

# Vývoj ložisek s autocirkulací plastického maziva- Vliv parametrů ložiska na mazání EHD kontaktů pomocí plastických maziv

**Michal Okál, Ing.**

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ  
Fakulta strojního inženýrství  
VUT v Brně

Školitel: prof. Ing. **Ivan Křupka**, Ph.D.

Školitel specialista: Ing. **David Košťál**, Ph.D.



ÚSTAV  
KONSTRUOVÁNÍ

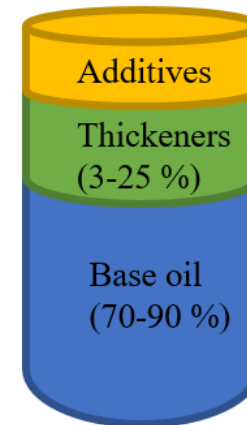
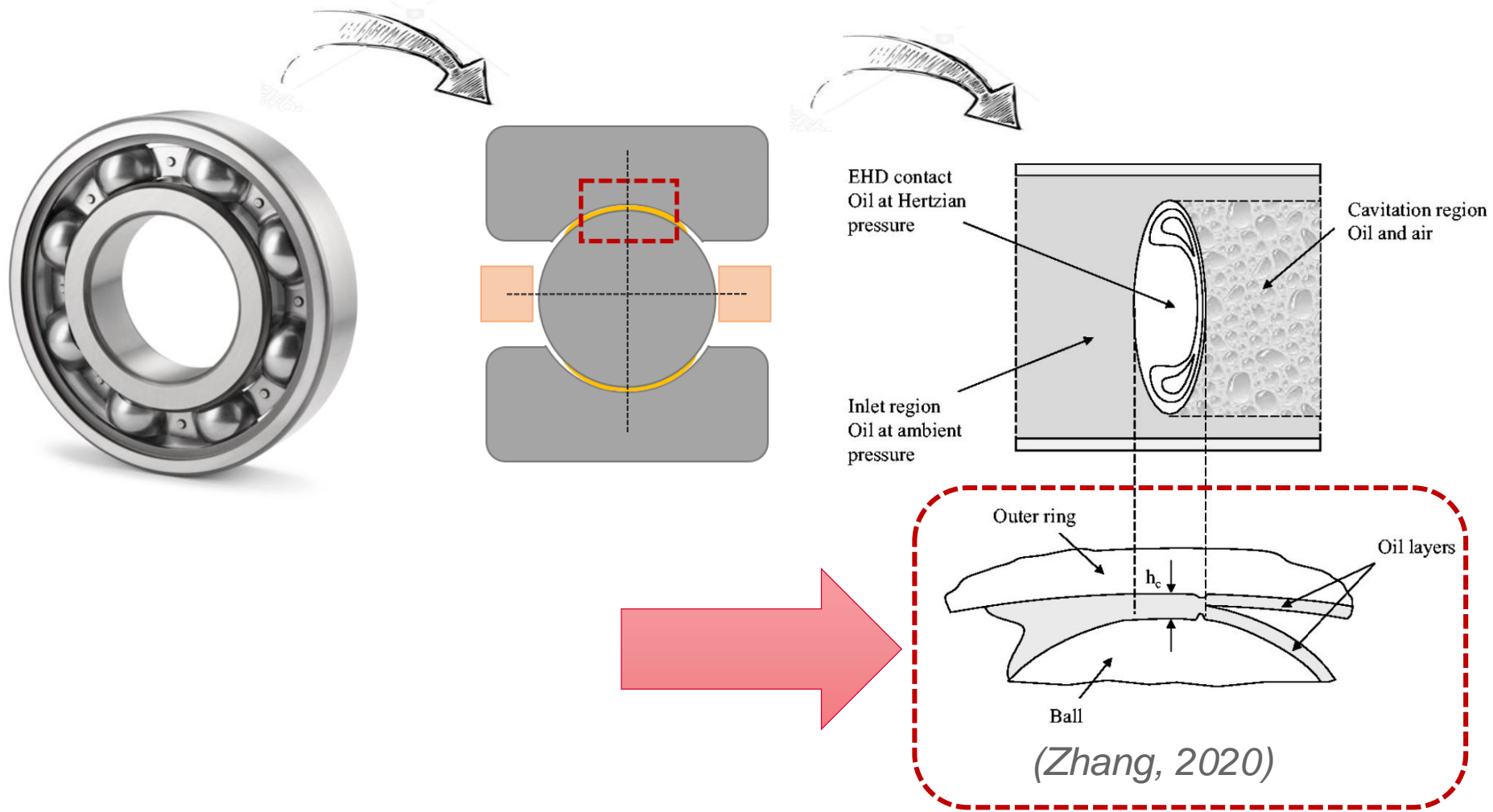
# Obsah prezentace

- Úvod do problému
- Motivace pro řešení
- Shrnutí současného stavu
- Vymezení cílů disertační práce
- Materiál a metody
- Současný stav



