



Korelace změny signálu AE s rozvojem kontaktního poškození

Libor Nohál

**Ústav
konstruování**

**Prezentace k obhajobě doktorské dizertační práce
27. 05. 2015**

**“Bearings don’t commit suicide!”
(Dr. Kenred Stadler, SKF)**

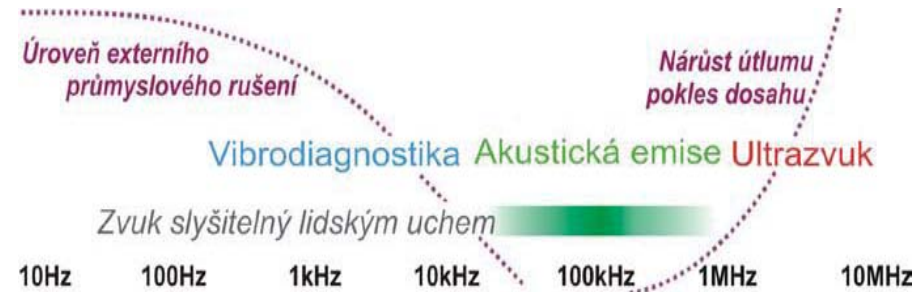
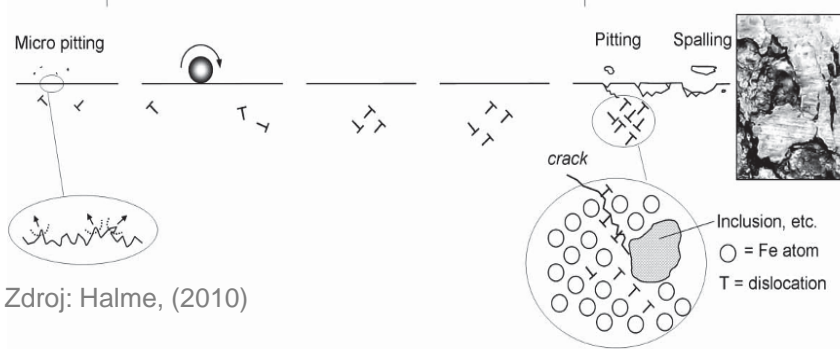
Ústav konstruování
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

OBSAH

- Úvod
- Přehled současného stavu poznání
- Vymezení cílů práce
- Materiál a metody
- Výsledky a diskuze
- Závěr
- Publikace

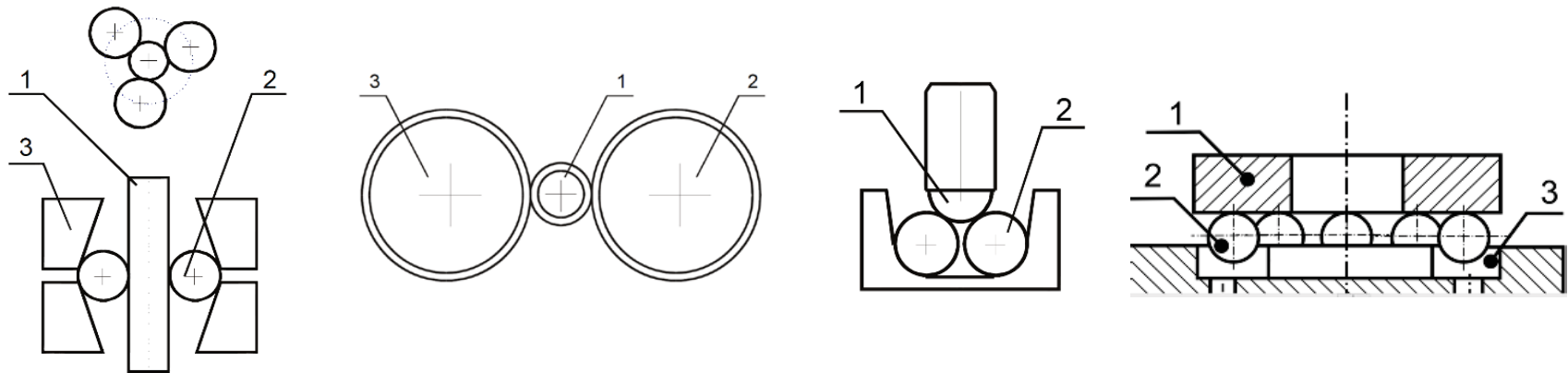


Motivace



- 34 % případů selhání ložiska způsobeno kontaktní únavou
- Zkoušky ložisek x modelové zkoušky x zkoušky materiálů
- Studium únavových procesů a charakteristik v kontaktu

Konstrukční uspořádání zkušebních zařízení



- Monitorování vzniku defektu
- Vliv maziva na signál AE
- Zpracování signálu AE

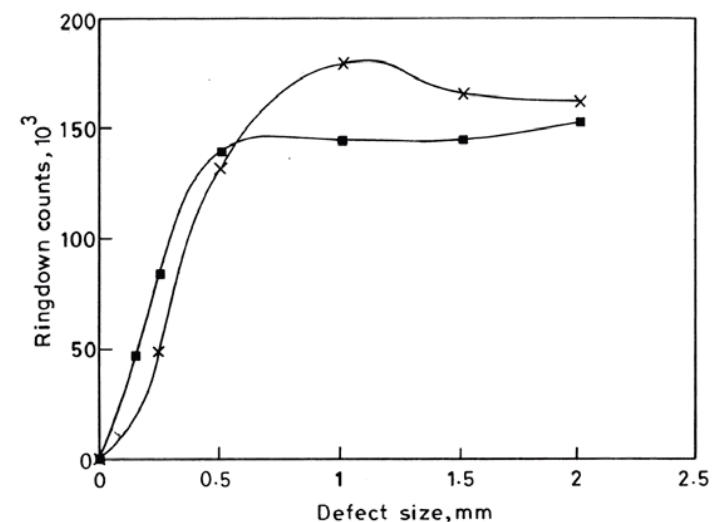
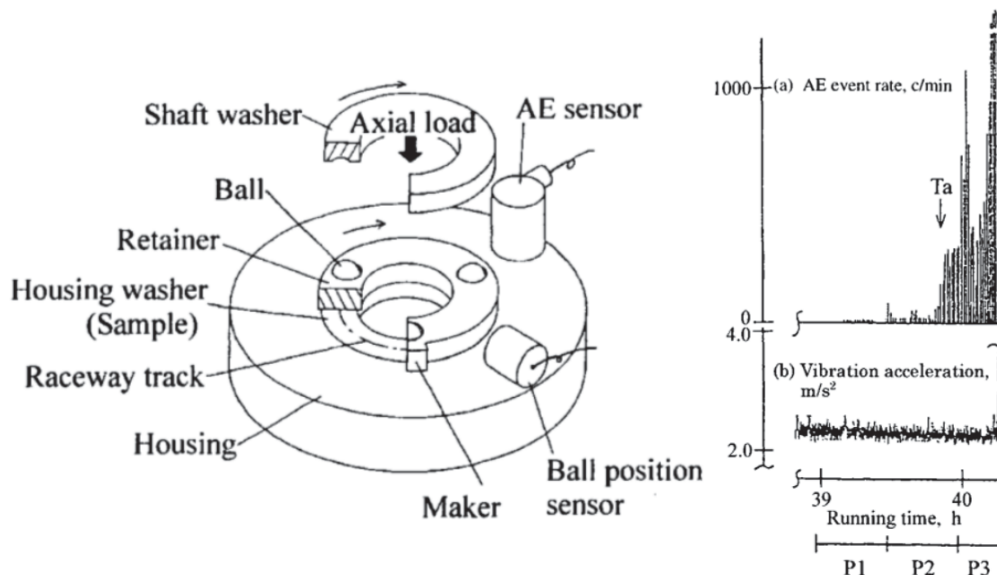
Balderston, (1969) – detekce umělých defektů AE na částech valivého ložiska

