

Modifikace tření v kontaktu kola a kolejnice

Radovan Galas

Školitel: prof. Ing. Martin Hartl Ph.D.

Školitel specialista: Ing. Milan Omasta Ph.D.

Ústav konstruování

Fakulta strojního inženýrství

VUT v Brně

Státní doktorská zkouška

30. 11. 2015



Obsah prezentace

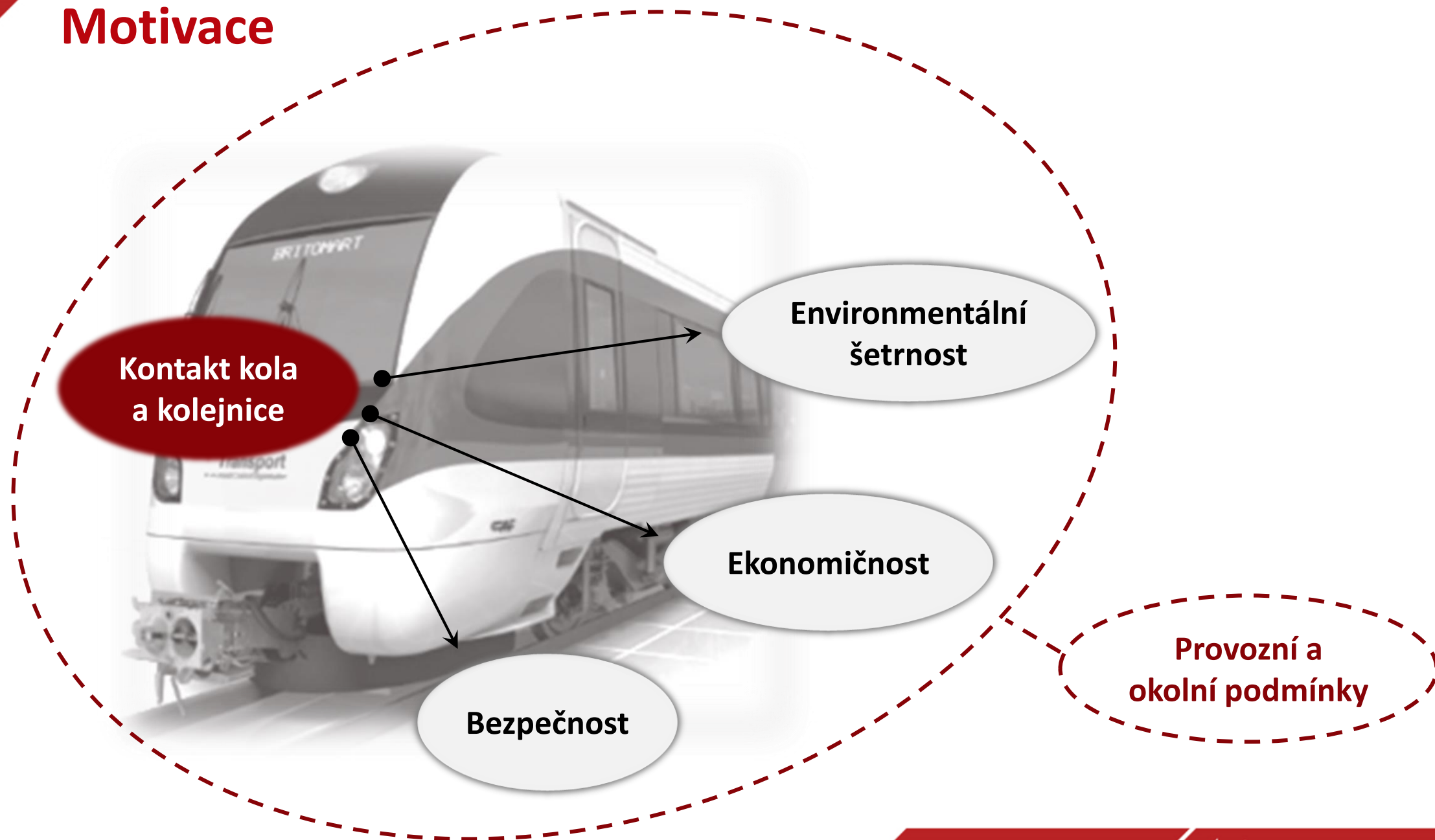
1. Úvod do problematiky
2. Shrnutí současného stavu poznání
3. Analýza a zhodnocení poznatků
4. Vymezení cílů dizertační práce
5. Vědecká otázka a pracovní hypotézy
6. Materiál a metody
7. Současný stav řešení dizertační práce
8. Závěr



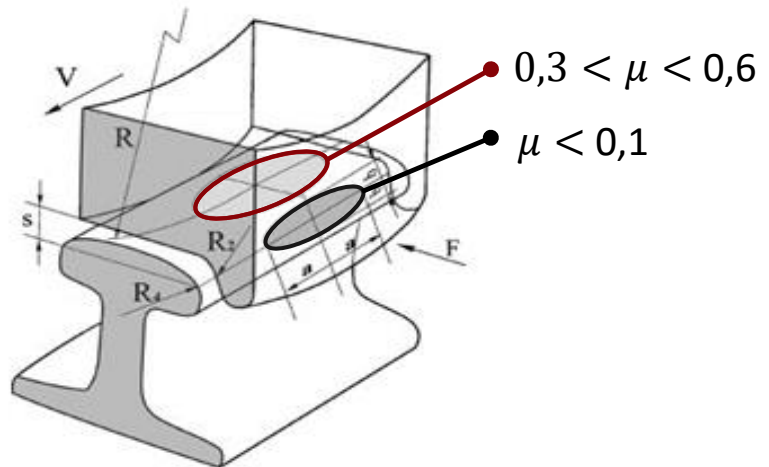
Rail Track Worldwide per Country:

- 60 000 km
- 30 000 km < 59 999 km
- 20 000 km < 29 999 km
- 15 000 km < 19 999 km
- 10 000 km < 14 999 km
- 5 000 km < 9 999 km
- 0 km < 4 999 km

