

VÝVOJ REOLOGICKÝCH A TRIBOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ MAGNETOREOLOGICKÉ KAPALINY V PRŮBĚHU JEJÍ ŽIVOTNOSTI

Žáček Jiří, Ing.

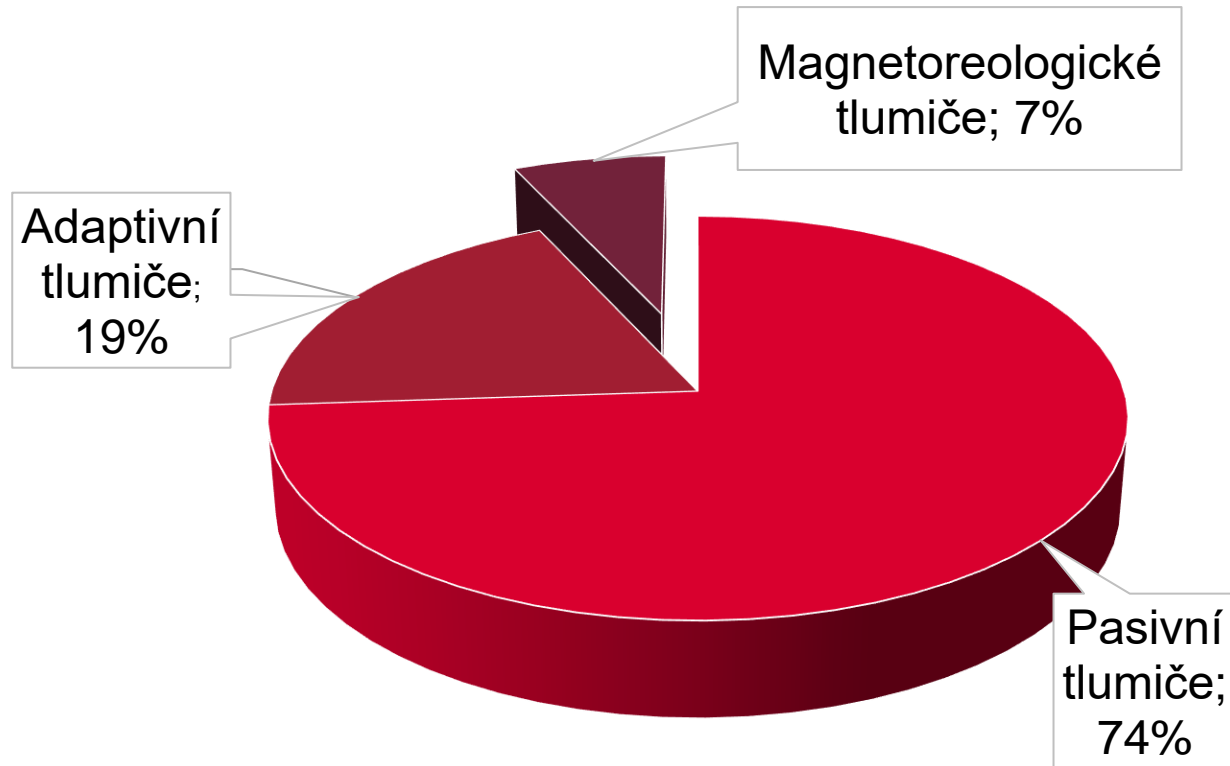
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ
Fakulta strojního inženýrství
VUT v Brně

V Brně, 10. 1. 2024

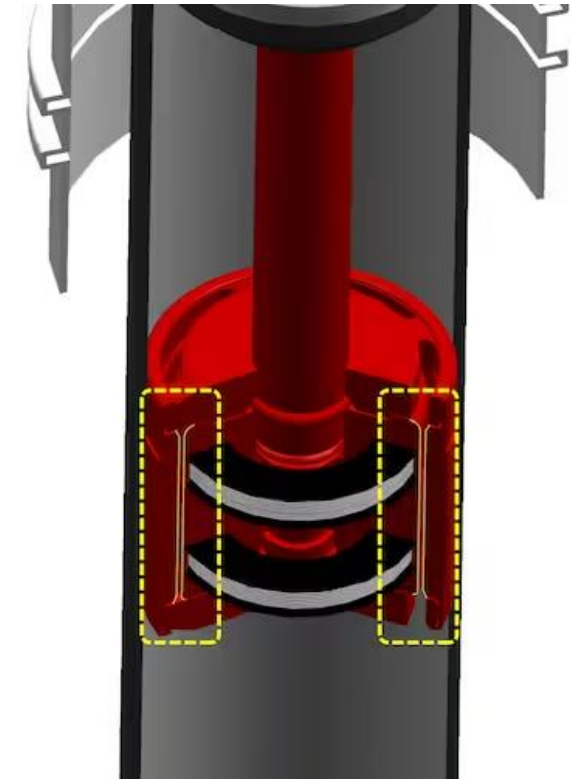


ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

TRH PRO MR TLUMIČE



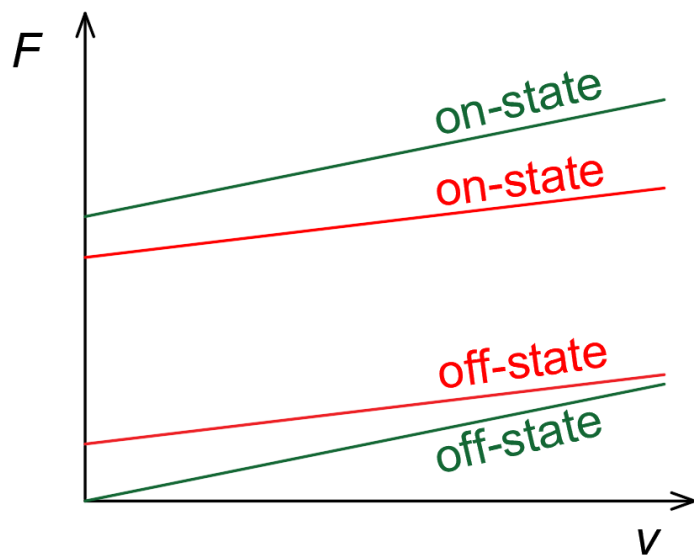
Trh s hydraulickými tlumiči (Automotive) (Palwe,2022)



GM magnaRide 4th gen ()

NEVÝHODY MR TLUMIČŮ

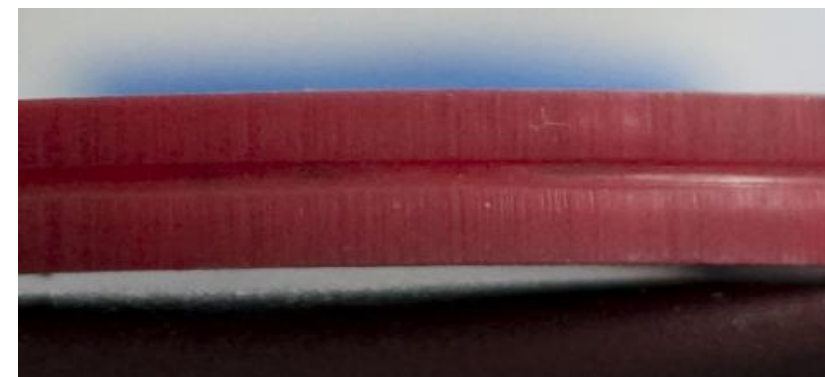
Změna vlastností tlumiče



Změna tlumicí charakteristiky (zeleně – nový tlumič, červeně – starý tlumič-)