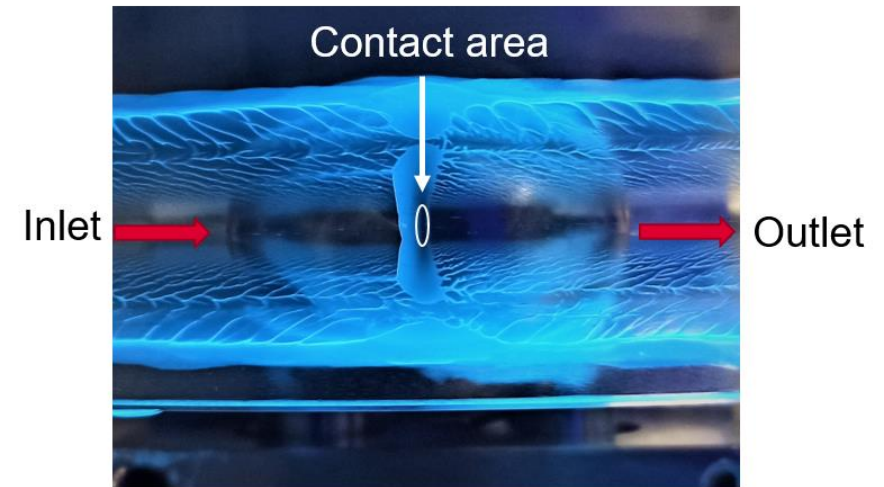
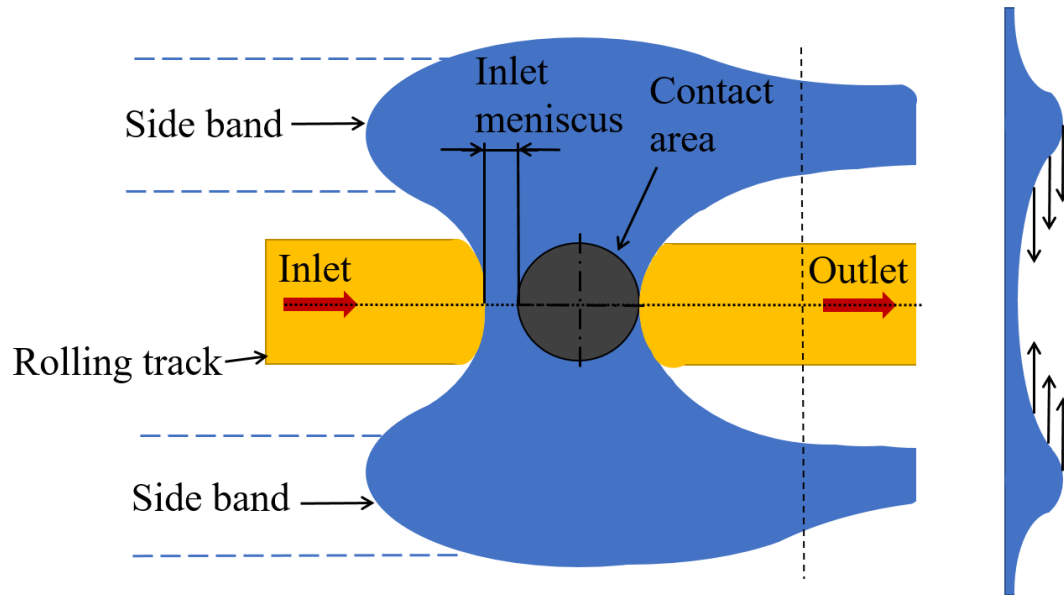
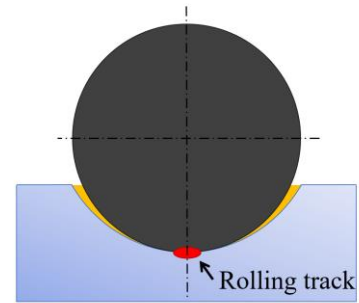
*(belgo-bearings.com)*

# Úvod do problému



# Úvod do problému

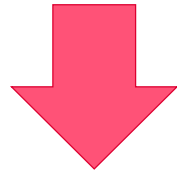
Podstatný je replenishment maziva kolem daného kontakt



# Motivace pro řešení

- RKL – patří mezi nejvíce zastoupené strojnické komponenty
- Funkce a životnost stroje, pasivní účinky
- Ložiska s trvalou náplní (časově omezené)

**Snížit třecí ztráty a prodloužit životnost**



**Porozumění vlivu parametrů ložiska a maziva na schopnost mazání**

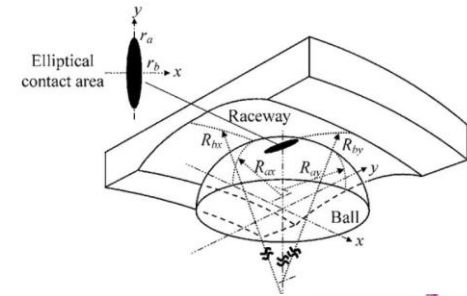
- Dostatečný replenishment, tloušťka filmu v kontaktu
- Nízké třecí ztráty a trvanlivost ložiska