Motivace



1. Úvod do problematiky



Státní doktorská zkouška

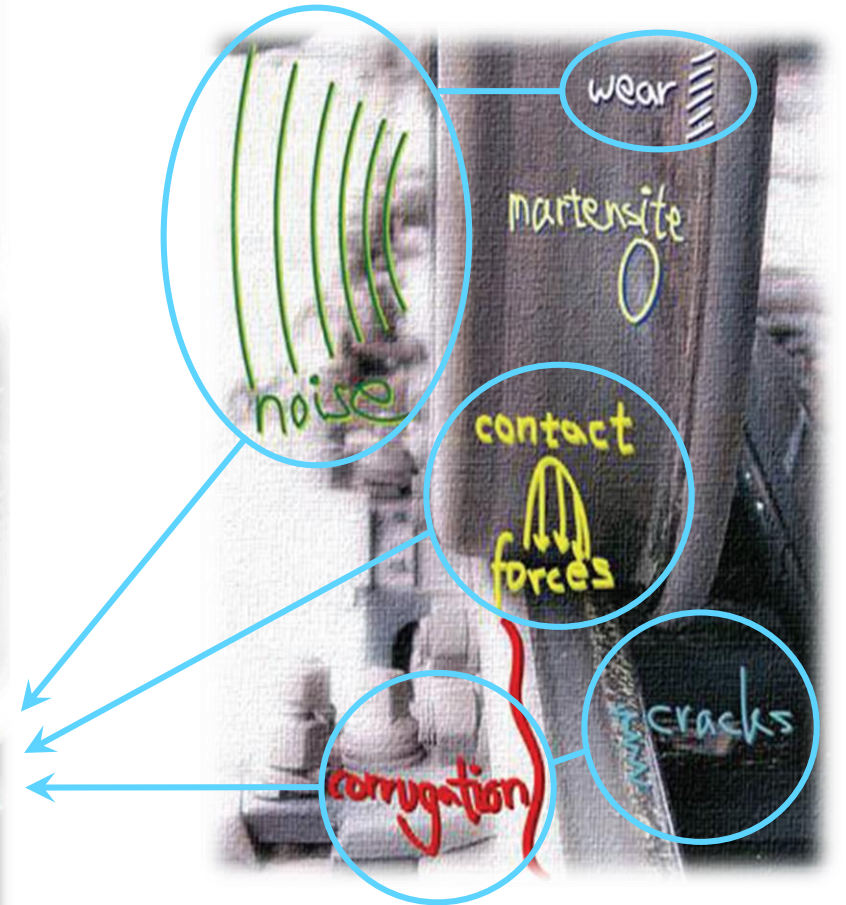
Mazání okolků



Pískování



Modifikátory tření



Úvod do problematiky



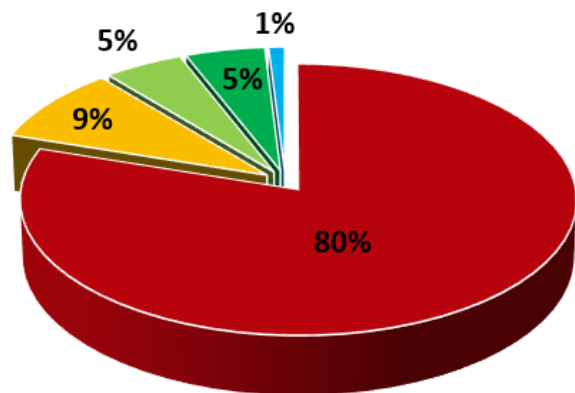
● Off-board



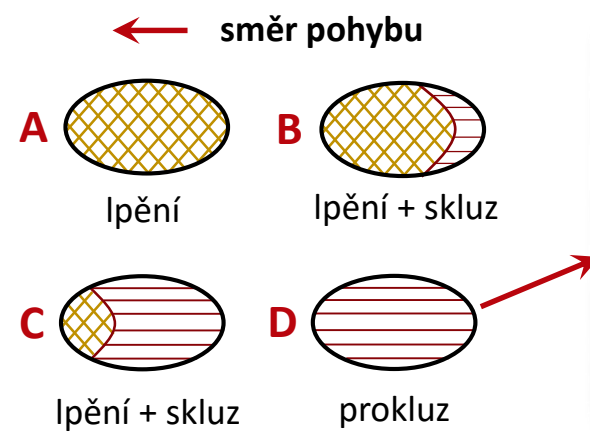
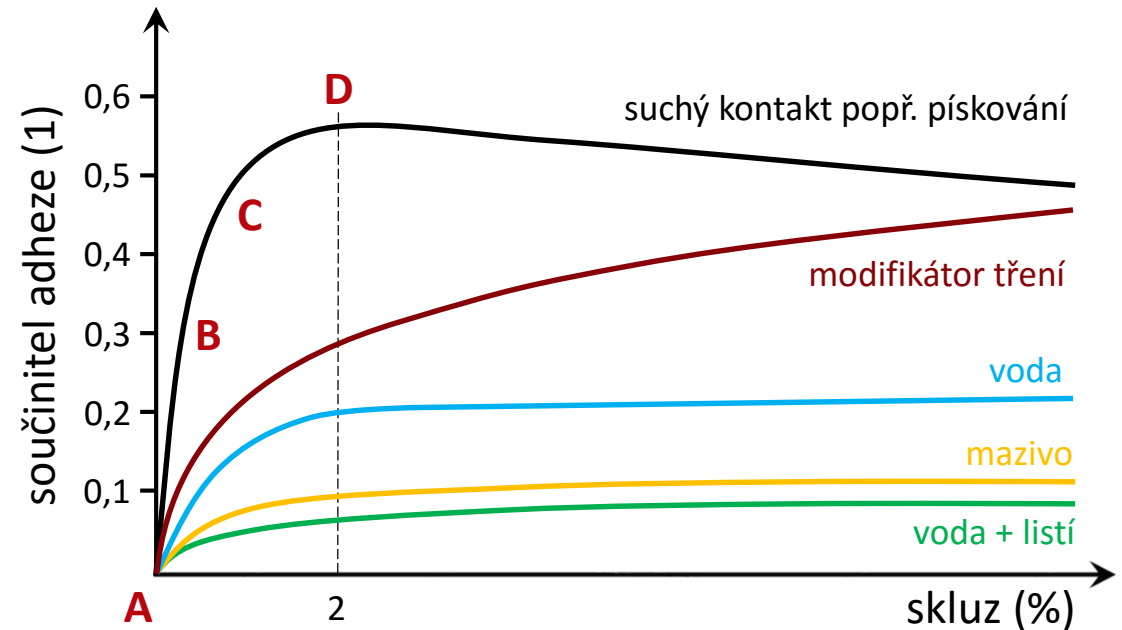
● On-board