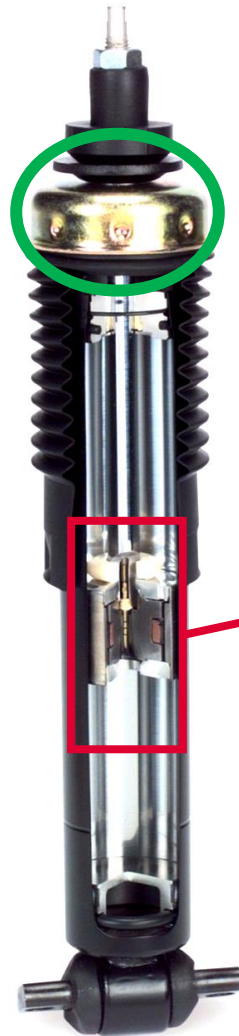
Nízká životnost



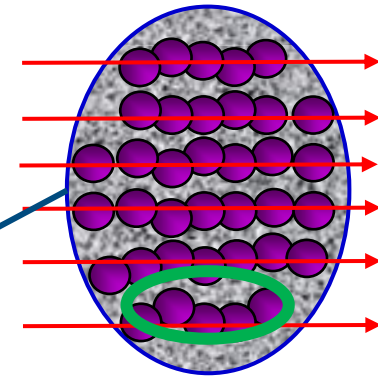
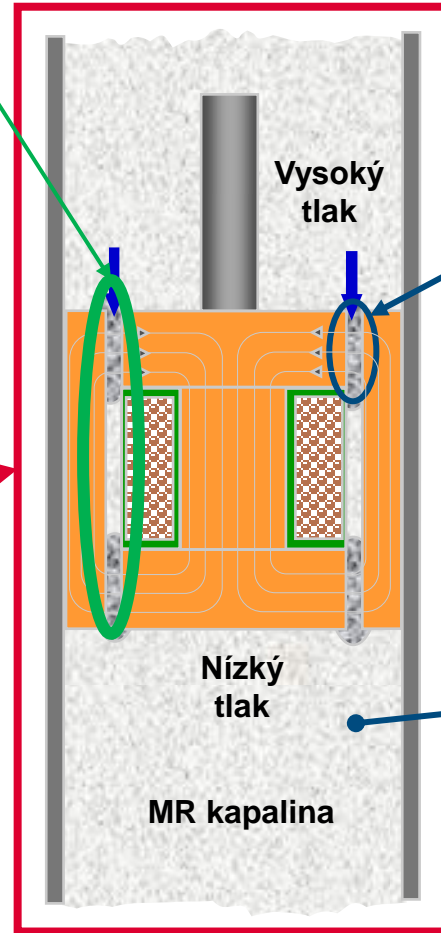
Opotřeбенé těsnění

MAGNETOREOLOGICKÝ TLUMIČ

Opotřebení těsnění

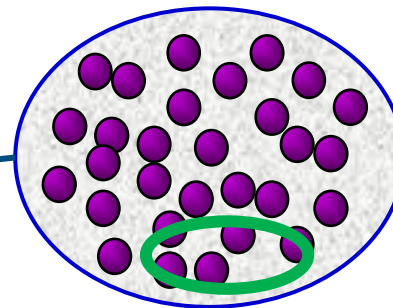


Opotřebení průtokového kanálu



Magnetické pole

Změna on-state viskozity



Změna off-state viskozity

VÝVOJ REOLOGICKÝCH A TRIBOLOGICKÝCH VLASTNOSTÍ MAGNETOREOLOGICKÉ KAPALINY V PRŮBĚHU JEJÍ ŽIVOTNOSTI

ZMĚNA VLASTNOSTÍ TLUMIČE A KAPALINY

Opotřebení kapaliny

- LDE (J/cm^3)
 - Udává stáří kapaliny
 - Disipovaná energie na jednotku objemu



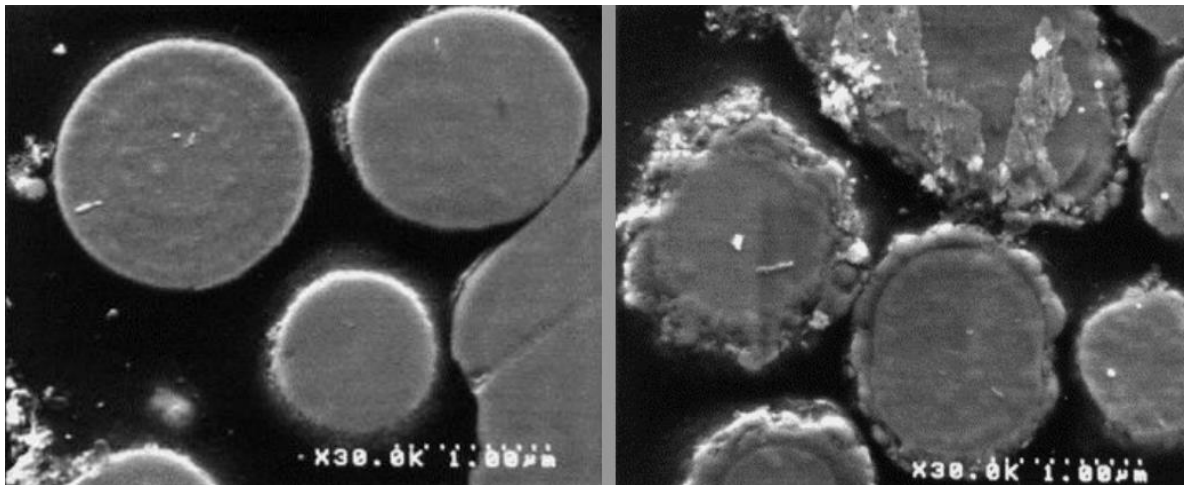
- Fenomén In-Use-Thickening
 - Nárůst meze toku kapaliny

- **Carlson et al. (2003)**
- Iyengar et al (2004)
- Ulicny et al. (2007)
- Ulicny et al. (2007)
- Wiehe et al. (2013)
- Roupec et al. (2013)
- Bae et al. (2017)
- Bigue et al. (2019)
- Zheng et al. (2018)
- Patel et al. (2020)
- Roupec et al. (2020)
- Wang et al. (2021)
- Kikuchi et al. (2022)

ZMĚNA VLASTNOSTÍ TLUMIČE A KAPALINY

Změna struktury kapaliny

- Změna chemické struktury částic
- Změna tvaru částic
- Změna chemické struktury nosné kapaliny



Nová kapalina

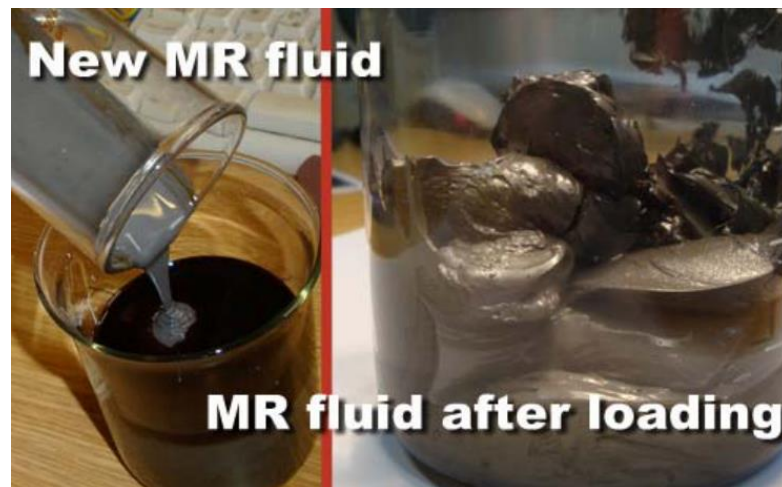
Opotřebená kapalina

- Carlson et al. (2003)
- Iyengar et al. (2004)
- **Ulicny et al. (2007)**
- **Ulicny et al. (2007)**
- Wiehe et al. (2013)
- Roupec et al. (2013)
- Bae et al. (2017)
- Bigue et al. (2019)
- Zheng et al. (2018)
- Patel et al. (2020)
- Roupec et al. (2020)
- Wang et al. (2021)
- Kikuchi et al. (2022)