Materiál

Metals

Non-Metals

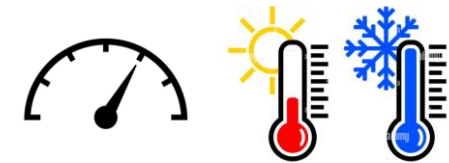
Vnitřní geometrie



Vlastnosti  
plastického  
maziva

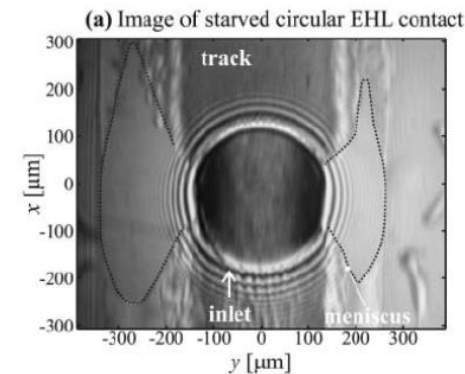
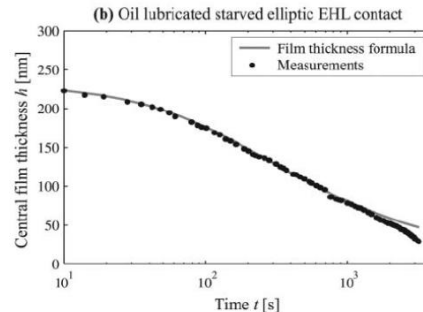
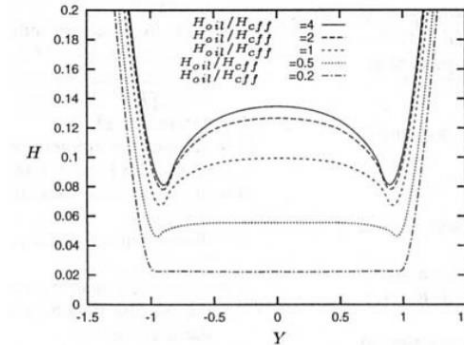
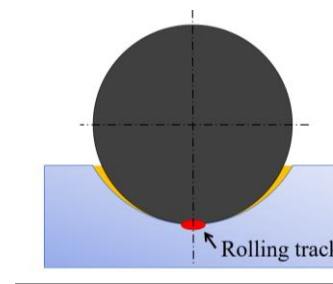
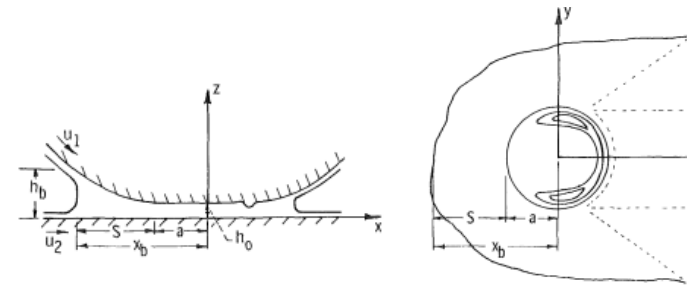


Provozní  
podmínky



# Shrnutí současného stavu

- **L. D. Wedeven (1971)** Optical analysis of ball bearing starvation
- **B. J. Hamrock (1976)** EHD Film thickness calculation
- **Aihara, S. and Downson, D. (1978)** Film thickness in ball bearings
- **Yang, Z. and Qian, X. (1987)** Grease film thickness in ehd contact
- **F. Chevalier, et al. (1998)** Film thickness in starved ehd
- **Gershuni, et al. (2008)** Replenishment in rolling bearings
- **Marco van Zoelen , et al. (2009)** Free surface thin layer flow



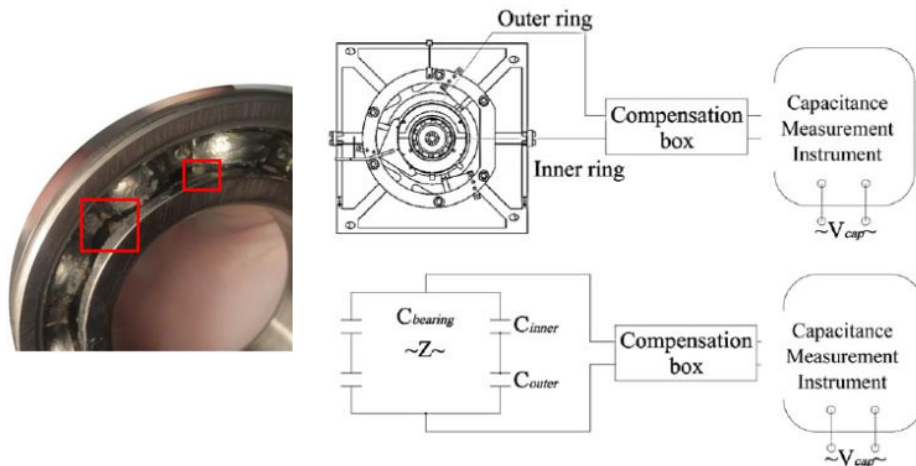
# Shrnutí současného stavu

University of Twente / (SKF)

P. M. Lugt (SKF)

Testování reálného ložiska

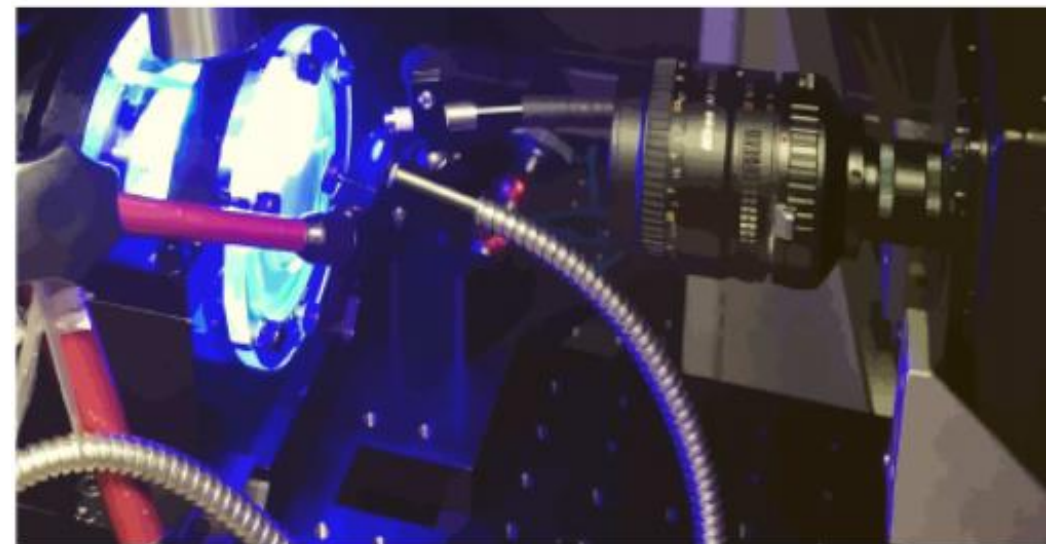
- Teplota
- Tloušťka mazacího filmu
- Není informace co se děje v kontaktu