Složení modifikátorů tření

- Základní báze
- Zahušťovadlo
- Pevné částice
- Mazivo
- Další

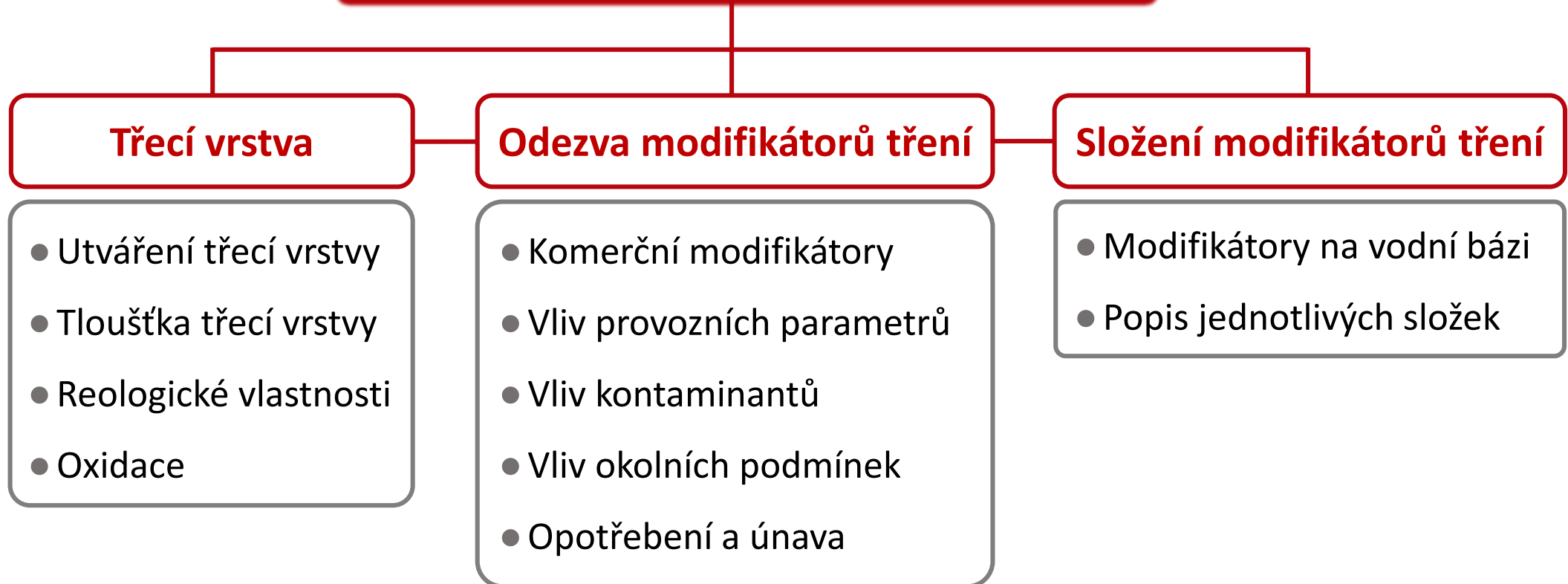


Trakční křivka



Shrnutí současného stavu poznání

Modifikace tření v kontaktu kola a kolejnice



Shrnutí současného stavu poznání

1997

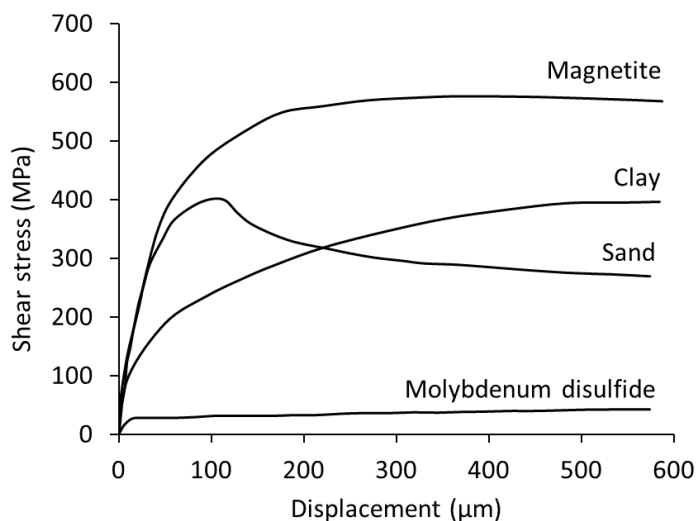
(30 citací dle WoK)

HOU. Rheological model of solid layer in rolling contact.