ZMĚNA VLASTNOSTÍ TLUMIČE A KAPALINY

Změna viskozity kapaliny

- Nejasné trendy ve změně viskozity kapaliny
 - Značný pokles ✘ Mírný nárůst
- Neurčité LDE kapaliny

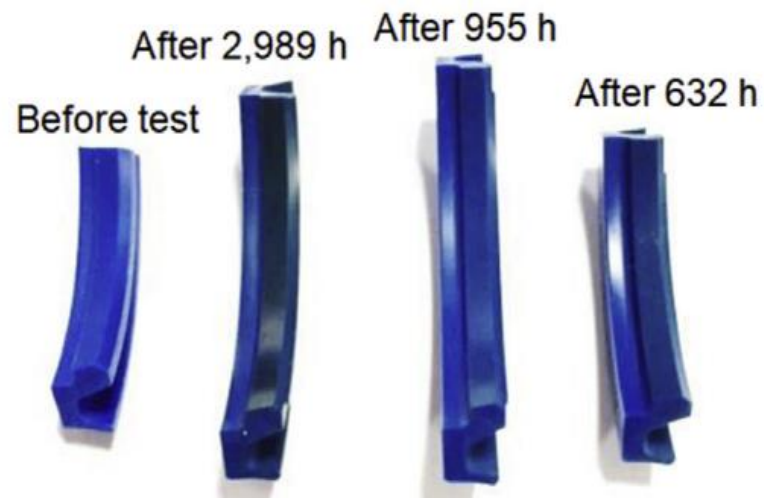


- Carlson et al. (2003)
- Iyengar et al (2004)
- Ulicny et al. (2007)
- Ulicny et al. (2007)
- **Wiehe et al. (2013)**
- **Roupec et al. (2013)**
- Bae et al. (2017)
- Bigue et al. (2019)
- Zheng et al. (2018)
- **Patel et al. (2020)**
- Roupec et al. (2020)
- Wang et al. (2021)
- **Kikuchi et al. (2022)**

ZMĚNA VLASTNOSTÍ TLUMIČE A KAPALINY

Abrázivita kapaliny

- Prozkoumána pouze na nových kapalinách
- Měřené parametry: Velikost a koncentrace částic
- Pístnicové ✘ Hřídelová těsnění



- Carlson et al. (2003)
- **Iyengar et al. (2004)**
- Ulicny et al. (2007)
- Ulicny et al. (2007)
- Wiehe et al. (2013)
- Roupec et al. (2013)
- **Bae et al. (2017)**
- Bigue et al. (2019)
- Zheng et al. (2018)
- Patel et al. (2020)
- Roupec et al. (2020)
- **Wang et al. (2021)**
- Kikuchi et al. (2022)

ZMĚNA VLASTNOSTÍ TLUMIČE

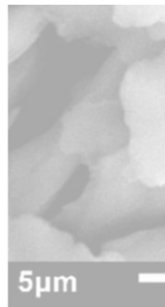
Magnetorheological

Life-Cycle
Magnetorheological

Ulicny et al

- Změna složení částic
- Změna tvrdosti
- Vznik oxidů

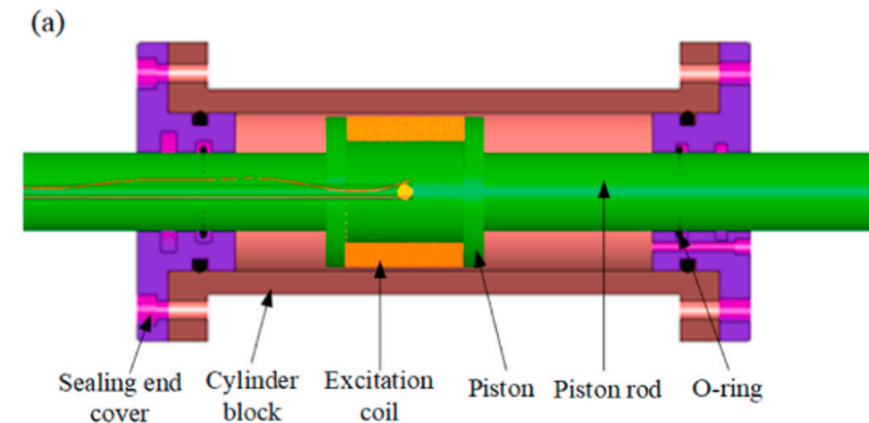
- Patel et al
- Stárnutí kapaliny
- 2 druhy kapalin



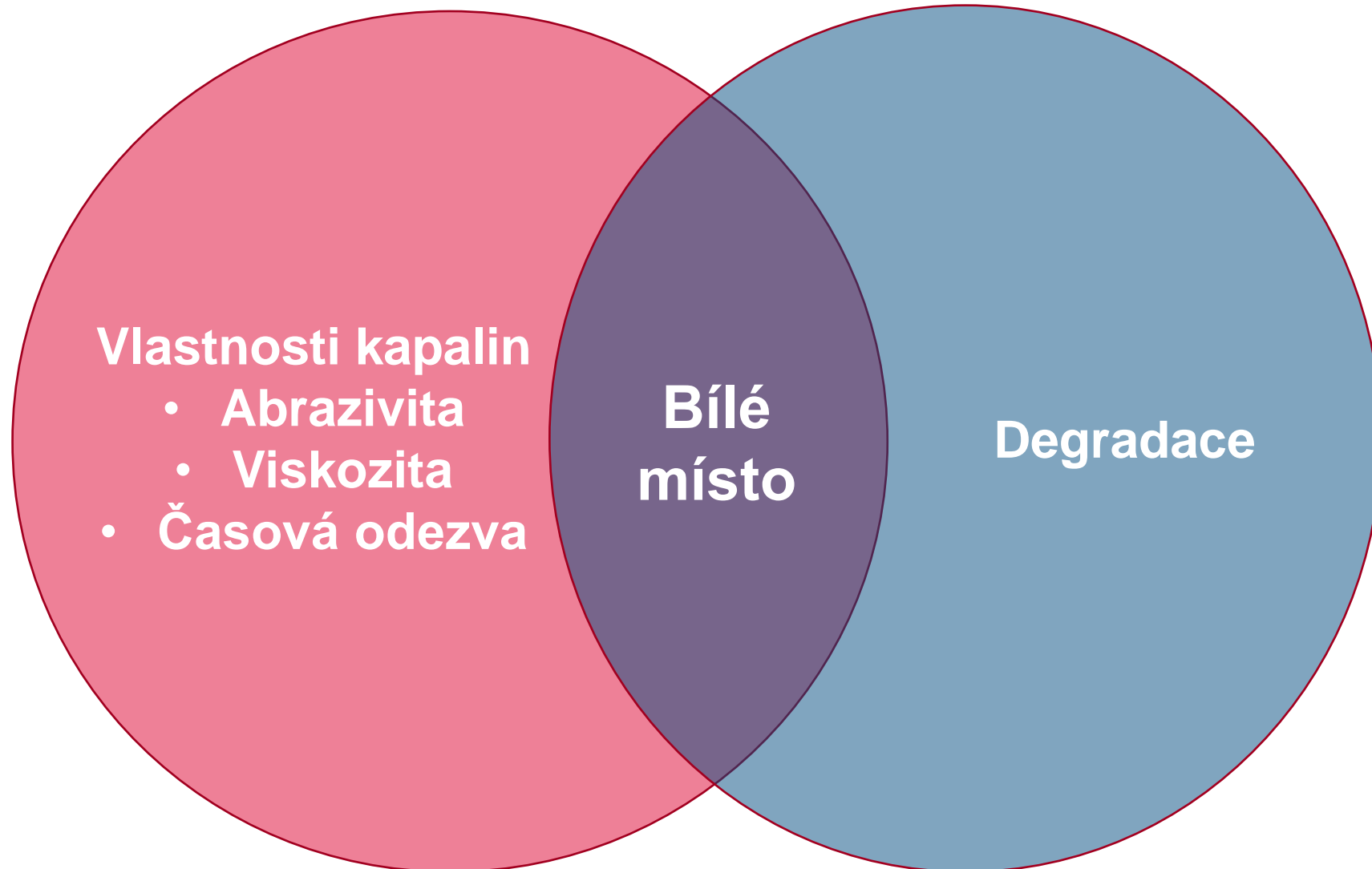
- Změna magnetických vlastností

The friction and wear mechanism of O-rings in magnetorheological damper: Numerical and experimental study