Beijing Institute of Technology

Wenzhong Wang - (2022 – 9 publikací Q1)

Pozorování chování oleje ve skleněném ložisku



# Shrnutí současného stavu

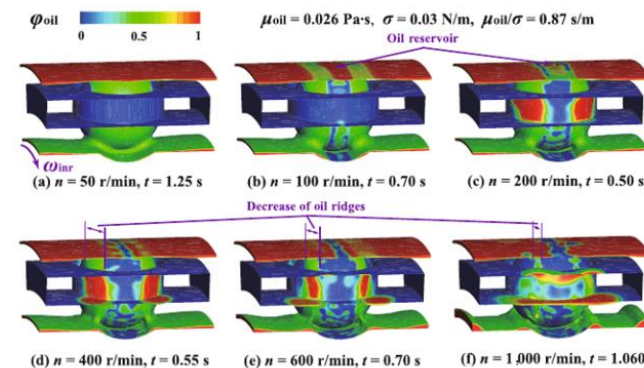
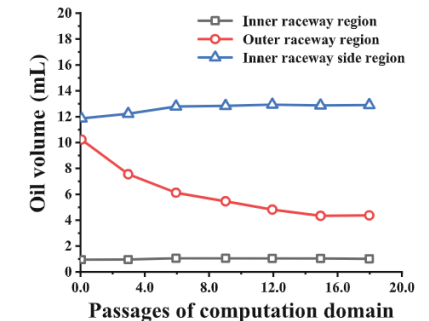
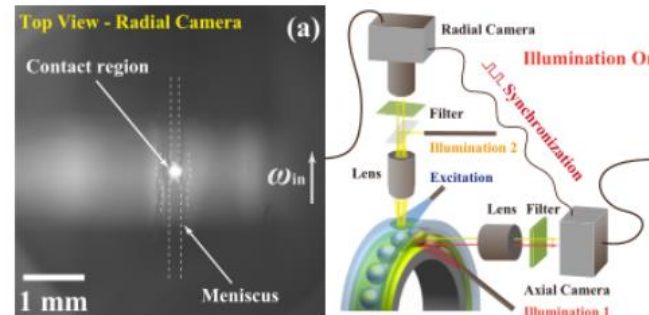
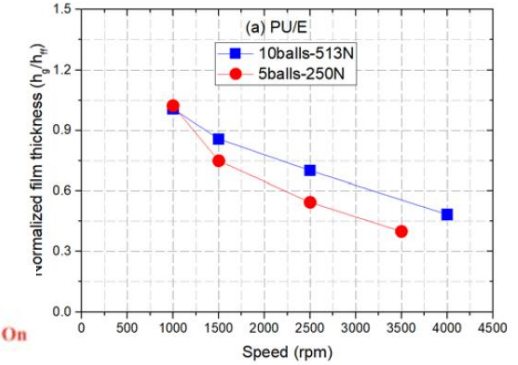
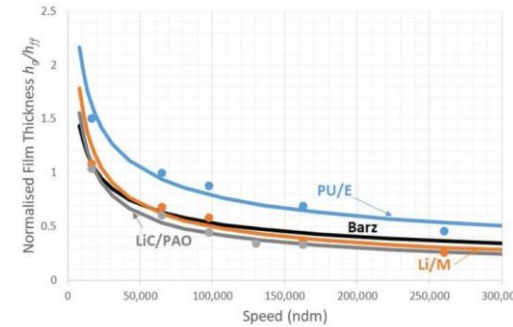
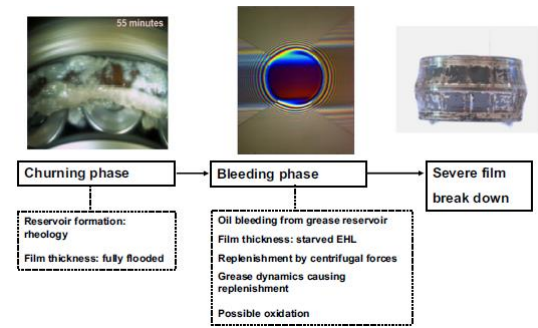
LUGT, Piet M. Modern advancements in lubricating grease technology. Tribology International. 2016, roč. 97, s. 467–477. ISSN 0301679X.

CEN, Hui a Piet M LUGT. Film Thickness in a Grease Lubricated Ball Bearing. 2018.

CEN, Hui a Piet M LUGT. Replenishment of the EHL contacts in a grease lubricated ball bearing. Tribology International. 2019, s. 106064. ISSN 0301-679X

Chen, H., Wang, W., Liang, H., Ge, X.: Observation of the oil flow in a ball bearing with a novel experiment method and simulation. Tribol. Int. 174, 107731 (2022).