- Popis utváření třecí vrstvy v kontaktu kola a kolejnice.

$$\tau = G \cdot \gamma \quad \tau \leq \tau_c$$

$$\tau = \tau_c + k \cdot (\gamma - \gamma_c) \quad \tau > \tau_c$$

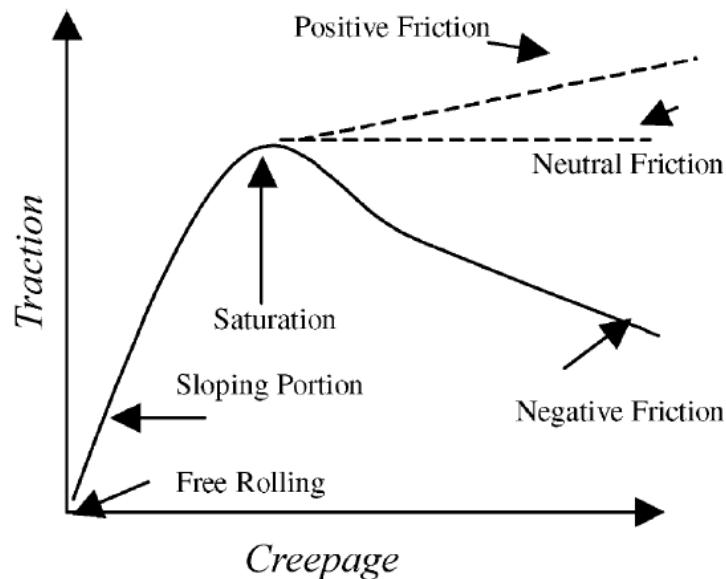


2002

(51 citací dle WoK)

EADIE. The role of high positive friction (HPF) modifier in the control of short pitch corrugations and related phenomena.

- Popis iniciace vlnkovitého opotřebení.

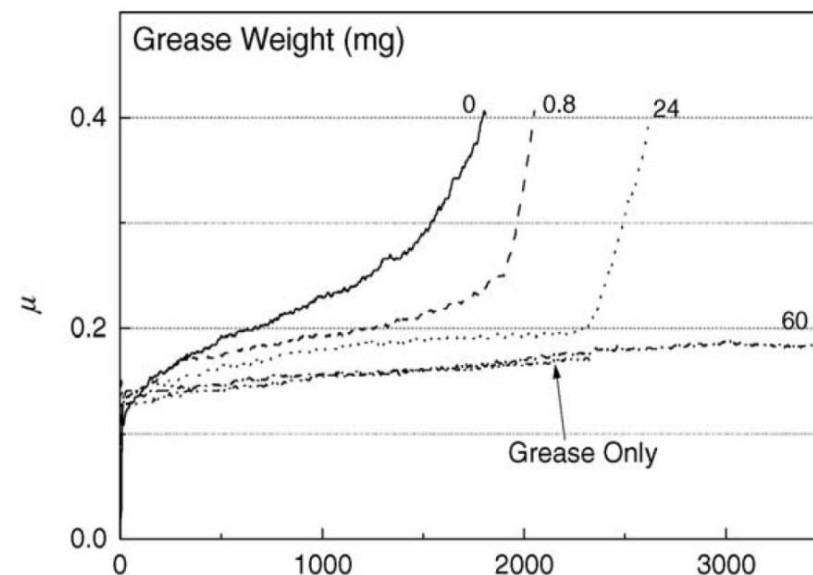


2005

(26 citací dle WoK)

LU. Laboratory study of the tribological properties of friction modifier thin films for friction control at the wheel/rail interface.

- Popsáno tzv. *N-shape* chování.



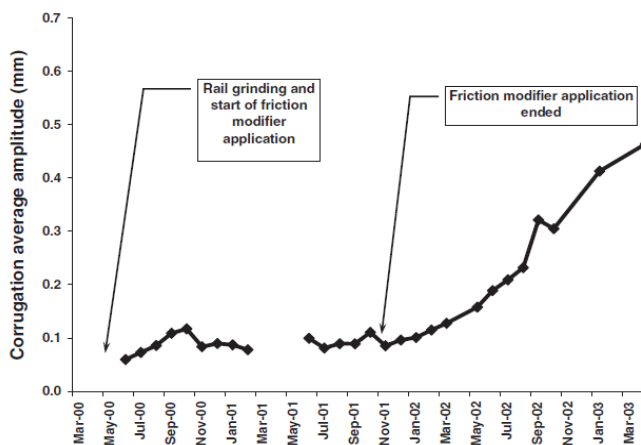
Shrnutí současného stavu poznání

2006

(14 citací dle WoK)

EADIE. Top-of-rail friction control for curve noise mitigation and corrugation rate reduction.

- Experimenty na reálné trati pro pět dopravních systémů.
- Redukce hluku až o 20 dB.

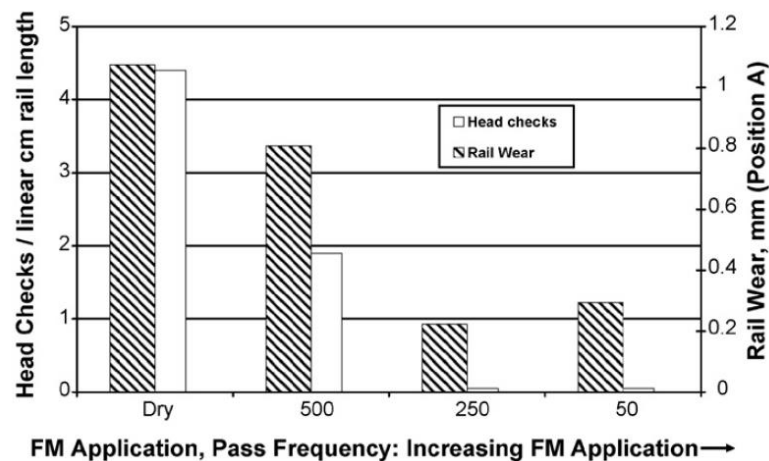


2008

(24 citací dle WoK)

EADIE. The effects of top of rail friction modifier on wear and rolling contact fatigue: Full-scale rail-wheel test rig evaluation, analysis and modelling.

- Pozitivní vliv na kontaktní únavu.