Yoshioka a Fujiwara, (1982, 1984, 1989)

- Časová četnost událostí (AE x vibrace)

Choudhury a Tandon, (2000)

- Testy na válečkovém ložisku



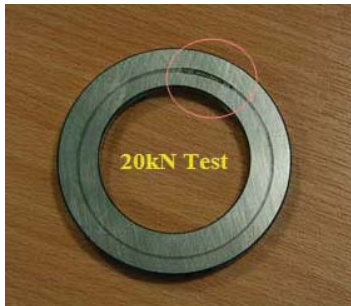
PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

■ Monitorování vzniku defektu

■ Vliv maziva na signál AE

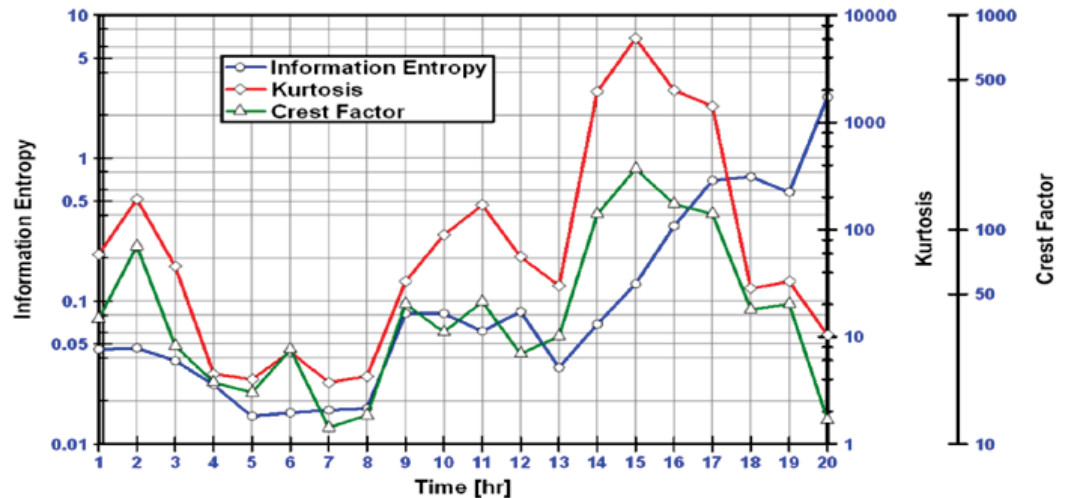
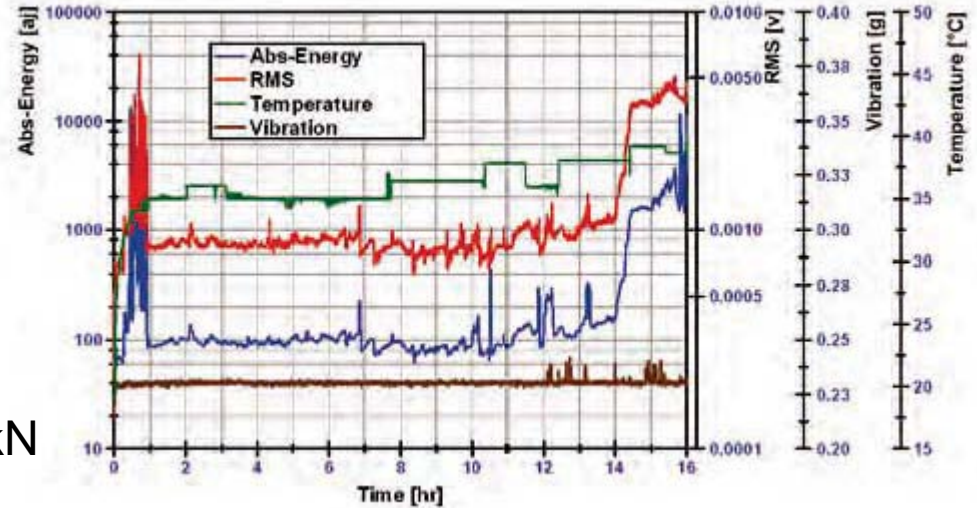
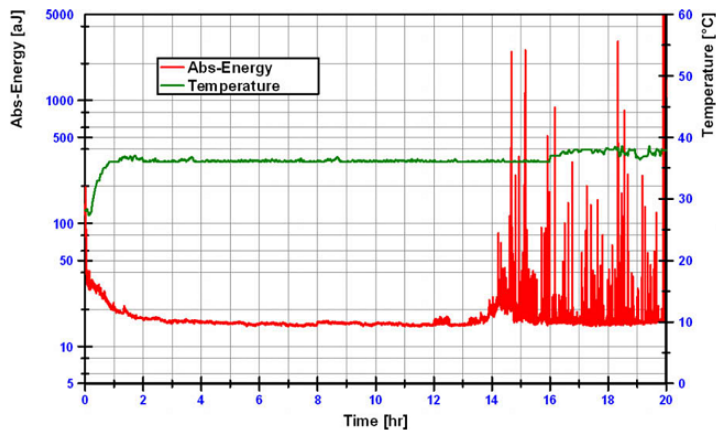
■ Zpracování signálu AE

Elforjani a Mba, (2008, 2010, 2011)