Wenzhong WANG a Shengguang ZHANG. Investigation on the oil transfer behaviors and the air-oil interfacial flow patterns in a ball bearing under different capillary conditions. Friction. 2022, roč. 1. ISSN 2223-7690.



# Vymezení cílů disertační práce

## Cíl disertační práce

- Vliv parametrů RKL na chování plastického maziva v EHD kontaktu

## Přínos disertační práce

- Určení dopadu vnitřní geometrie ložiska na replenishment maziva
- Rozšíření poznatků o vlivu složek plastického maziva na tvorbu mazacího filmu
- Určení velikosti příspěvku částic zahušťovadla na tvorbě mazacího filmu na reálných površích

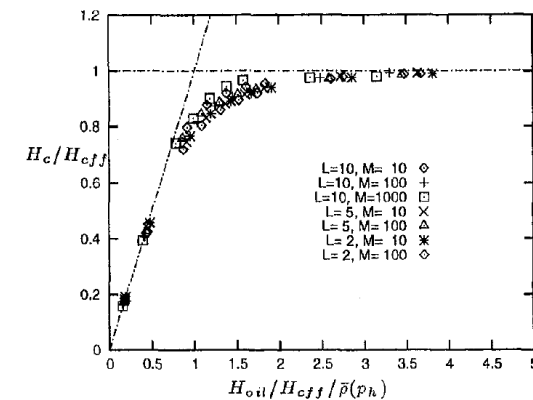
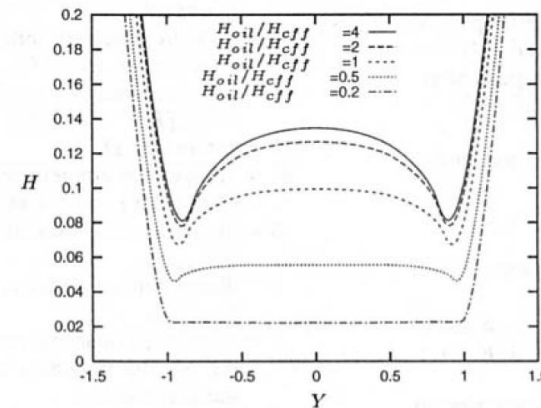
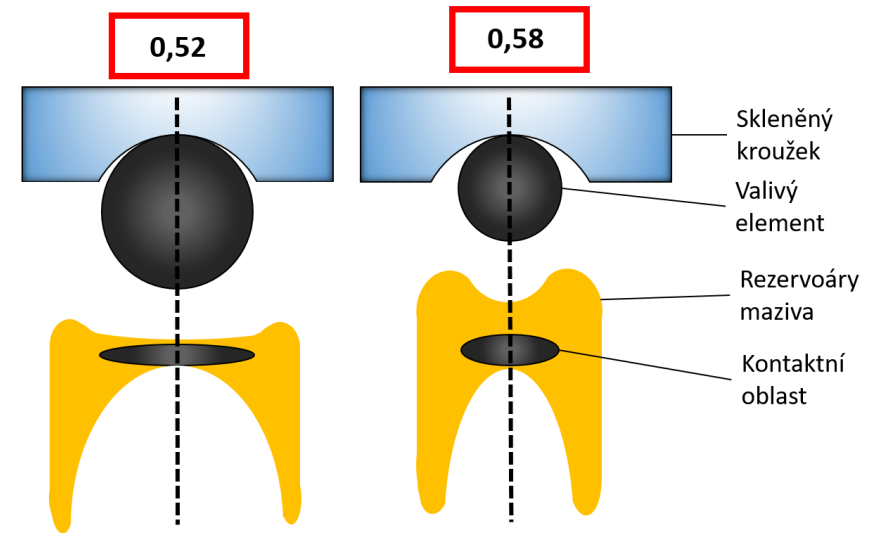
# Vymezení cílů disertační práce

## Vědecká otázka č. 1/3

Jak rozdílná konformita ložiska ovlivňuje replenishment maziva kolem kontaktu a výslednou centrální tloušťku filmu?

## Pracovní hypotéza č. 1/3

Kontakty s rozdílnou konformitou se liší převážně šířkou kontaktu, množstvím maziva v jeho okolí a rozdílnou kapilaritou. Rozdílná kapilarita může mít významný dopad na míru hladovění u těchto kontaktů.