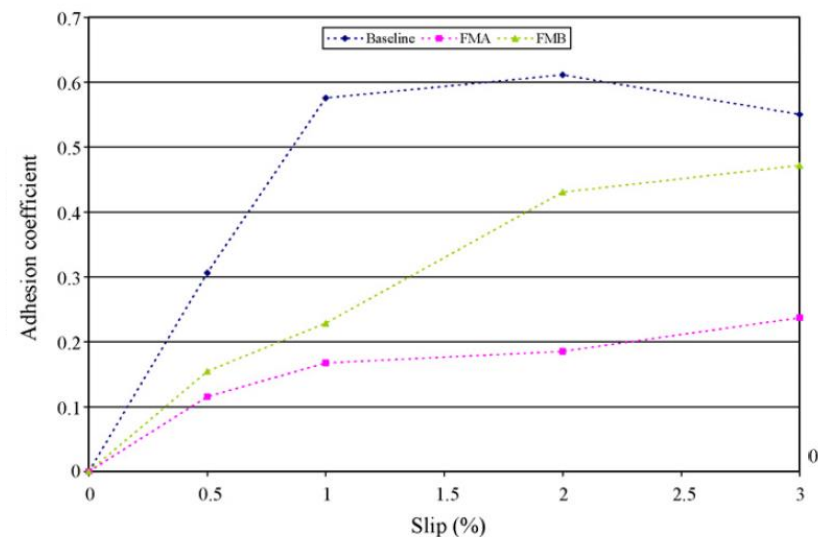


2010

(24 citací dle WoK)

ARIAS-CUEVAS. Rolling-sliding laboratory tests of friction modifiers in dry and wet wheel-rail contacts.

- „Výkonnost“ modifikátorů na bázi vody.



Analýza a zhodnocení výsledků

Experimenty na reálné trati

- ✓ Potlačení vlnkovitého opotřebení
- ✓ Redukce hlukové emise
- ✓ Redukce sil působících v kontaktu

✗ Chování modifikátorů tření na olejové bázi na reálné trati

✗ Vliv jednotlivých složek modifikátorů tření na adhezi a utváření mazacího filmu

Experimenty v laboratorních podmínkách

- ✓ Popis utváření třecí vrstvy (oxidy)
- ✓ „Výkonnost“ modifikátorů tření na bázi vody pro široké spektrum provozních podmínek (teplota, kontaminanty aj.)
- ✓ Redukce kontaktní únavy a míry opotřebení

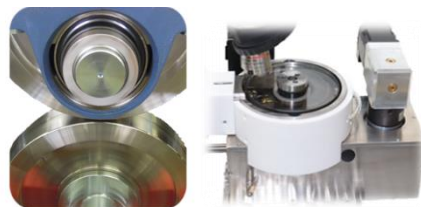
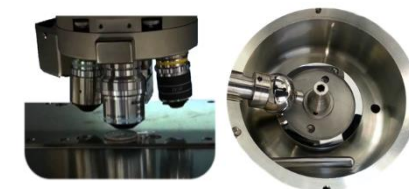
✗ „Výkonnost“ modifikátorů tření na olejové bázi

Vymezení cílů dizertační práce

Cíl dizertační práce

- Objasnit závislost složení modifikátorů tření na trakční vlastnosti a utváření mazacího filmu.

Cíl publikace	Popis chování modifikátorů tření na olejové bázi v kontaktu kola a kolejnice
Aparatura	Ball-on-disk tribometr, optický profilometr
Časopis	Wear (IF 1,86)



Cíl publikace	Posouzení vlivu jednotlivých složek modifikátorů tření na trakci a utváření mazacího filmu
Aparatura	Dvoudiskové zařízení, optický tribometr, optický profilometr
Časopis	Tribology International (2,12)

Cíl publikace	Posouzení vlivu modifikátoru tření na opotřebení, vlnkovitost a hlukovou emisi
Aparatura	Reálná tramvajová trať v Brně
Časopis	Wear (1,86)



Vědecká otázka a pracovní hypotézy

Vědecká otázka

- *Jaká je závislost mezi složením modifikátorů tření, trakci a formováním mazacího filmu mezi povrchy?*

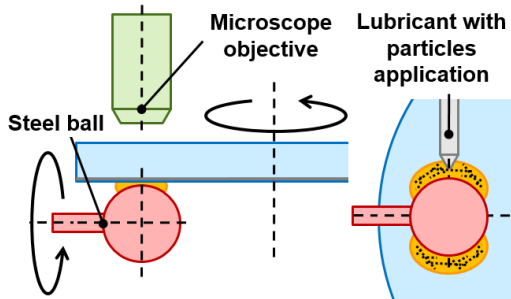
Pracovní hypotézy

- *„Aplikace optimálního množství modifikátoru tření vede ke zformování mazacího filmu, což má za následek stabilizaci adheze až do chvíle kdy začne kontakt hladovět.“*
- *„V poměru k velikosti kontaktní oblasti existuje mezní hodnota velikosti částic, při které již částice nevstupují do kontaktu.“*
- *„Hodnota trakce je podmíněna zejména velikostí, tvrdostí a smykovou pevností pevných částic vstupujících do kontaktu.“*

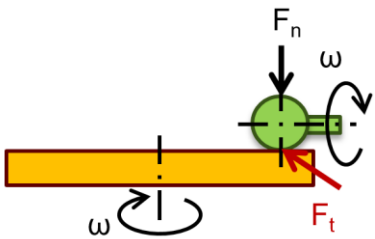
Metody a materiál

Aparatura

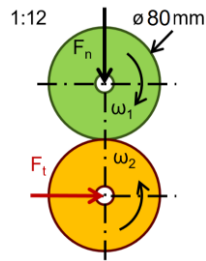
Optický tribometr



MTM



Twin disc



Reálná trať



Státní doktorská zkouška

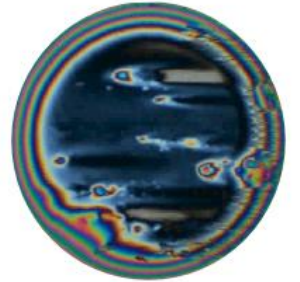
Podmínky experimentu

- Komerční modifikátory
- Vlastní kompozice
 - Základové oleje
 - Kovové částice

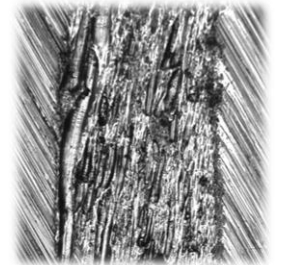
- Úsek 400 m (1 rok)
- Off-board systém
- Komerční modifikátor