- Wang (2021)
- Parametry kapalin na opotřebení těsnících prvků
 - Koncentrace částic
 - Velikost částic
 - Pístová rychlost
- Speciální zařízení na testy kapalin



ANALÝZA PROBLEMATIKY



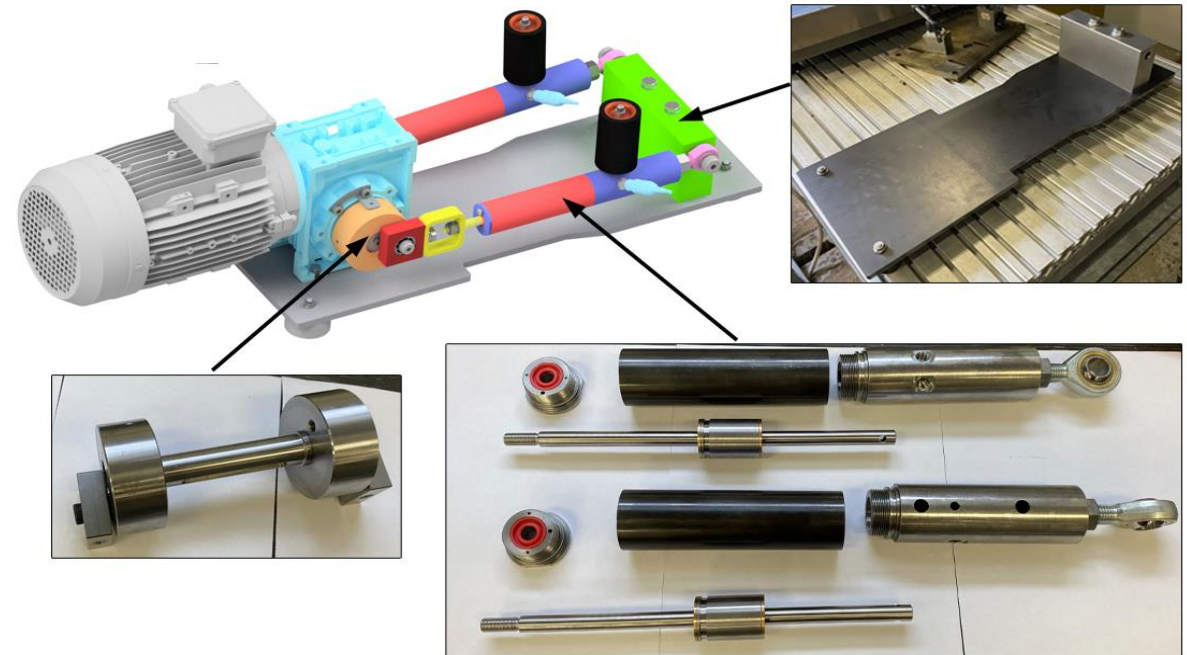
HLAVNÍ CÍL

Cílem této práce je popis základních tribologických a reologických parametrů MR kapaliny v závislosti na jejím opotřebení (parametru LDE).



Navržené zařízení

- Monitorované stárnutí kapalin
- Malý objem kapaliny – cca 30 ml
- Část vyrobena



Zařízení pro stárnutí kapaliny

POSTUP PRÁCE

Návrh zařízení

Měření viskozity

Měření časové odezvy

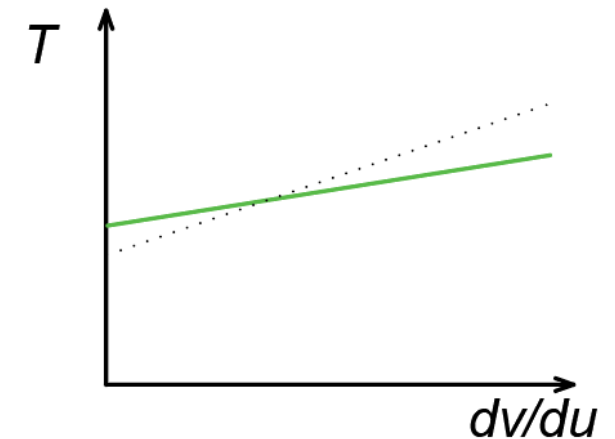
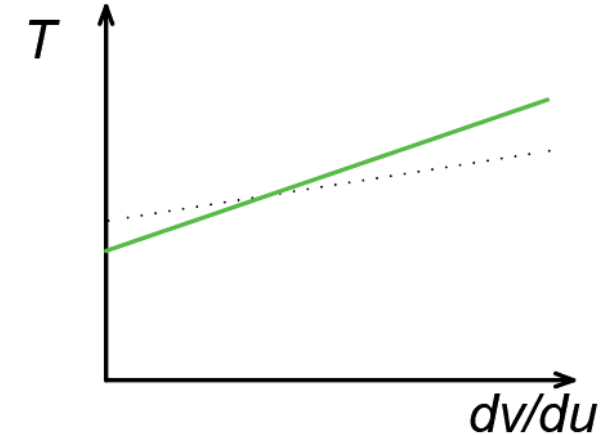
Měření abrazivity

OTÁZKA 1

Jaký bude vliv dlouhodobého zatěžování MR kapaliny na reologické vlastnosti mimo magnetické pole?

HYPOTÉZA 1

Plastická viskozita MR kapaliny by měla klesnout. Spolu s nárůstem meze toku kapaliny by měla zdánlivá viskozita při malých smykových spádech stoupnout, při vyšších klesnout

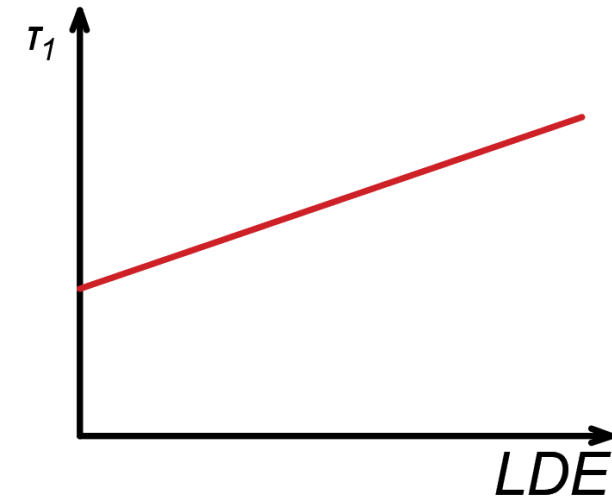


OTÁZKA 2

Dojde s nárůstem LDE v kapalině k nárůstu časové odezvy kapaliny?

HYPOTÉZA 2

Protože při zvyšování LDE by mělo dojít ke zvýšení Masonova čísla, a tudíž viskózní síly by měly mít větší vliv než magnetické, mělo být řetězení částic pomalejší – tudíž odezva kapaliny delší.