■ Otáčky: 72 min^{-1}

■ Zatížení: 20, 30, 50 kN



PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

■ Monitorování vzniku defektu

■ Vliv maziva na signál AE

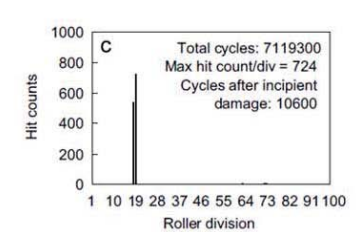
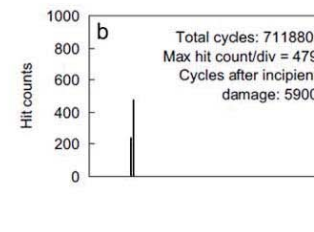
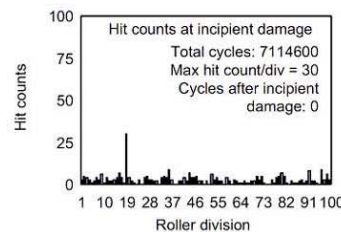
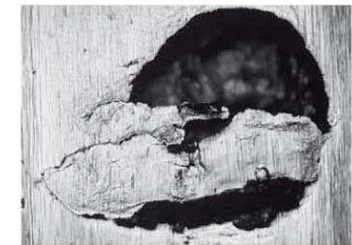
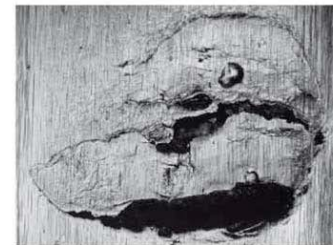
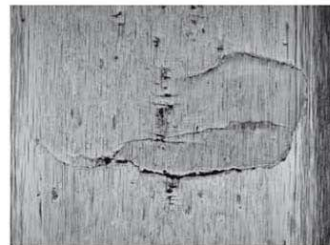
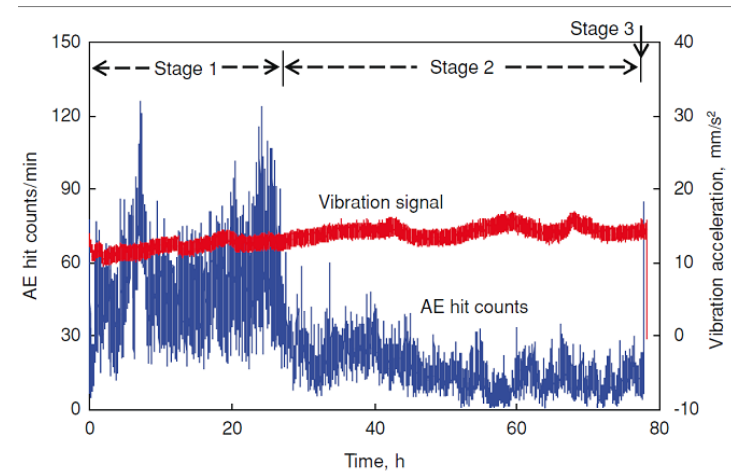
■ Zpracování signálu AE

Rahman et al., (2008, 2009)

■ Dvou-disková zkušební stanice

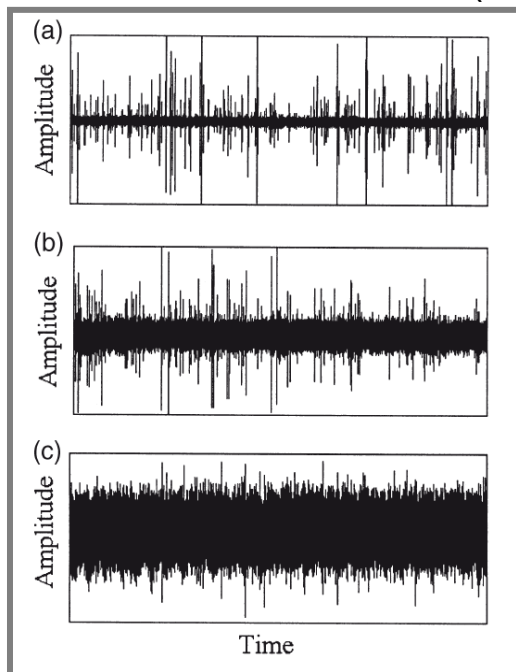
■ Vibrace x AE

■ Časová četnost událostí



- Monitorování vzniku defektu
- **Vliv maziva na signál AE**
- Zpracování signálu AE

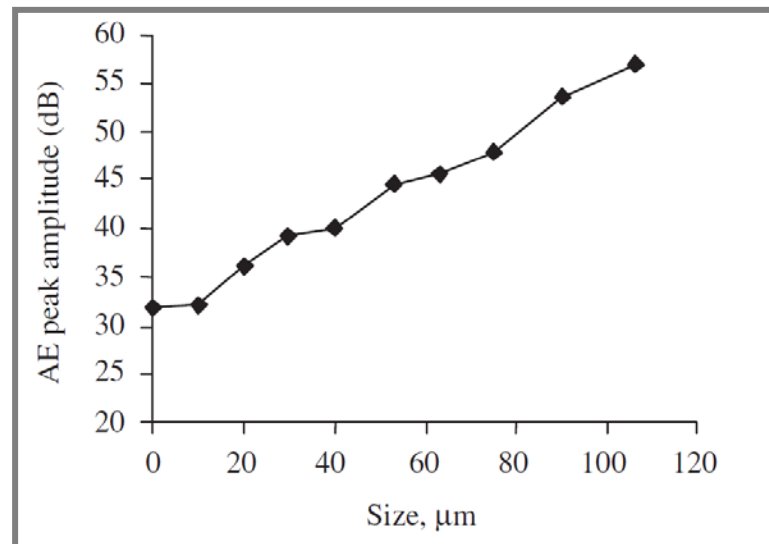
Miettinen a Anderson, (2000)



Porovnání signálu AE s různými poměry křemičitého prachu v základním mazacím tuku: a) 0,02 hm %, b) 0,2 hm %, c) 2 hm %

Kontaminace maziva

Tandon et al., (2007)



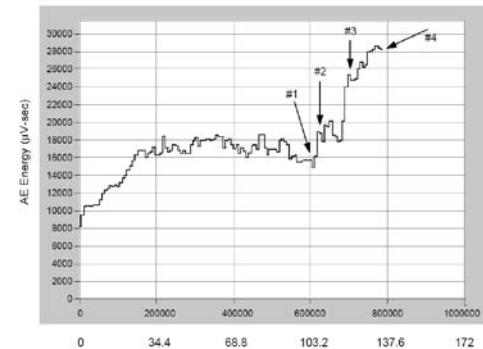
Závislost maximální amplitudy signálu AE na velikost částic oxidů železa