Sledované parametry

- *Analýza utváření filmu*
 - Vliv množství
 - Vliv pevných částic



- Součinitel adheze
- Množství
- Hodnocení opotřebení

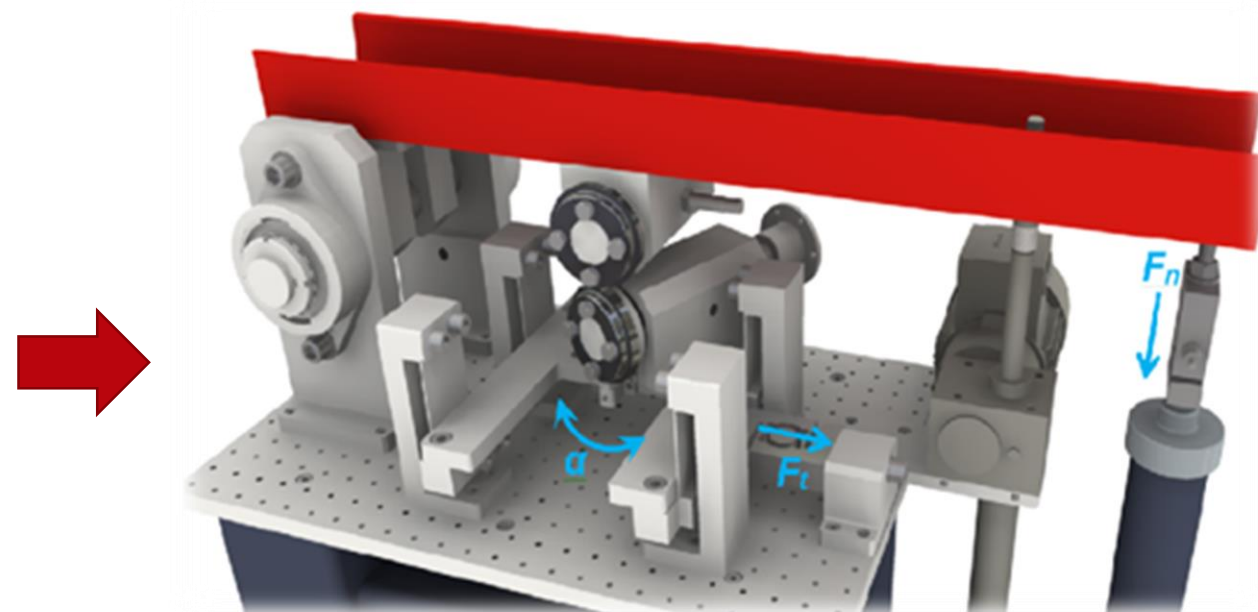


- Optimální množství
- Vlnkovitost
- Hluková emise
- Profil kolejnice



Modifikace experimentální aparatury

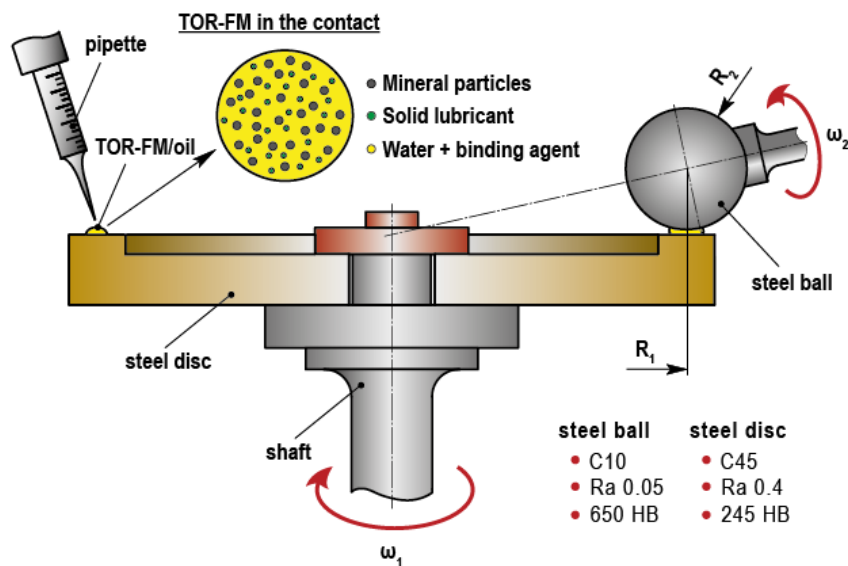
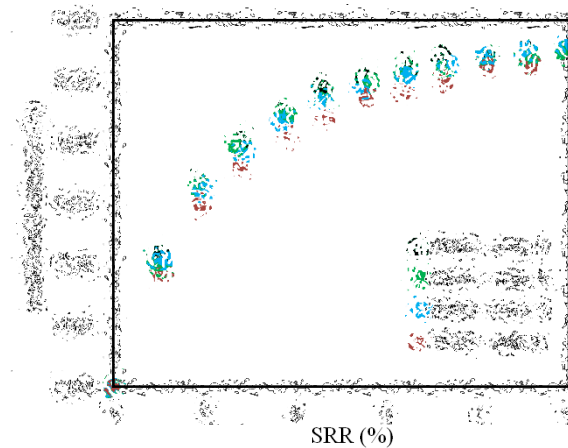
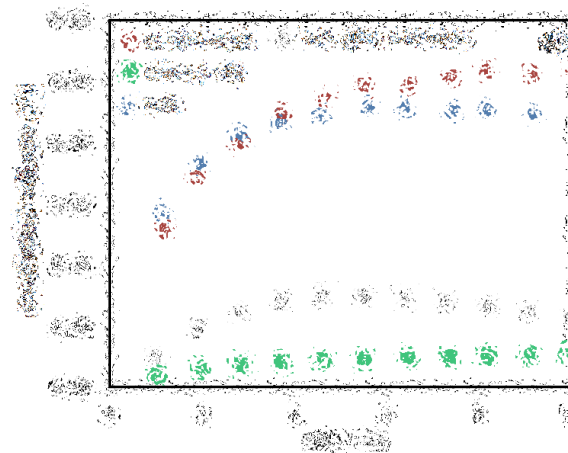
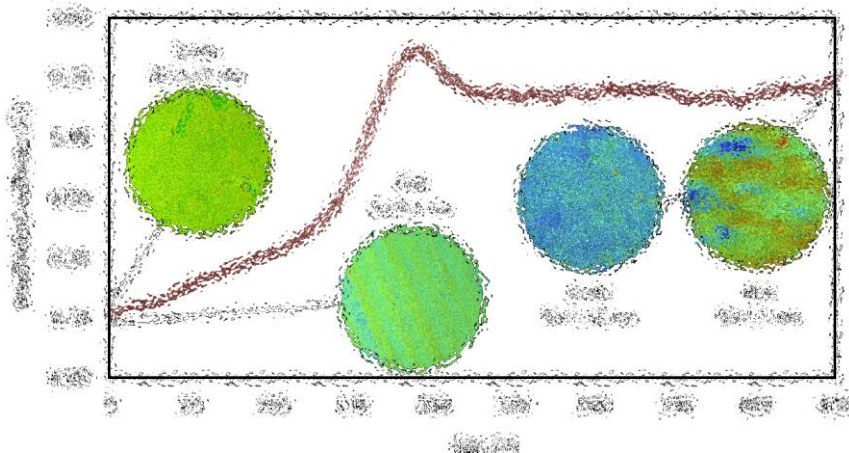
Modifikace experimentální aparatury