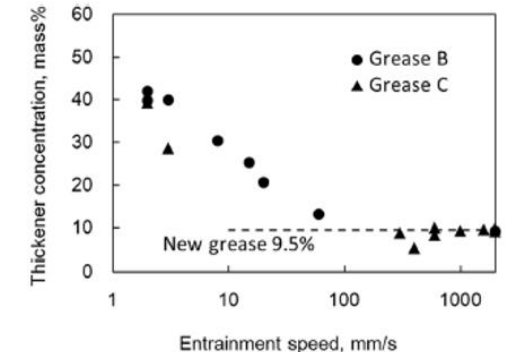
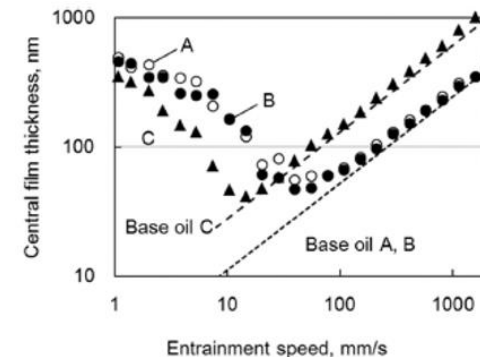
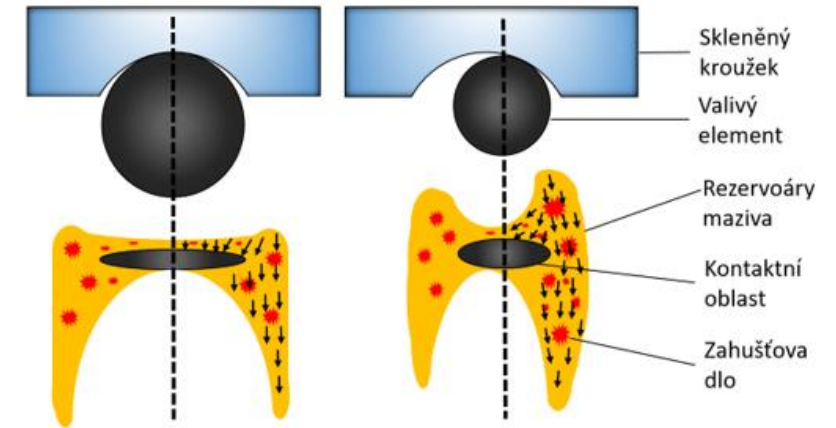
# Vymezení cílů disertační práce

## Vědecká otázka č. 2/3

Jaký vliv má vnitřní geometrie ložiska na zastoupení částic zahušťovadla v mazacím filmu?

## Pracovní hypotéza č. 2/3

Při mazání s plastickými mazivy dochází k rozdílnému zastoupení složek maziva v mazacím filmu a to především vlivem rychlosti. Rozdílné zastoupení může také souviset s replenishmentem maziva kolem kontaktu.



# Vymezení cílů disertační práce

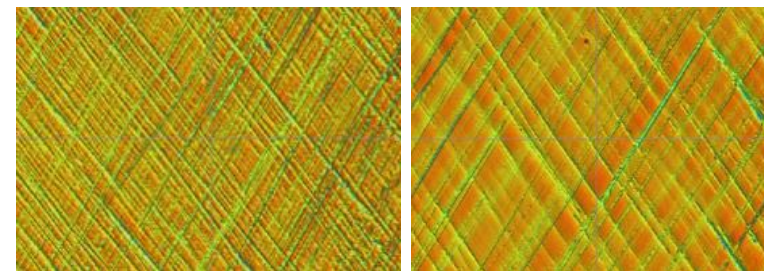
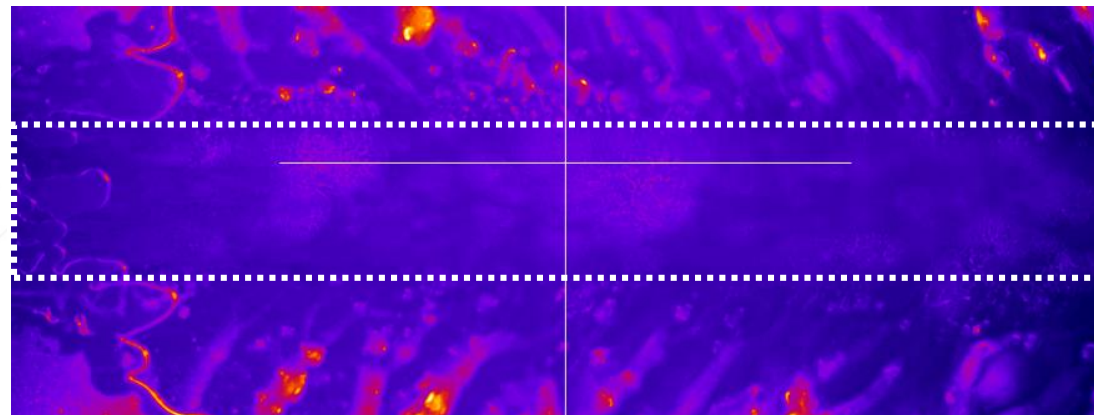
## Vědecká otázka č. 3/3

Jaký dopad mají částice zahušťovadla na mazací film u kontaktů s obecnou drsností?

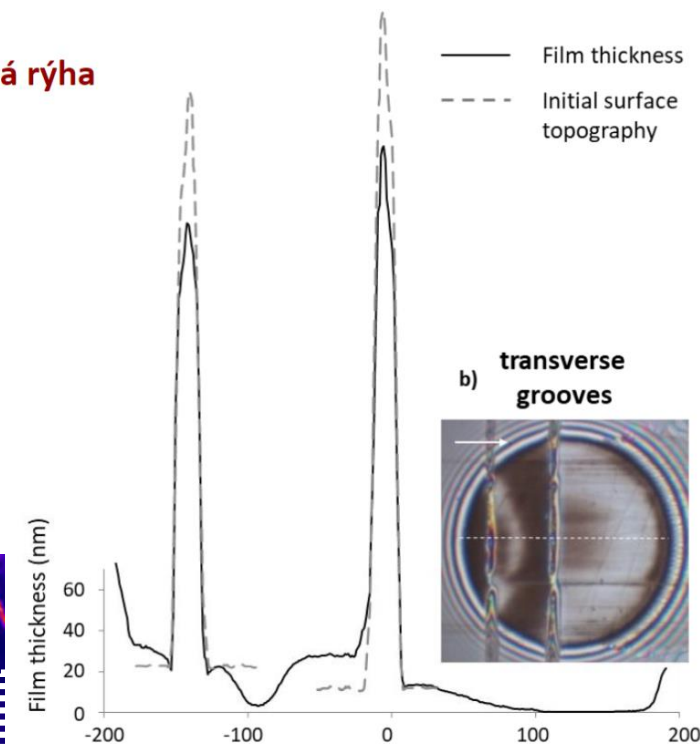
## Pracovní hypotéza č. 3/3

Rýhy na kontaktních površích významně ovlivňují mazací film. Částice zahušťovadla ovšem mohou ulpívat na povrchu a tak eliminovat negativní vliv nerovností.

