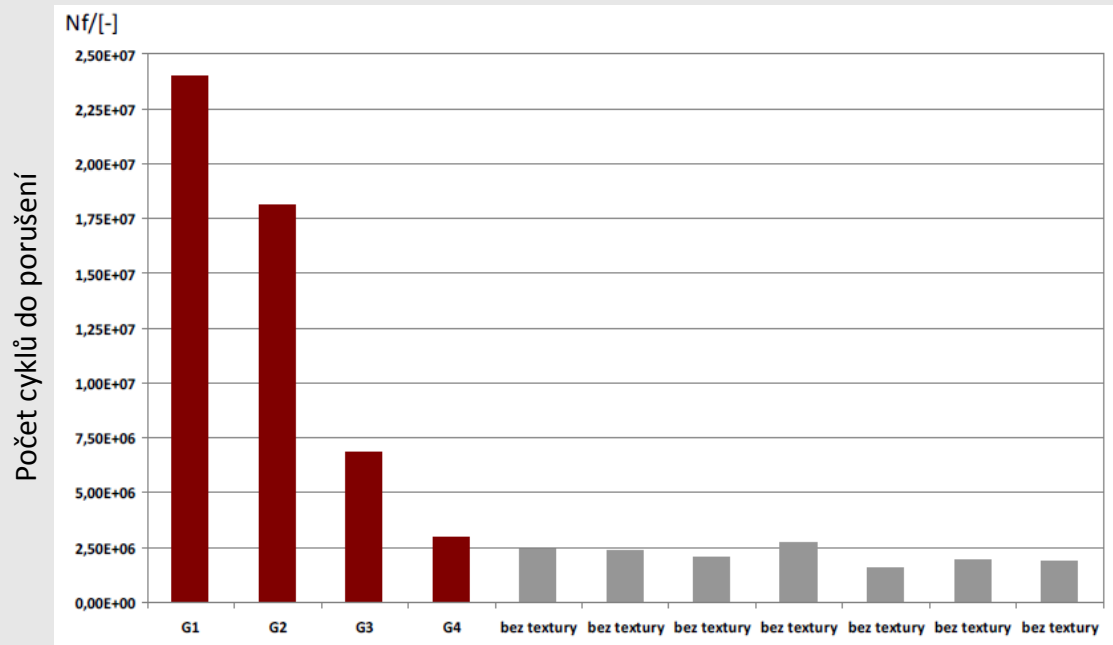
VLIV HUSTOTY TEXTURY



ŠAMÁNEK, O.; ZIMMERMAN, M.; SVOBODA, P.;
KŘUPKA, I.; VRBKA, M., 2010.

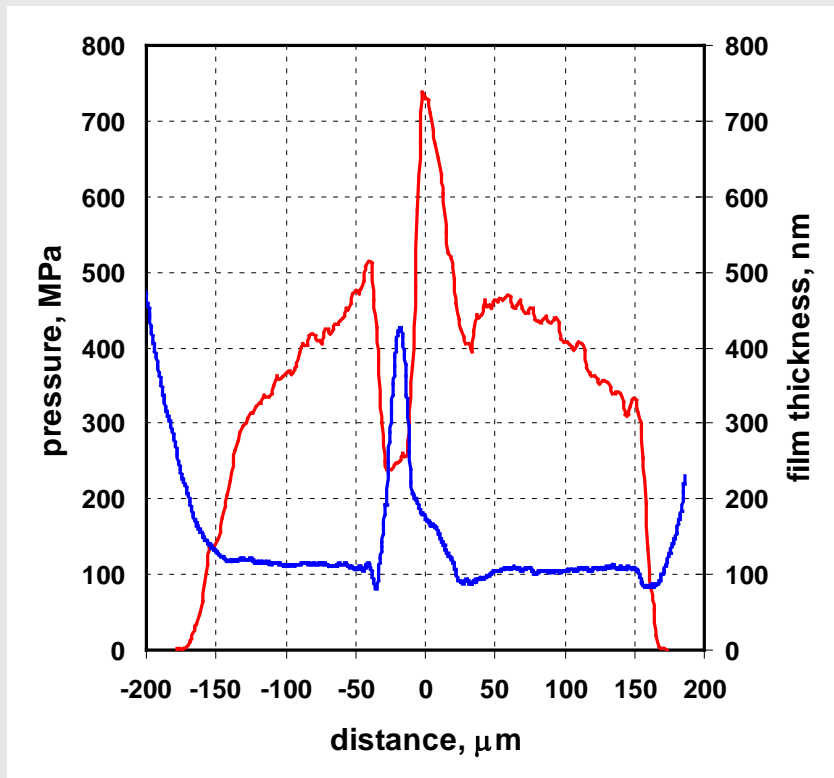


VRBKA, M.; ŠAMÁNEK, O.; ŠPERKA, P.;
NÁVRAT, T.; KŘUPKA, I.; HARTL, M., Tribology
International, 2010.