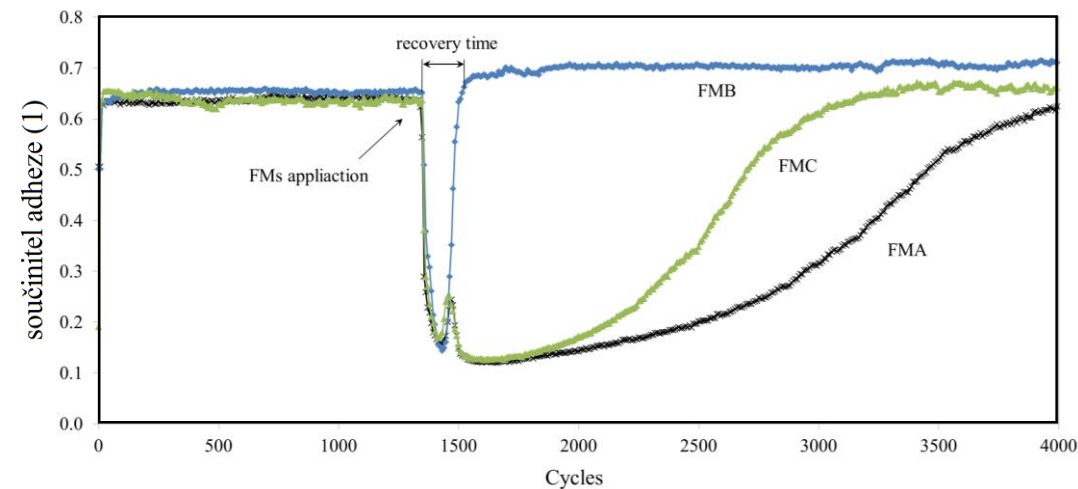
Měřitko	Průměr disků (mm)	Tloušťka (mm)	Velikost oblasti (mm)	Tlak (GPa)
Stávající 1:3	320	50	2,3 x 2,7	1
1:12	80	10	0,28	0,8
1:12	80	8	0,31	0,9
1:12	80	6	0,36	1