Valivá dráha  
za kontaktem



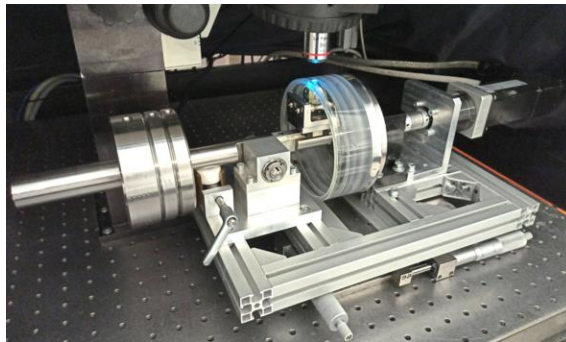
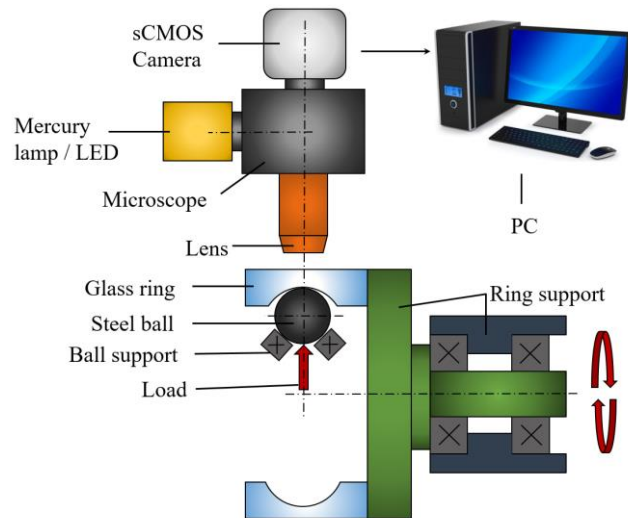
Příčná rýha



# Materiál a metody

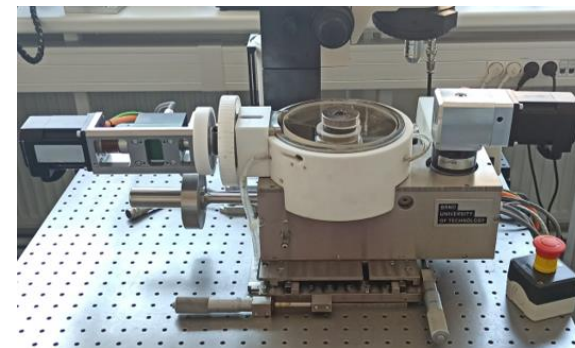
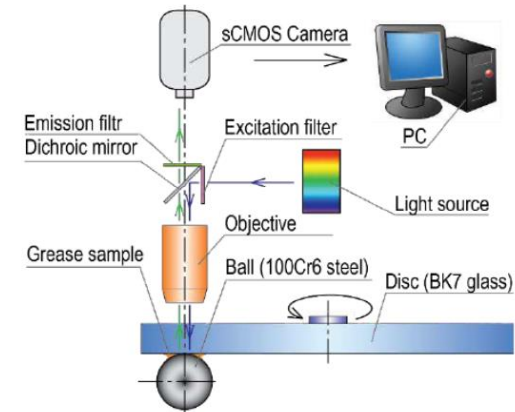
## Tribometr Ball-on-ring

- Realistické geometrické poměry



## Tribometr Ball-on-disc

- Umožní studium přímo dějů v kontaktu



# Materiál a metody

- Fluorescenční mikroskopie
- Plastické mazivo
- Fluorescenční barviva:

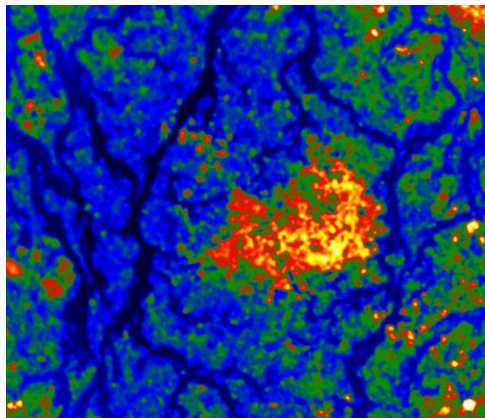


**ENEOS**

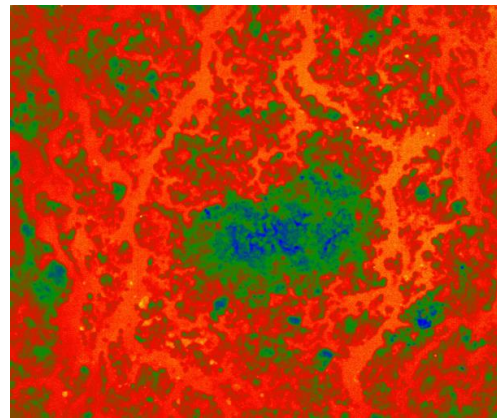
Coumarine 6 (zahušťovadlo) a Pyrene (základový olej)