INTERPRETACE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

Jak je možné, že dojde k nárůstu únavového života u mikrovtrisků s hloubkou 600 nm, když i menší mikrovtrisky způsobí nárůst kontaktního tlaku?



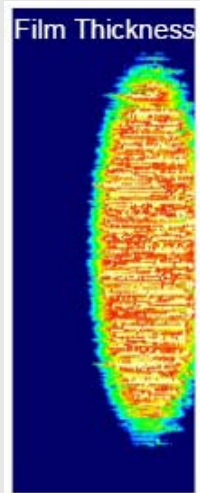
hloubka mikrovtrisku cca 300 nm (při malém prokluzu 15 %- disk rychlejší než kulička)

KŘUPKA, I. a kol.

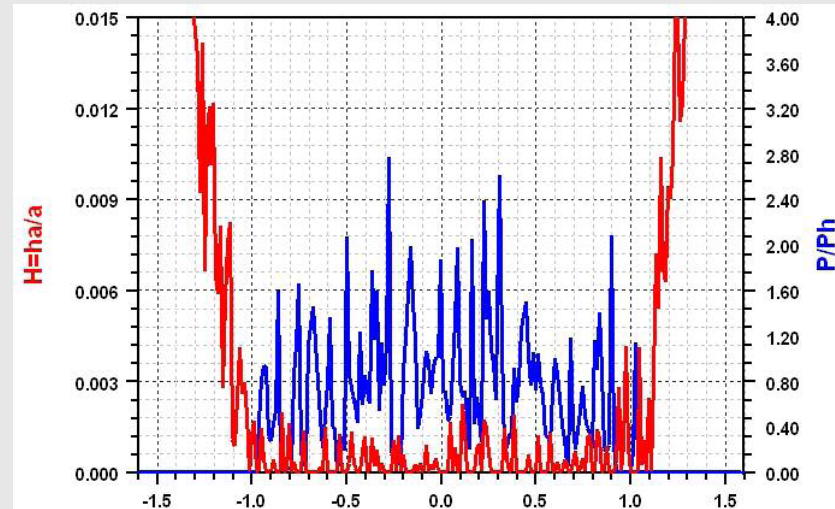
INTERPRETACE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

Jak je možné, že dojde k nárůstu únavového života u mikrovrtisků s hloubkou 600 nm, když i menší mikrovrtisky způsobí nárůst kontaktního tlaku?

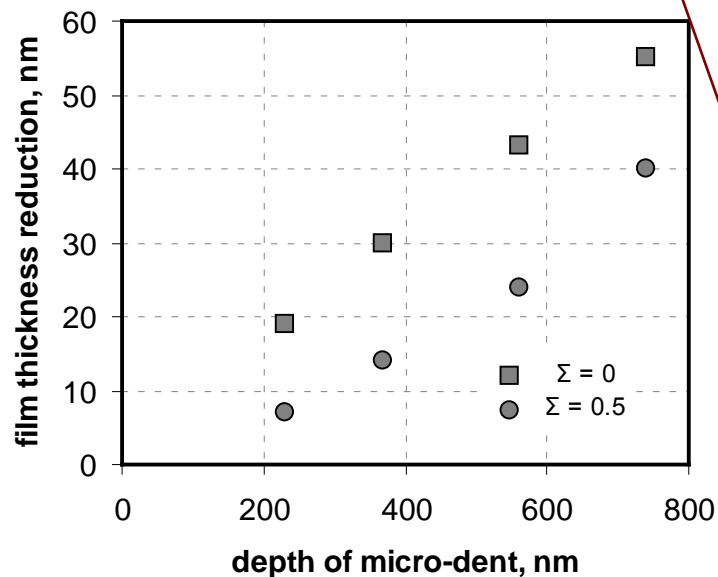
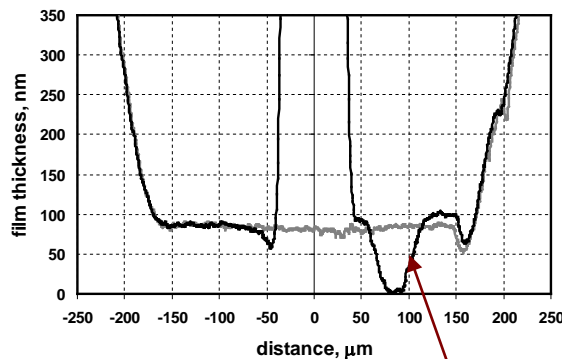
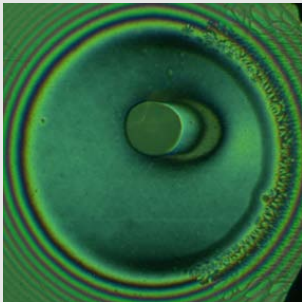
- EHD x smíšené mazání
- styk nerovností - nárůst tlaku v kontaktu
- Mikrovrtisky – redukce interakcí povrchů, lokálních tlaků