- Monitorování vzniku defektu
- Vliv maziva na signál AE
- Zpracování signálu AE

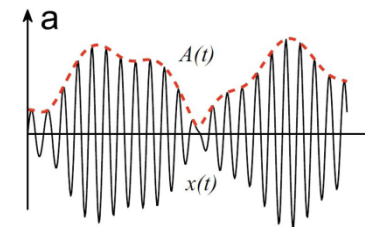
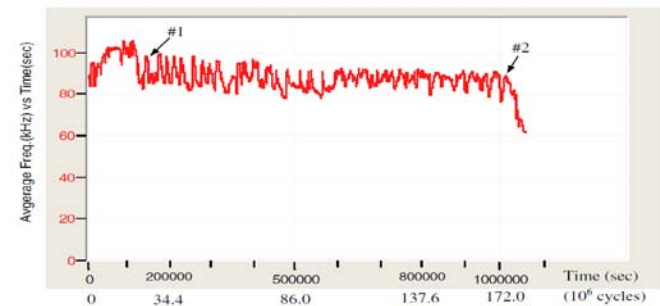
Sledované parametry AE

- Doba náběhu (angl. rise time),
- maximální amplituda (angl. peak amplitude),
- počet překmitů přes detekční práh (angl. ringdown counts),
- doba trvání (angl. duration),
- doba doznění (angl. ringdown time).
- RMS / abs. energie
- ASL
- FFT
- STFT
- Hilbertova transformace – amplitudová modulace

Guo a Schwach, (2005)



Warren a. Guo, (2007)

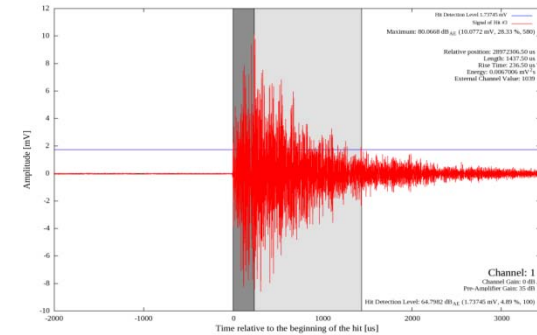
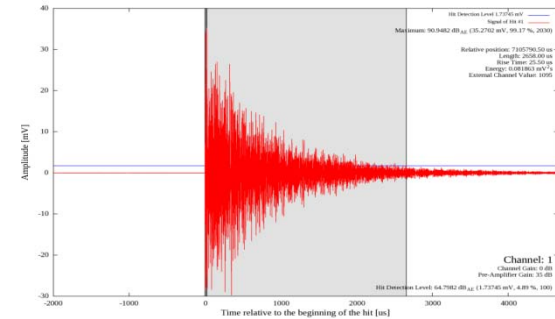
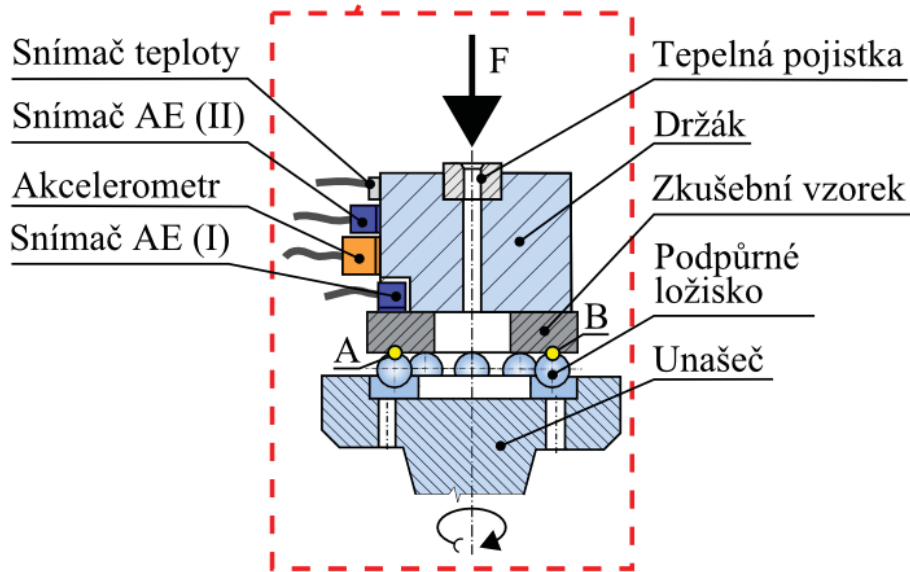
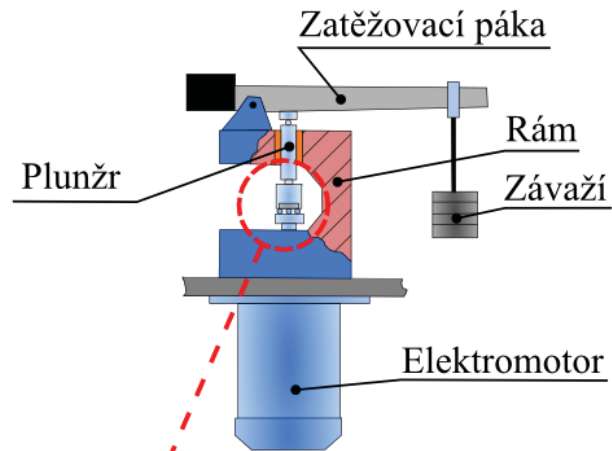


Cílem dizertační práce je stanovit vhodné parametry pro vyhodnocování kontaktního poškození pomocí metody akustické emise, porovnat jejich změnu vzhledem ke změně rozsahu poškození a ověřit vliv této metodiky na hodnotu základní trvanlivosti.

Dílčí cíle:

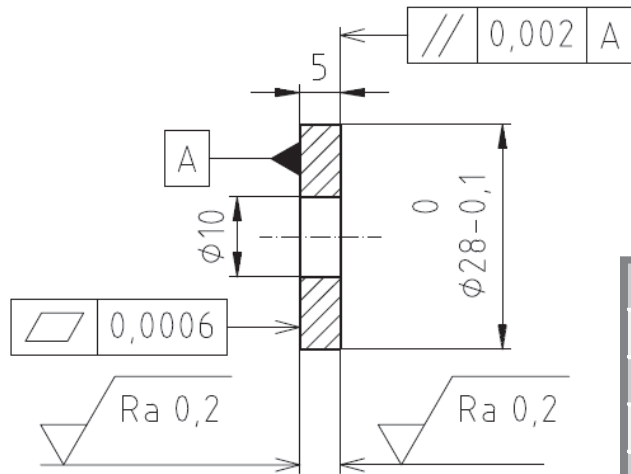
- Identifikace vhodného parametru signálu AE charakterizujícího projevy kontaktní únavy
- Ztotožnění vybrané změny signálu s rozsahem degradace
- Zpracování parametrů AE pro dva charakteristické ložiskové materiály
- Ověření vlivu typu maziva na výsledek zkoušky
- Vypracování návrhu a verifikaci metodiky aplikace metody AE pro zpřesněné hodnocení vzniku kontaktního poškození na zařízení AXMAT