POSTUP PRÁCE

Návrh zařízení

Měření viskozity

Měření časové odezvy

Měření abrazivity

Viskozimetr Rotovisco

- Neaktivovaný stav

Rotační reometr vlastní konstrukce

- Aktivovaný stav
- Časová odezva



POSTUP PRÁCE

Návrh zařízení

Měření viskozity

Měření časové odezvy

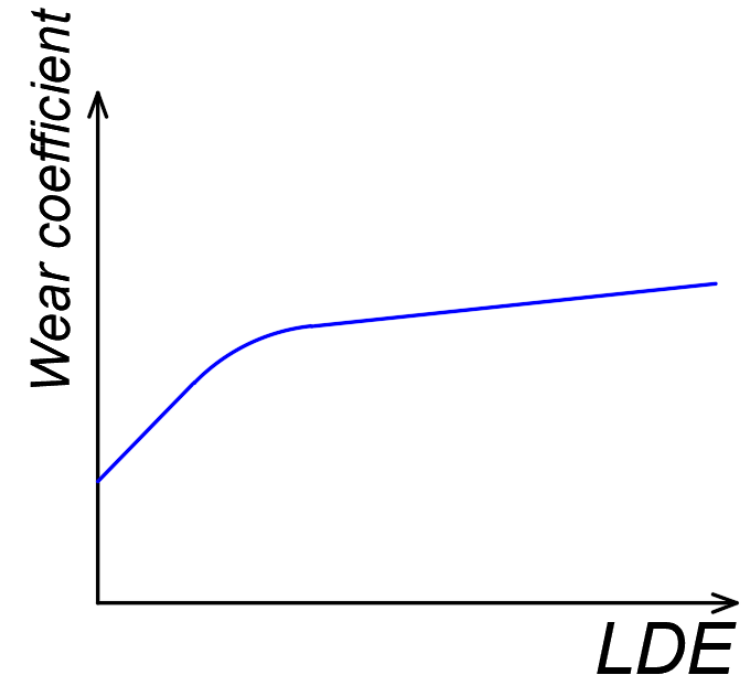
Měření abrazivity

OTÁZKA 3

Jak se bude vyvíjet abrazivita MR kapaliny v průběhu dlouhodobého zatěžování?

HYPOTÉZA 3

Abrazivita kapaliny bude růst. S velkou pravděpodobností se dá očekávat, že bude růst nelineárně na LDE.



POSTUP PRÁCE

Návrh zařízení

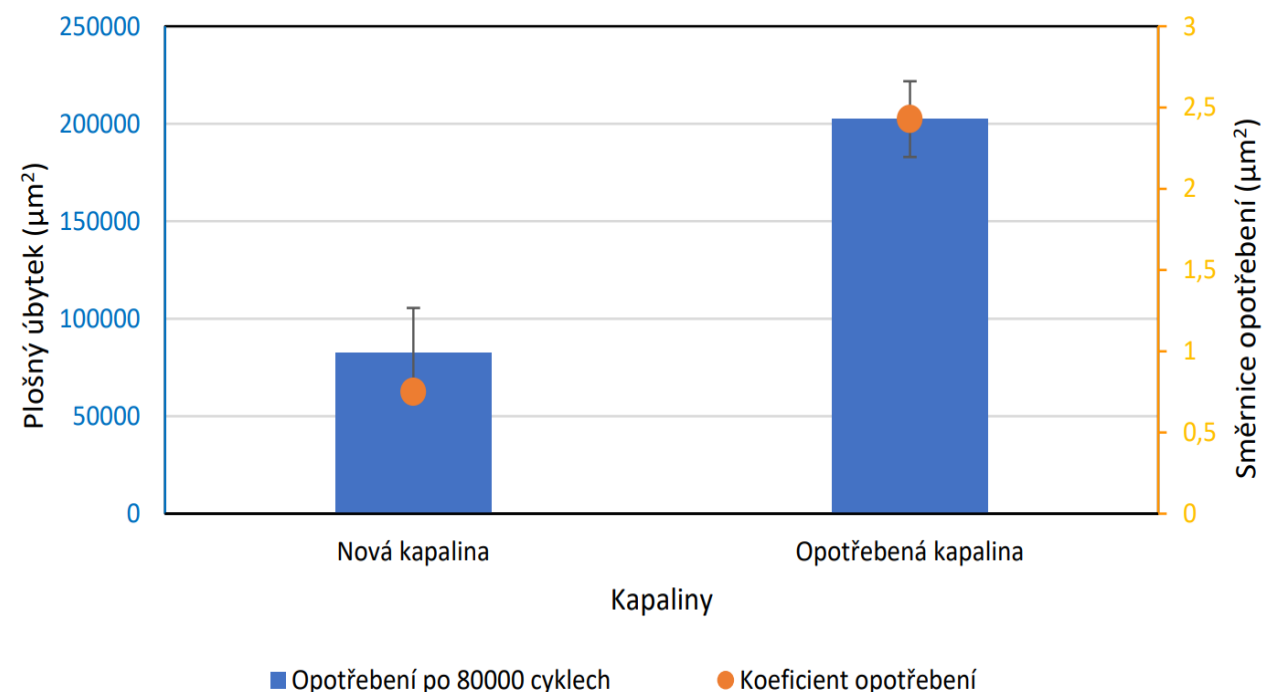
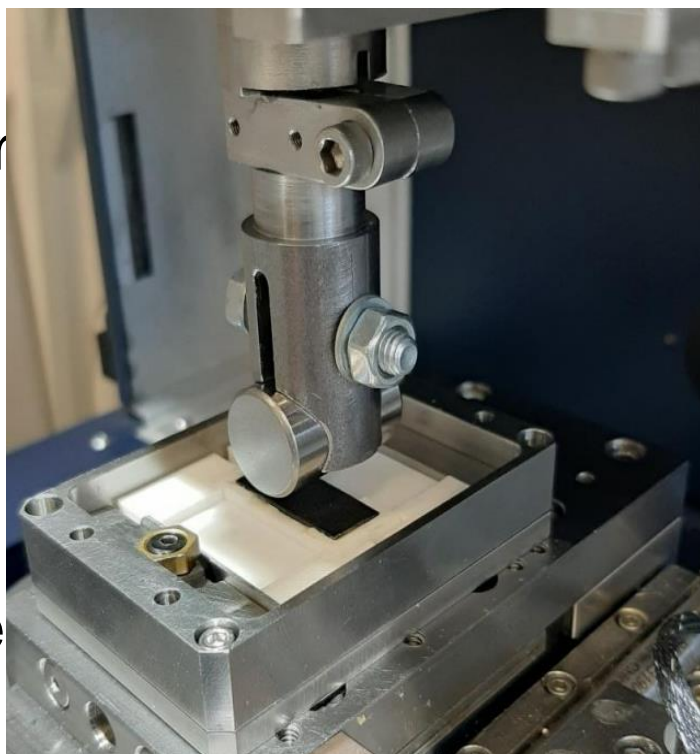
Měření viskozity

Měření časové odezvy

Měření abrazivity

Měření abrazivity kapaliny

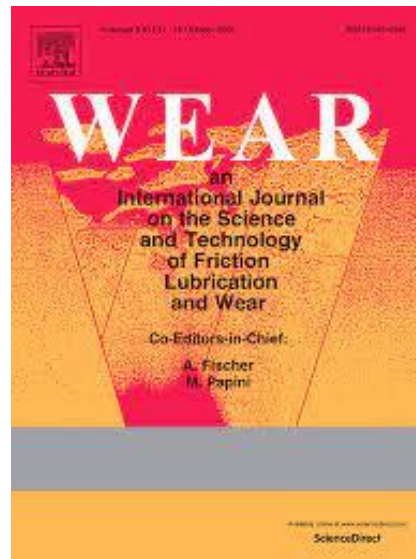
- Ve tribometrii
- Na testech



DOSAVADNÍ PUBLIKACE

V přípravě

Wear of Seal Materials in Magnetorheological Fluid: Effect of MR Fluid Composition and Degradation