## Identická část plastického maziva

Coumarine 6



Pyrene



*Kostal, D., Okal, M., Fryza, J. et al. Novel In-Situ Observation of the Grease Constituents in Elastohydrodynamic Contacts by Fluorescence Microscopy. Tribol Lett 70, 126 (2022).*

# Současný stav řešení

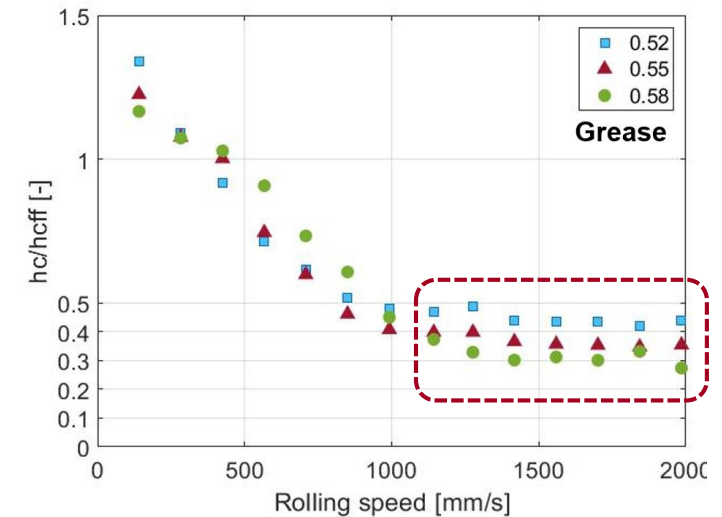
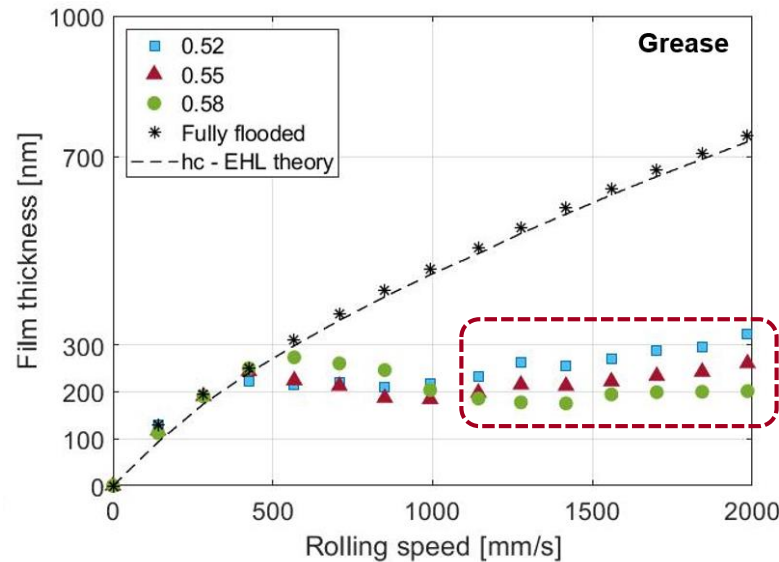
## Vědecká otázka č. 1/3

- Rozdílné konformity vytváří rozdílný replenishment maziva
- Menší konformity vykazuje větší tloušťku filmu
- U vyšších rychlostí byl rozdíl větší



Okal, M.; Kostal, D.; Sperka, P.; Krupka, I.; Hartl, M. Effect of Contact Conformity on Grease Lubrication. *Lubricants* 2022, 10, 289.

Vliv rychlosti na centrální tloušťku filmu



# Současný stav řešení

## Publikace

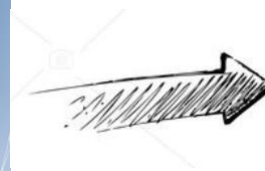
- KOSTÁL, D.; **OKÁL, M.**; FRÝZA, J.; KŘUPKA, I.; HARTL, M. Novel in-situ observation of the grease constituents in elastohydrodynamic contacts by fluorescence microscopy, Tribology Letters. 2022 (IF 3.106)
- **OKÁL, M.**; KOSTÁL, D.; ŠPERKA, P.; KŘUPKA, I.; HARTL, M. Effect of contact conformity on grease lubrication, Lubricants, 2022, (IF 3.584)

## Prezentace dosavadních výsledků

- 7th World Tribology Congress, Lyon, 2022

## Funkční vzorek

- OKÁL, M.; KOŠTÁL, D.; KŘUPKA, I.: Radiální tribometr; Optický simulátor valivého ložiska



# Přehled dosažených výsledků



- ✓ Shrnutí současného stavu
- ✓ Experimentální zařízení – Ball-on-ring
- ✓ Pozorovací metoda – Fluorescenční mikroskopie
- ✓ Vliv vnitřní geometrie ložiska na replenishment
- ✗ Zastoupení zahušťovadla v mazacím filmu – rozdílná vnitřní geometrie ložiska (Konference + publikace)  
(*The behavior of the grease thickener in and around the EHD contact*)



- ✗ Vliv drsností – (publikace)  
(*Effect of surface roughness on grease thickener concentration in EHD contact*)

# THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

**Michal Okál**

[Michal.Okal@vut.cz](mailto:Michal.Okal@vut.cz)



INSTITUTE OF MACHINE  
AND INDUSTRIAL DESIGN

[www.ustavkonstruovani.cz](http://www.ustavkonstruovani.cz)