Zkušební zařízení – modifikovaný AXMAT II



- Opěrný kroužek: 51102
- Minimální přesnost: P6
- Kuličky: 21 ks, \varnothing 3,175 mm
- Minimální přesnost: G5

Materiál vzorku a podmínky kontaktu



1) Prokalitelná ocel:

■ 100Cr6 ISO 683-17

■ 61÷62 HRC

2) Cementační ocel:

■ 17MnCr5 ISO 683-17

■ 55 HRC

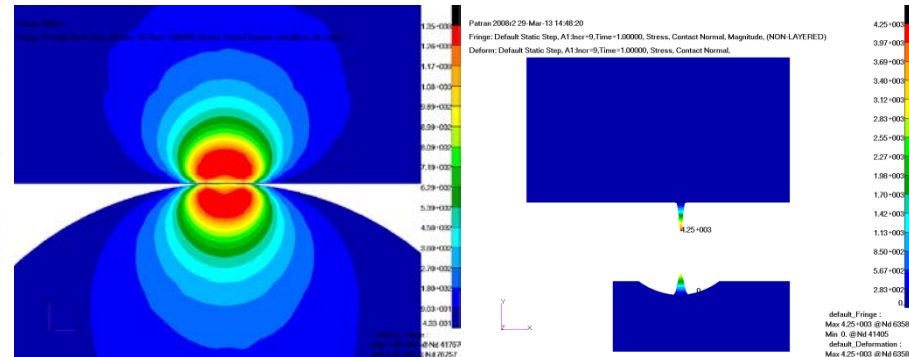
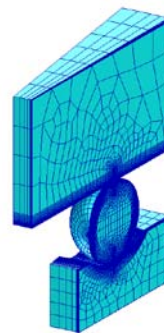
Při zatížení 127,7 N na kuličku ($\sigma_{\text{HERTZ}} = 5\,000\text{ MPa}$):

Lineárně elastický model materiálu	
❖ maximální Hertzův tlak:	4 250 MPa
❖ maximální ekvivalentní napětí (von Mises):	3 220 MPa
Ideálně elasticko-plastický model materiálu	
❖ maximální Hertzův tlak:	2 420 MPa
❖ maximální ekvivalentní napětí (von Mises):	1 350 MPa

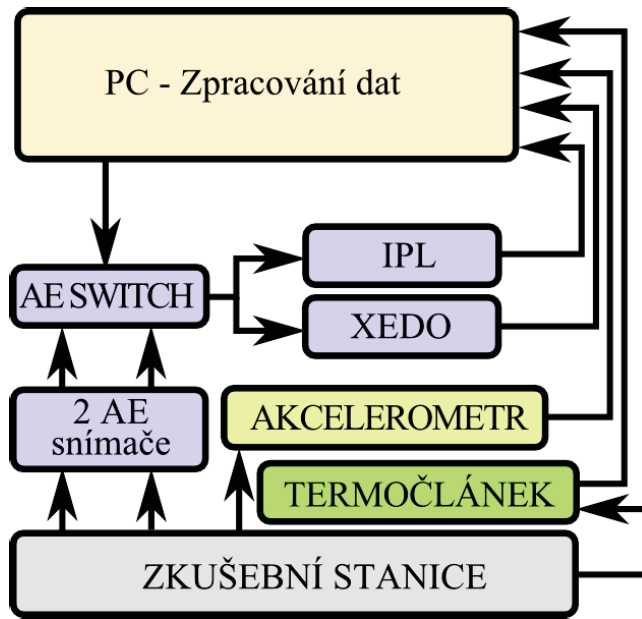
Mazivo:

■ MOGUL LV 2-3

■ METANOVA F 1.5 (EP přísada)



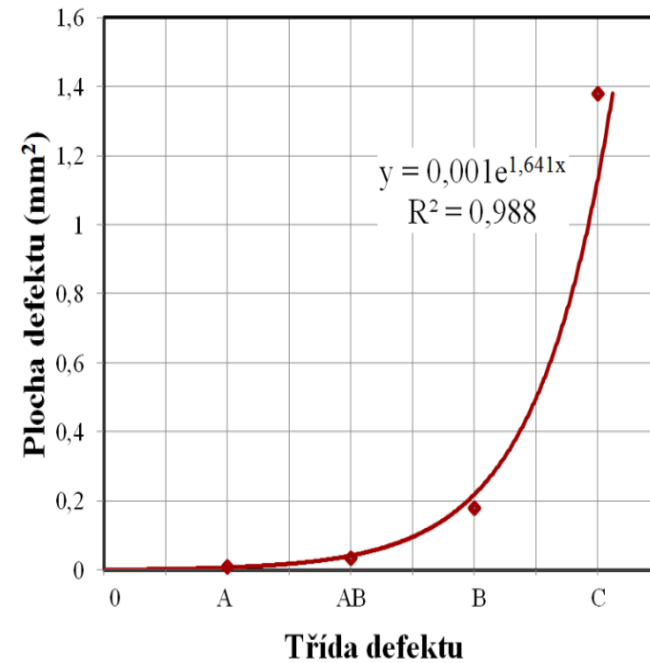
Měřicí aparatura



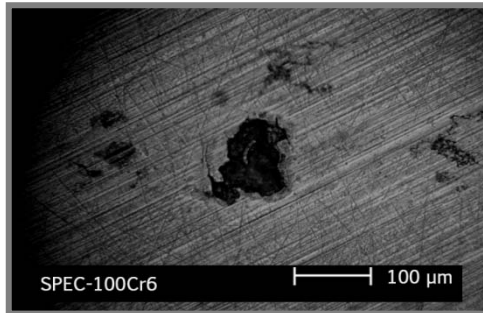
- XEDO: kontinuální vzorkování RMS, časová četnost překmitů (500 ms)
- IPL: periodické odebírání vzorků signálu pro další zpracování
- Vzorkování signálu AE: 2 MHz

Definice třídy defektu

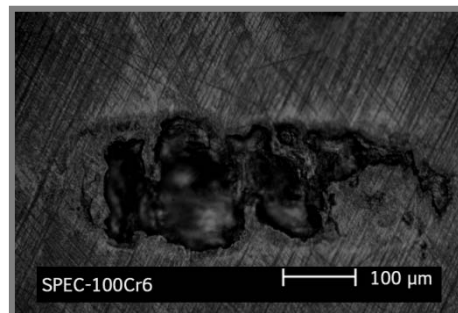
Třída	Plocha defektu (mm ²)
A	0,01
AB	0,035
B	0,18
C	1,38