DOSAVADNÍ PUBLIKACE



KUBÍK, M.; VÁLEK, J.; ŽÁČEK, J.; JENIŠ, F.; BORIN, D.; STRECKER, Z.; MAZŮREK, I. Transient response of magnetorheological fluid on rapid change of magnetic field in shear mode. Scientific Reports, 2022, roč. 12, č. 1, s. 1-10. ISSN: 2045-2322. (IF – 4.6)



ŽÁČEK, J.; ŠEBESTA, K.; MOHAMMAD, H.; JENIŠ, F.; STRECKER, Z.; KUBÍK, M. Experimental Evaluation of Modified Groundhook Car Suspension with Fast Magnetorheological Damper. Actuators, 2022, roč. 11, č. 12, s. 1-14. ISSN: 2076-0825 (IF – 2.6)



ŽÁČEK, J.; NEČAS, D.; KUBÍK, M. Wear of seal materials in magnetorheological fluid: Effect of seal material selection. In Materials Science Forum. Materials Science Forum. 1065. 2022. s. 71-78. ISSN: 0255-5476. (IF – 0.21)



MOHAMMAD, H.; VLAŠIC, F.; ŽÁČEK, J.; MAYA, B.; MAZAL, P. Using acoustic emission for condition monitoring of the main shaft bearings in 4-point suspension wind turbine drivetrains. Nondestructive Testing and Evaluation, 2023, roč. 23 Nov 202, č. 23 Nov 2023, ISSN: 1058-9759 (IF – 2.6)

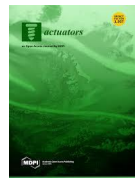
DOSAVADNÍ PUBLIKACE



JENIŠ, F.; KUBÍK, M.; MICHÁLEK, T.; STRECKER, Z.; ŽÁČEK, J.; MAZŮREK, I. Effect of the Magnetorheological Damper Dynamic Behaviour on the Rail Vehicle Comfort: Hardware-in-the-Loop Simulation. *Actuators*, 2023, roč. 12, č. 2, s. 1-14. ISSN: 2076-0825. (IF – 2.6)



ŠEBESTA, K.; ŽÁČEK, J.; SALVA, M. EXPERIMENTAL DEVICE FOR TESTING OF SEMI-ACTIVE MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER. *MM Science Journal*, 2023, č. 03, s. 6407-6412. ISSN: 1805-0476 (IF – 0.26)



ŽÁČEK, Jiří, Janusz GOLDASZ, Bogdan SAPINSKI, Michal SEDLAČÍK, Zbyněk STRECKER a Michal KUBÍK. Assessment of the Dynamic Range of Magnetorheological Gradient Pinch-Mode Prototype Valves. *Actuators*. 2023, roč. 12, č. 12, s. 449. ISSN 2076-0825. (IF – 2.6)



KUBÍK, Michal, Jiří ŽÁČEK, Janusz GOLDASZ, David NEČAS, Michal SEDLAČÍK, Jiří BLAHUTA, Wojciech BAŃKOSZ a Bogdan SAPINSKI. Grasping the behavior of magnetorheological fluids in gradient pinch mode via microscopic imaging (IF – 11.3)

DĚKUJI VÁM ZA POZORNOST

Jiří Žáček, Ing.

Jiri.Zacek@vut.cz



ÚSTAV
KONSTRUOVÁNÍ

www.ustavkonstruovani.cz

MOŽNÁ ZMĚNA TÉMATU

Nové téma

- Behaviour of Magnetorheological Fluid in Non-Uniform Magnetic Field



ŽÁČEK, Jiří, Janusz GOLDASZ, Bogdan SAPINSKI, Michal SEDLAČÍK, Zbyněk STRECKER a Michal KUBÍK. Assessment of the Dynamic Range of Magnetorheological Gradient Pinch-Mode Prototype Valves. *Actuators*. 2023, roč. 12, č. 12, s. 449. ISSN 2076-0825. (IF – 2.6)



KUBÍK, Michal, Jiří ŽÁČEK, Janusz GOLDASZ, David NEČAS, Michal SEDLAČÍK, Jiří BLAHUTA, Wojciech BAŃKOSZ a Bogdan SAPINSKI. Grasping the behavior of magnetorheological fluids in gradient pinch mode via microscopic imaging (IF – 11.3)

- Do konce roku 2024: Nutnost dokončit alespoň jeden další článek

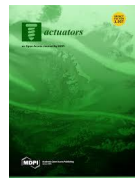
DOSAVADNÍ PUBLIKACE



JENIŠ, F.; KUBÍK, M.; MICHÁLEK, T.; STRECKER, Z.; ŽÁČEK, J.; MAZŮREK, I. Effect of the Magnetorheological Damper Dynamic Behaviour on the Rail Vehicle Comfort: Hardware-in-the-Loop Simulation. *Actuators*, 2023, roč. 12, č. 2, s. 1-14. ISSN: 2076-0825. (IF – 2.6)



ŠEBESTA, K.; ŽÁČEK, J.; SALVA, M. EXPERIMENTAL DEVICE FOR TESTING OF SEMI-ACTIVE MAGNETORHEOLOGICAL DAMPER. *MM Science Journal*, 2023, č. 03, s. 6407-6412. ISSN: 1805-0476 (IF – 0.26)



ŽÁČEK, Jiří, Janusz GOLDASZ, Bogdan SAPINSKI, Michal SEDLAČÍK, Zbyněk STRECKER a Michal KUBÍK. Assessment of the Dynamic Range of Magnetorheological Gradient Pinch-Mode Prototype Valves. *Actuators*. 2023, roč. 12, č. 12, s. 449. ISSN 2076-0825. (IF – 2.6)



KUBÍK, Michal, Jiří ŽÁČEK, Janusz GOLDASZ, David NEČAS, Michal SEDLAČÍK, Jiří BLAHUTA, Wojciech BAŃKOSZ a Bogdan SAPINSKI. Grasping the behavior of magnetorheological fluids in gradient pinch mode via microscopic imaging (IF – 11.3)