Současný stav řešení dizertační práce

Verifikační experimenty



Modifikátory tření na vodní bázi

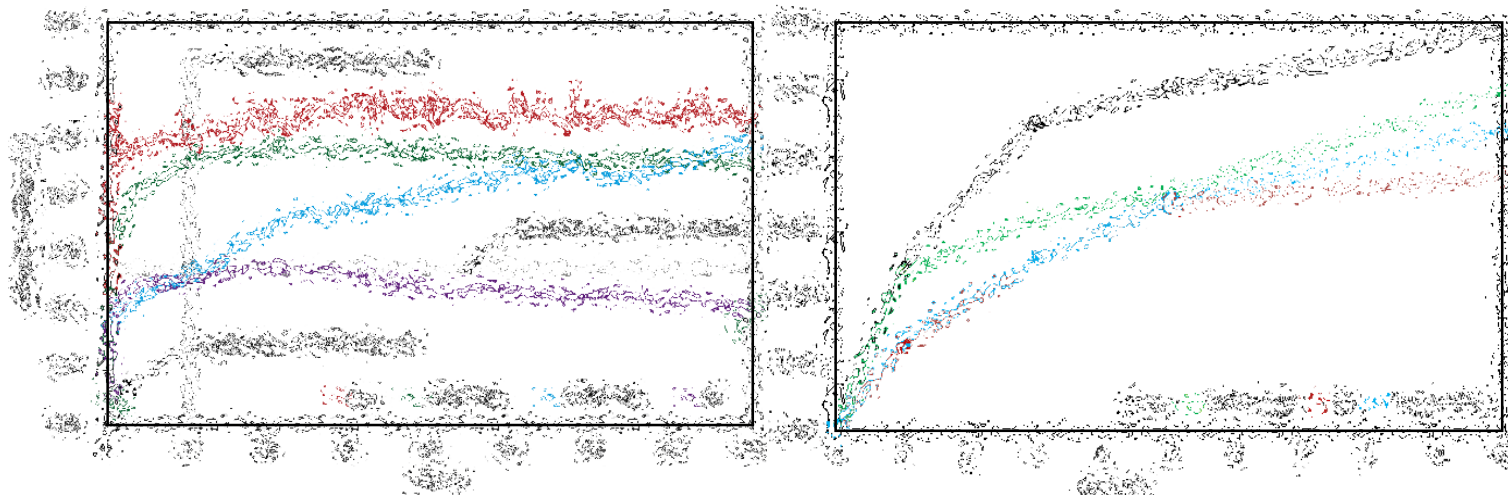


Současný stav řešení dizertační práce

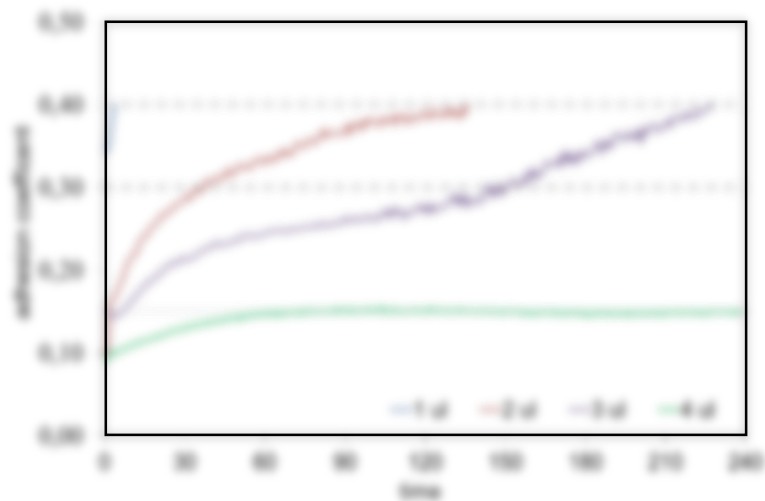
Experimentální podmínky

- Kontaktní tlak 0,75 GPa
- Rychlost 300 mm/s
- Skluz 1-10 %
- Množství 1-4 μl
- Modifikátory tření TOR-FMA (olejová báze) TOR-FMB

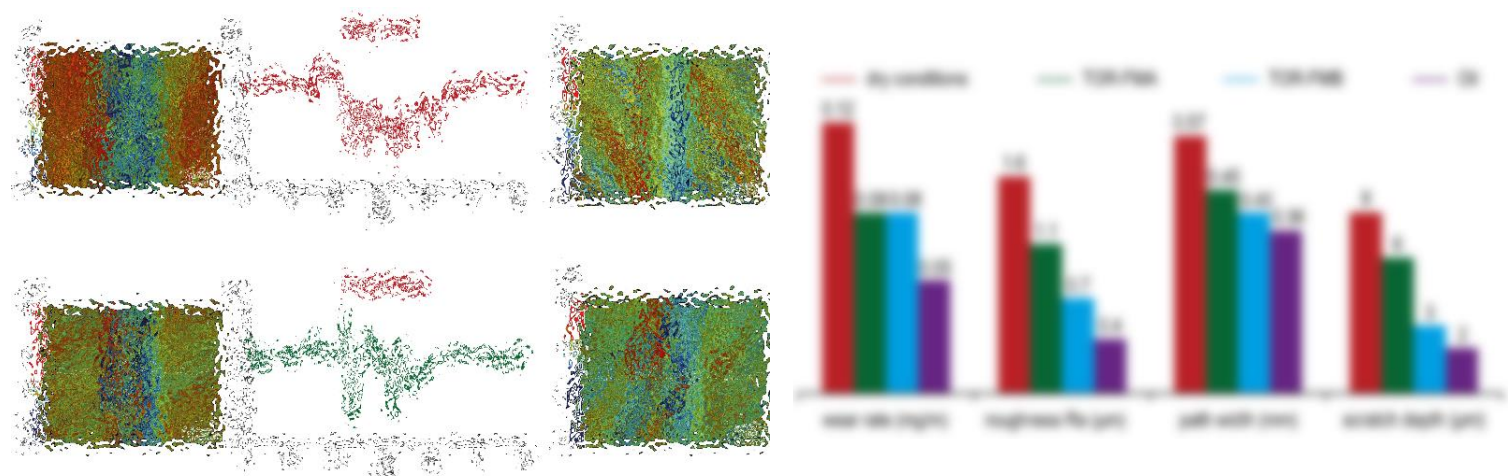
Časové a trakční křivky



Vliv aplikovaného množství

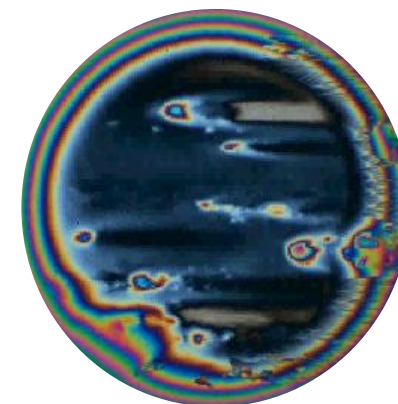
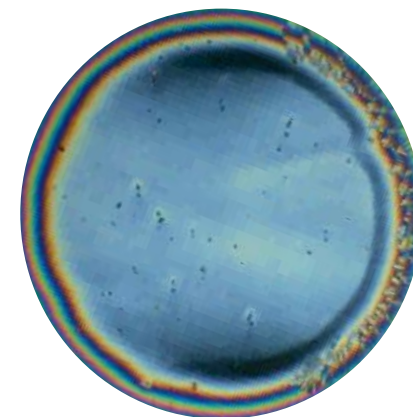


Studium opotřebení



Přehled dosažených výsledků

- Shrnutí současného stavu poznání ✓
- Experimentální aparatura (12/2015) ⚠
- Metodologie experimentu ✓
- Verifikační experimenty (1/2016) ⚠ ✓
- Experimenty s modifikátory na olejové bázi ✓
- Experimenty zaměřené na popis utváření mazacího filmu (4/2016) ⚠
- Experimenty na reálné trati (3/2017) ⚠
- Analýza a interpretace výsledků (5/2017) ✗



Závěr

Rok 2015

- Zprovoznění a verifikace dvoudiskového zařízení
- Odeslání impaktovaného článku

Rok 2016

- Utváření mazacího filmu – NordTrib - publikace
- Experimentální výzkum na reálné trati

Rok 2017

- Publikace výsledků z reálné trati
- Sepsání dizertační práce
- 5ti-měsíční stáž na *Southwest Jiaotong University*



Děkuji vám za pozornost

Radovan Galas

galas@fme.vutbr.cz

<http://uk.fme.vutbr.cz/>