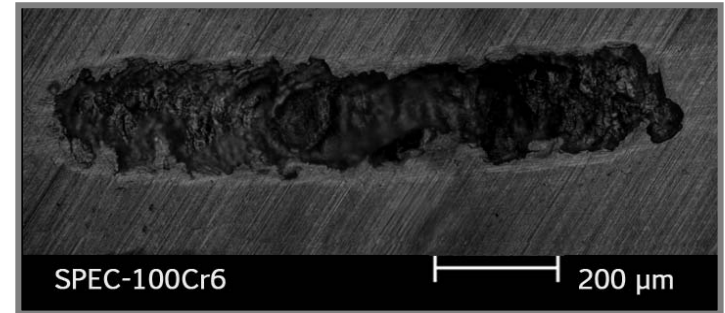
A

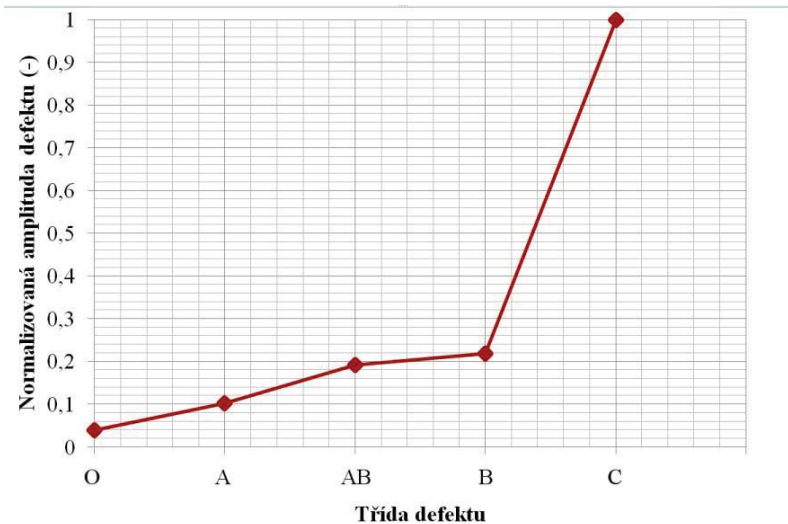
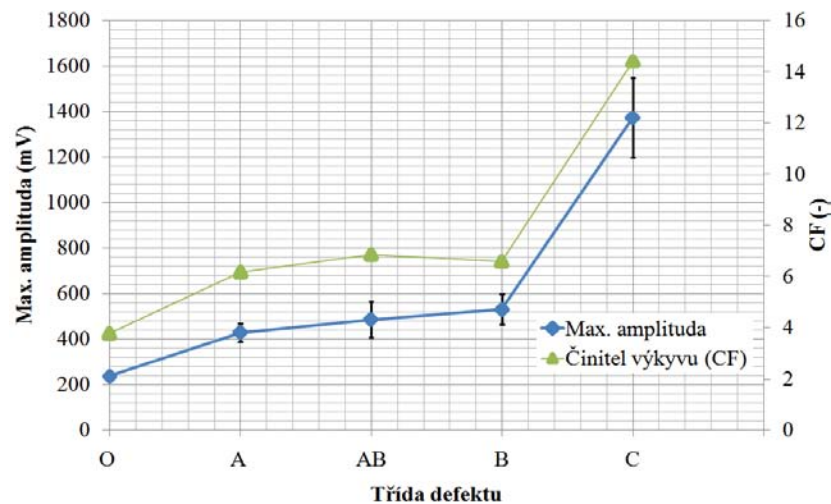
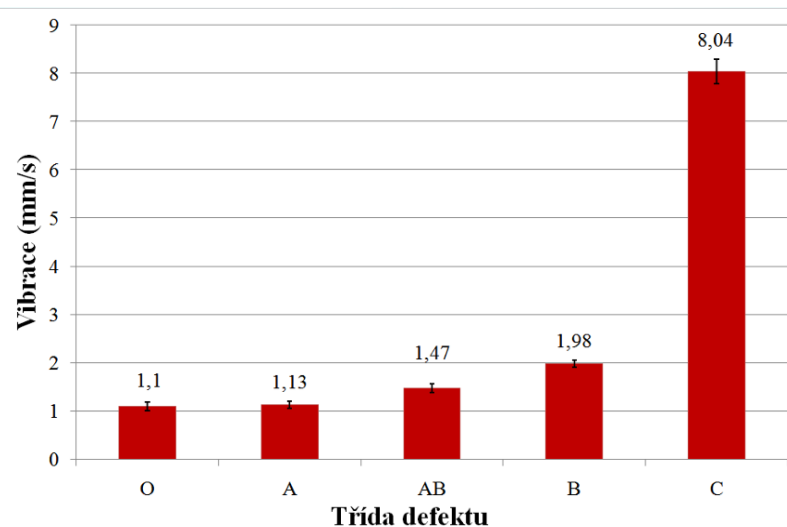