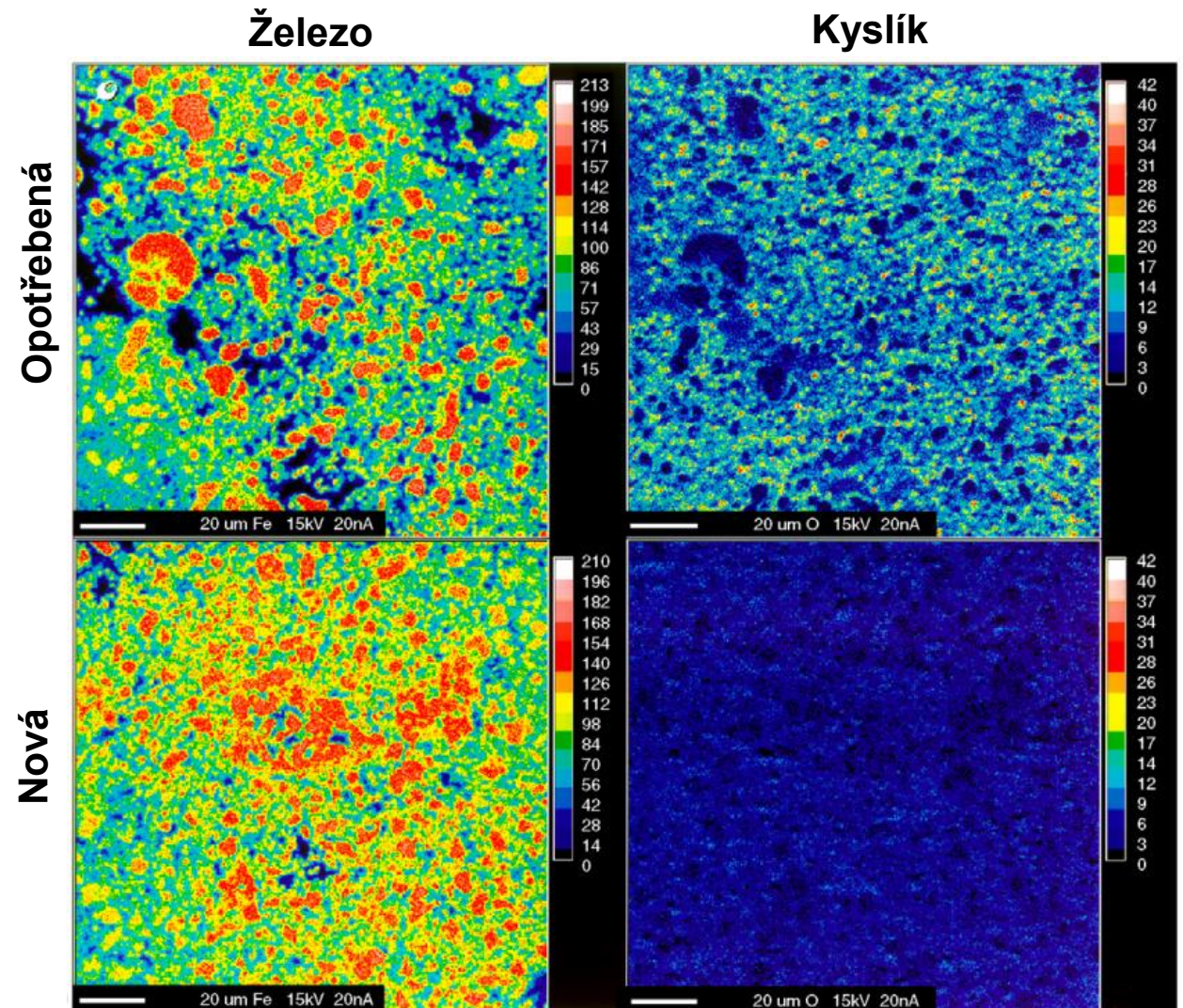
Magnetorheological fluid durability test — Iron analysis

Ulicny et al. (2007)

- Změna struktury železných částic
- Změna tvaru částic
- Vznik oxidů železa



- Změna magnetických vlastností

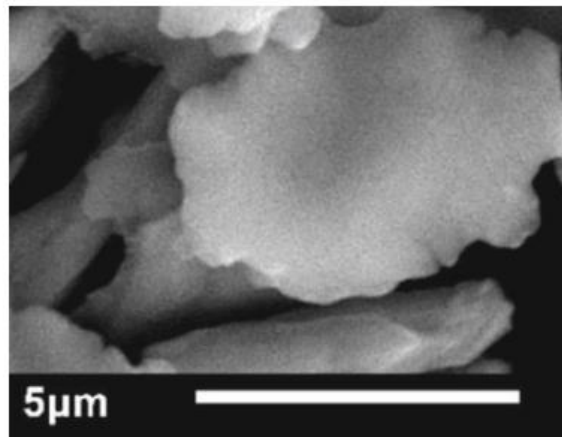


Koncentrace měřených prvků

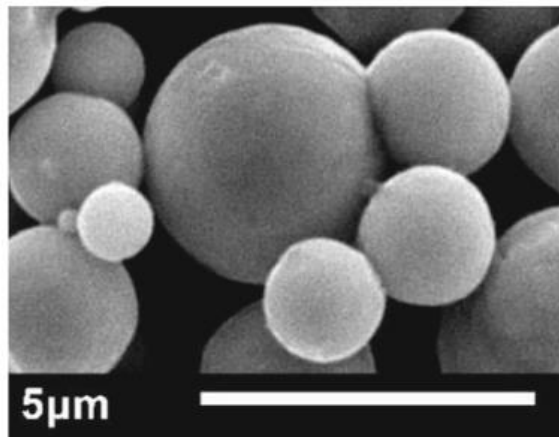
Life-Cycle Evaluation of Anisotropic Particle-Based Magnetorheological Fluid in MR Brake Performance

- Patel et al. (2020)
- Stárnutí kapalin ve spojce
- 2 druhy kapalin: **sférické** ✗ **lupínkové** částice

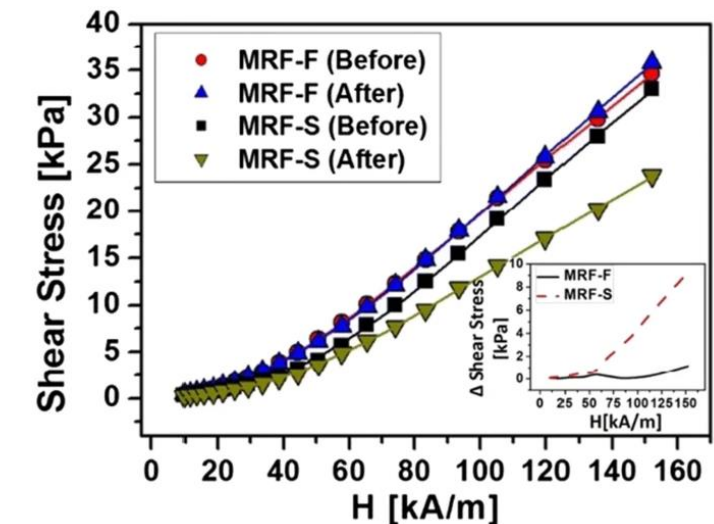
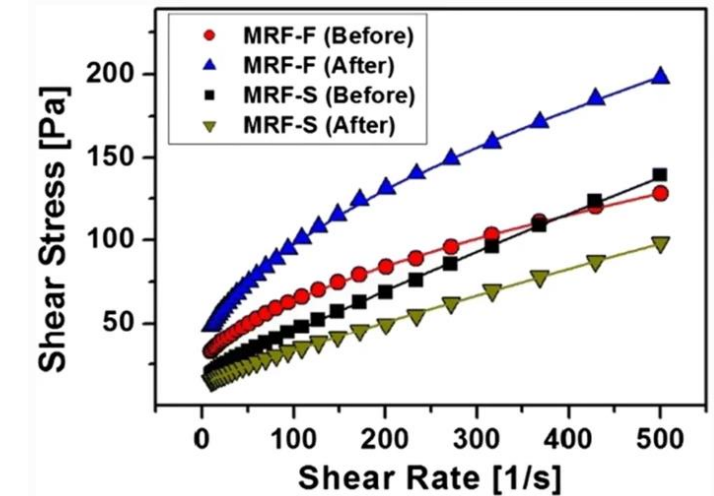
↓ ↓
pokles ✗ **nárůst** smykového napětí