ZHU, D.



INTERPRETACE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ



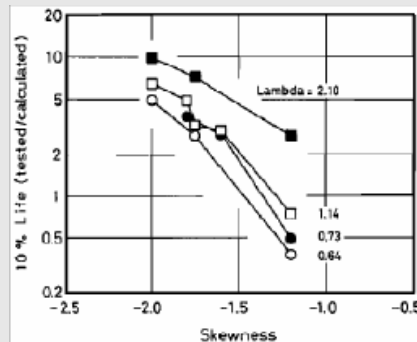
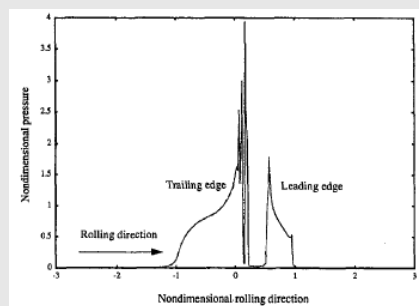
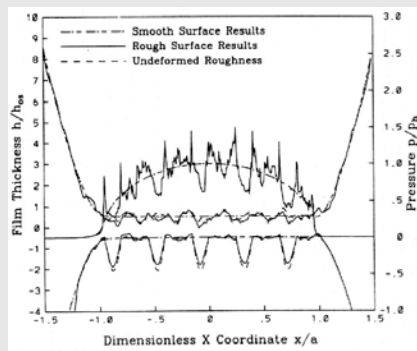
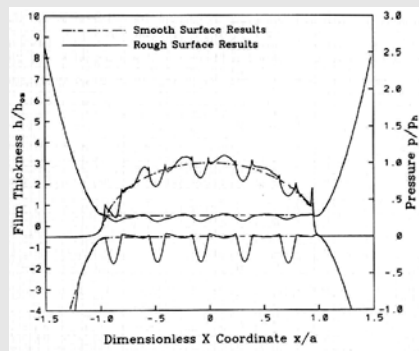
Proč tedy při určité hloubce dochází opět k poklesu únavového života?

Chování mikrotisků v kontaktní oblasti lze charakterizovat třemi vlivy:

- **Redukce kontaktů nerovností** při smíšeném mazání vlastním mikrotiskem a výtokem maziva z něho při prokluzu – snížení tlakových špiček – pozitivní efekt
- **Nárůst tlaku způsobený mikrotiskem** – čím hlubší vtisk tím větší nárůst tlaku – negativní efekt
- **lokální pokles tloušťky** způsobený mikrotiskem - čím hlubší vtisk tím větší pokles tloušťky – negativní efekt

Nalezení optimální konfigurace rozložení mikrovrtků a jejich hloubky musí zohledňovat všechny tři vlivy v závislosti na provozních podmínkách.

praktické použití tohoto přístupu bude vyžadovat další experimenty v kombinaci s numerickým řešením.



- provozní podmínky
- tvar mikrovrtku – geometrie textury
- vlivy mikrovrtků na kontakt

ZHAI, X. et. al., 1997
AKAMATSU, Y., 1992



Děkuji vám za pozornost

O. Šamánek

 **ústav
konstruování**

Ústav konstruování – Odbor metodiky konstruování
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

Obhajoba dizertační práce
O.Šamánek, 2013