AB



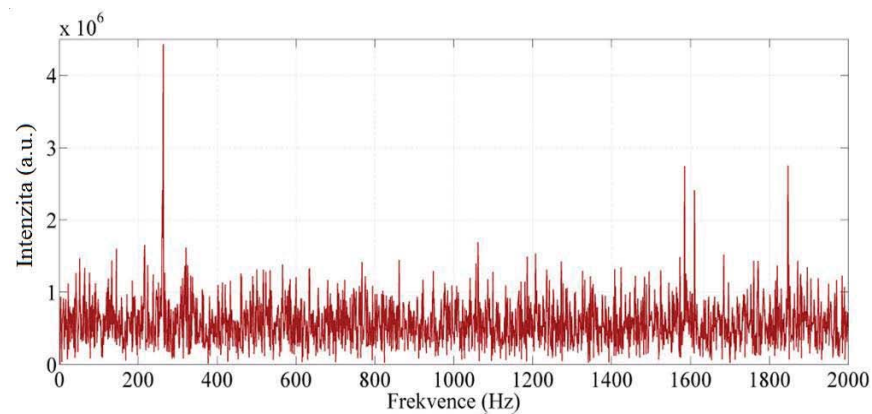
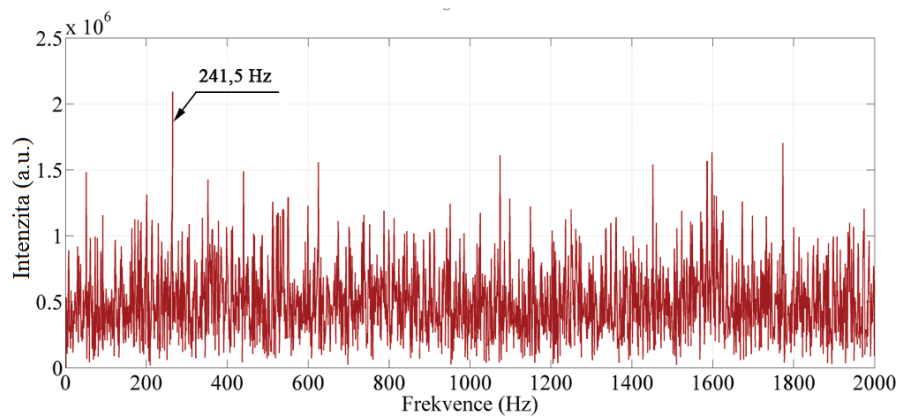
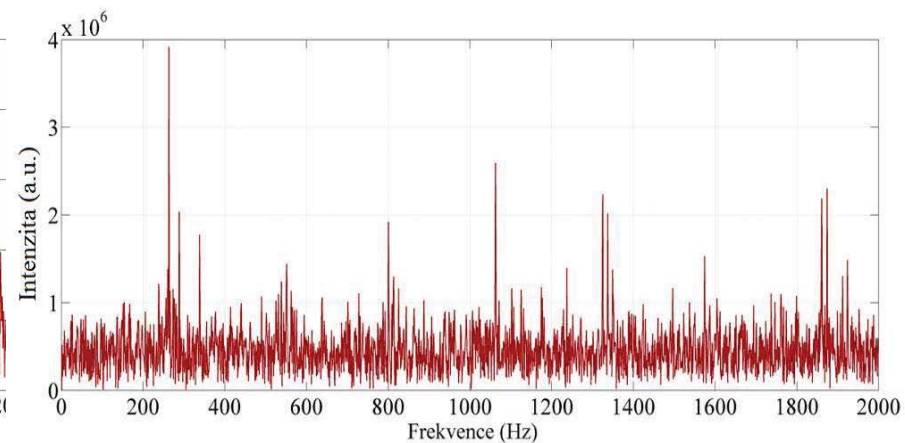
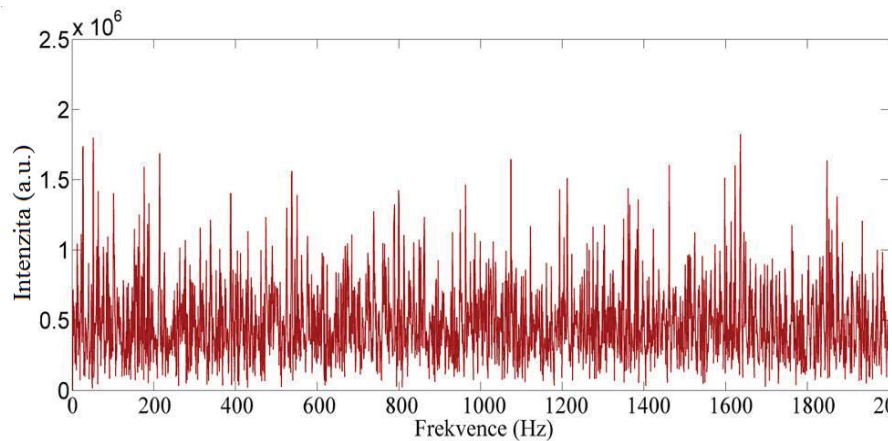
B



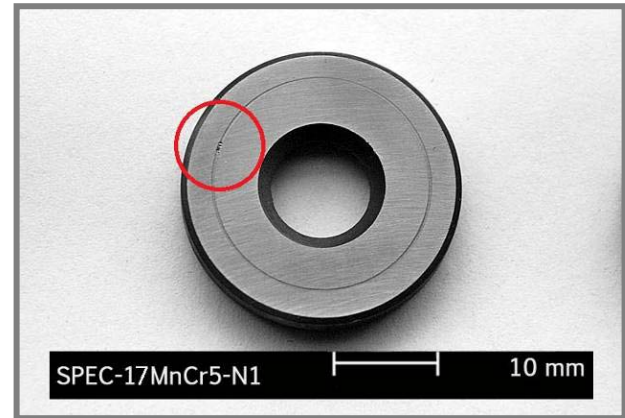
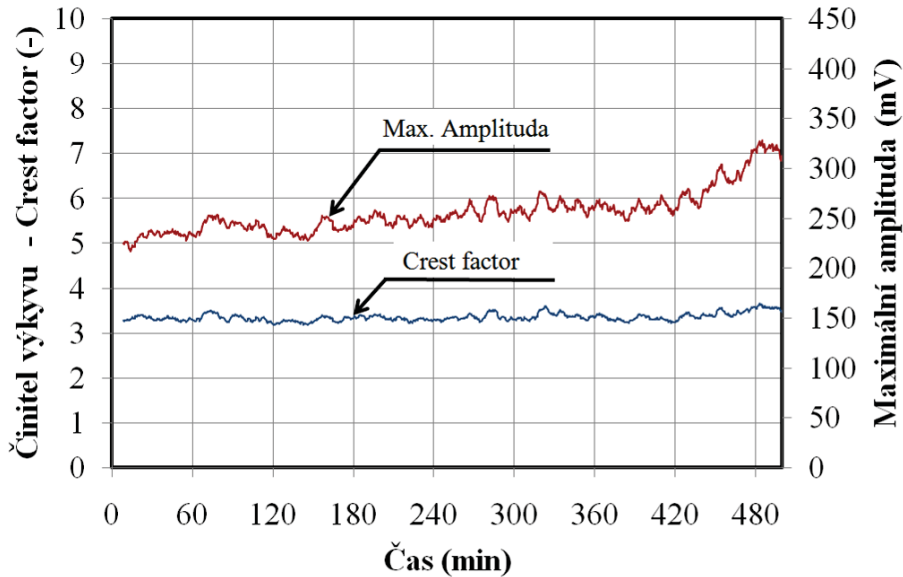
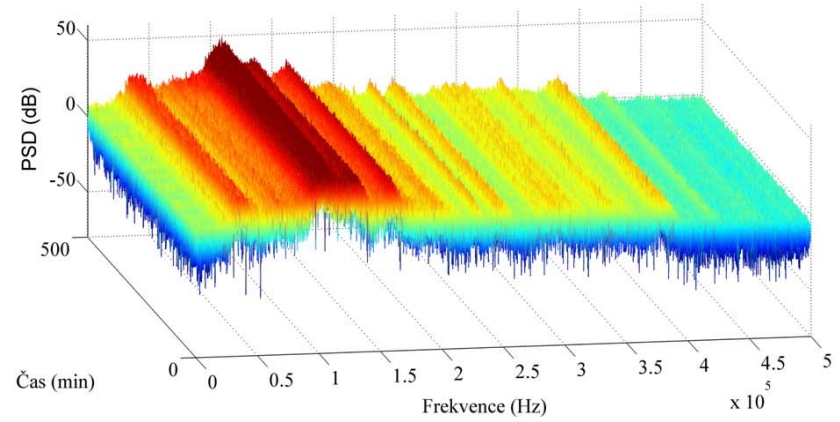
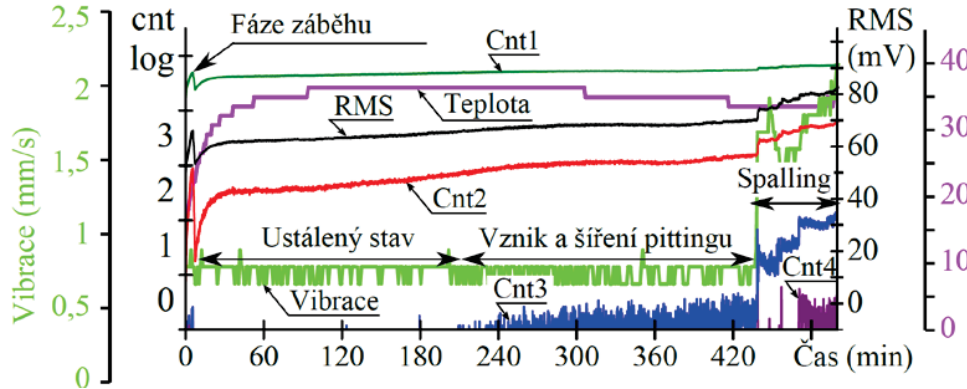