Flake

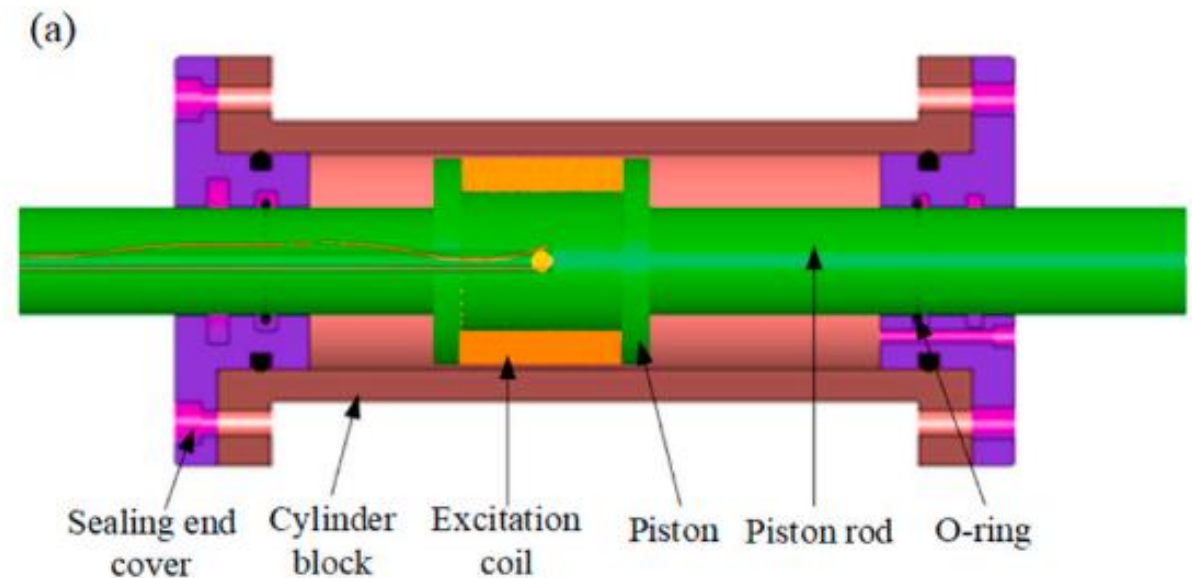


Spherical



The friction and wear mechanism of O-rings in magnetorheological damper: Numerical and experimental study

- Wang (2021)
- Parametry kapalin na opotřebení těsnících prvků
 - Koncentrace částic
 - Velikost částic
 - Pístová rychlost
- Speciální zařízení na testy kapalin



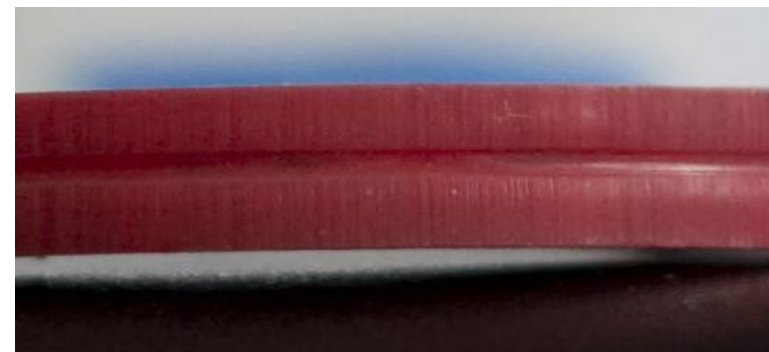
MOTIVACE K ŘEŠENÍ



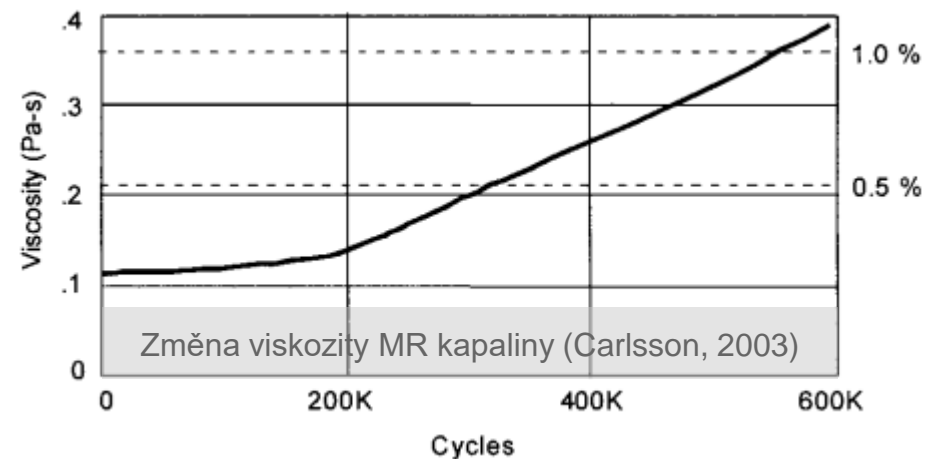
**Snížená
životnost**

**Změna vlastností
tlumiče**

Doba životnosti

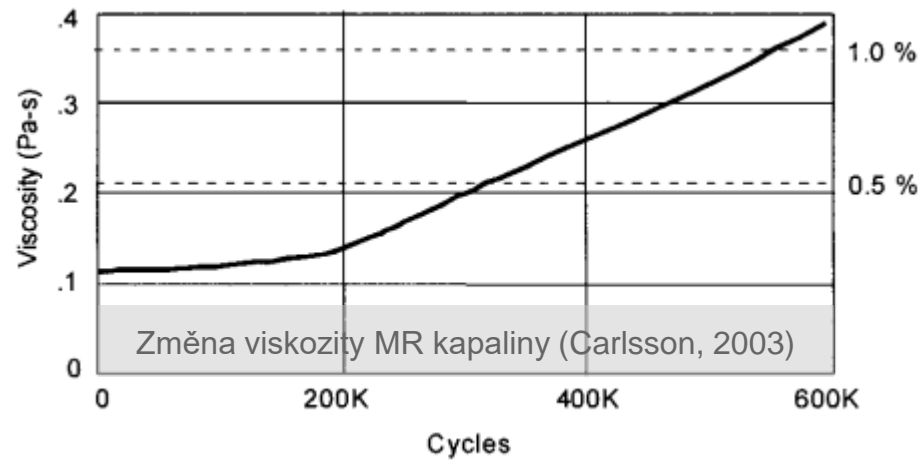


Opotřebené těsnění

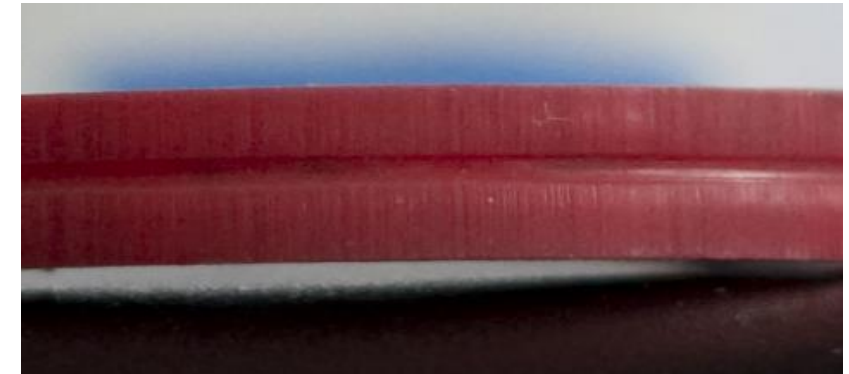


ANALÝZA PROBLEMATIKY

Změna vlastností
tlumiče



Snížená
životnost



Opotřebené těsnění

CÍLE PRÁCE

Hlavní cíl

Cílem této práce je komplexní popis základních tribologických a reologických parametrů MR kapaliny v závislosti na jejím stáří (parametru LDE).

Dílčí cíle

Návrh zařízení pro cílené a kontrolované stárnutí kapaliny.

Popis změny zdánlivé viskozity, smykového napětí, meze toku a stribeckovy křivky v závislosti na naměřeném LDE.

Popis změny abrazivity MR kapalin v závislosti na LDE

Popis vývoje časové odezvy kapaliny v závislosti na jejím LDE

Porovnání těchto parametrů s vývojem charakteristiky reálného tlumiče