- maximální amplituda,
- RMS,
- činitel výkyvu (CF),
- frekvenční charakteristika (FFT),
- frekvenční spektrum obálky signálu.

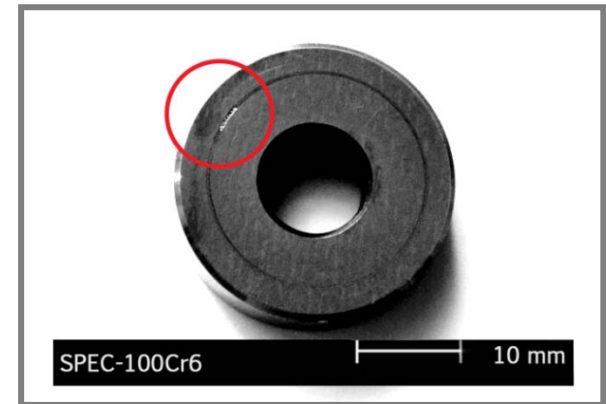
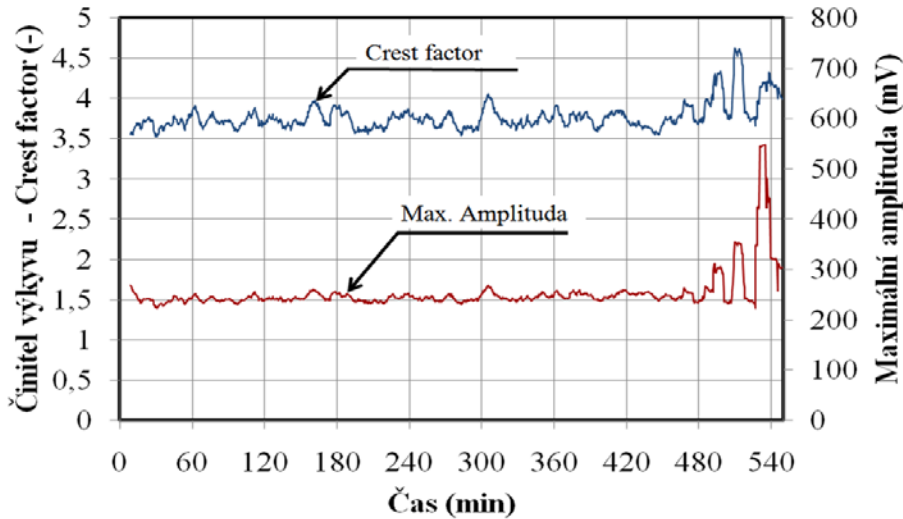
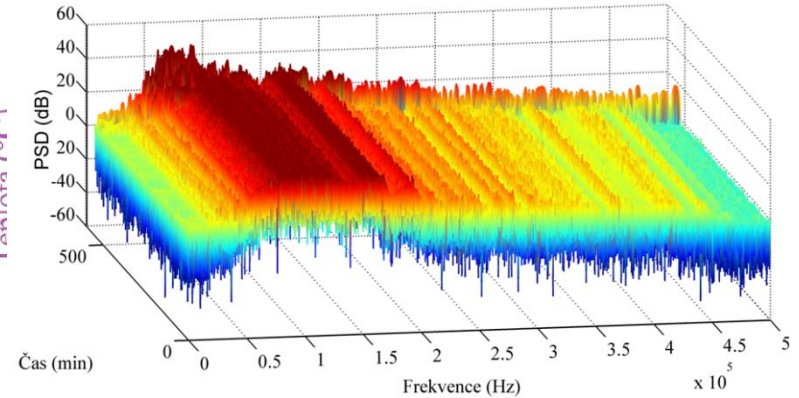
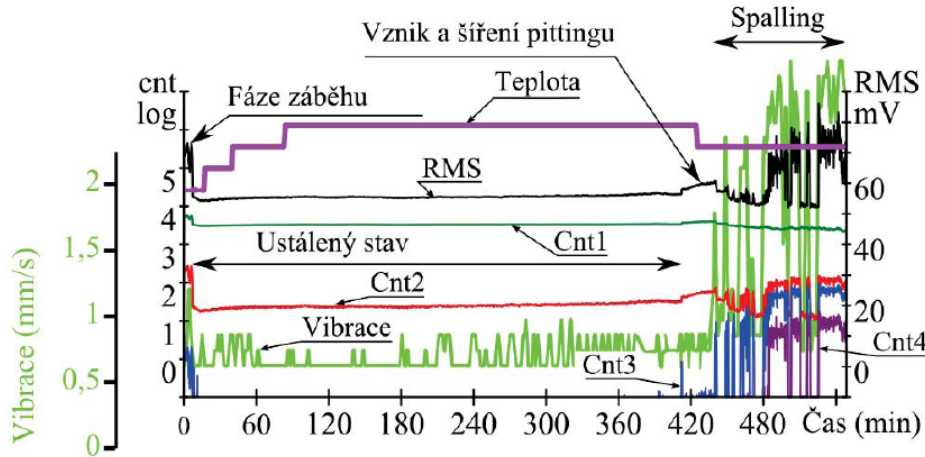
Frekvenční spektrum obálky defektu



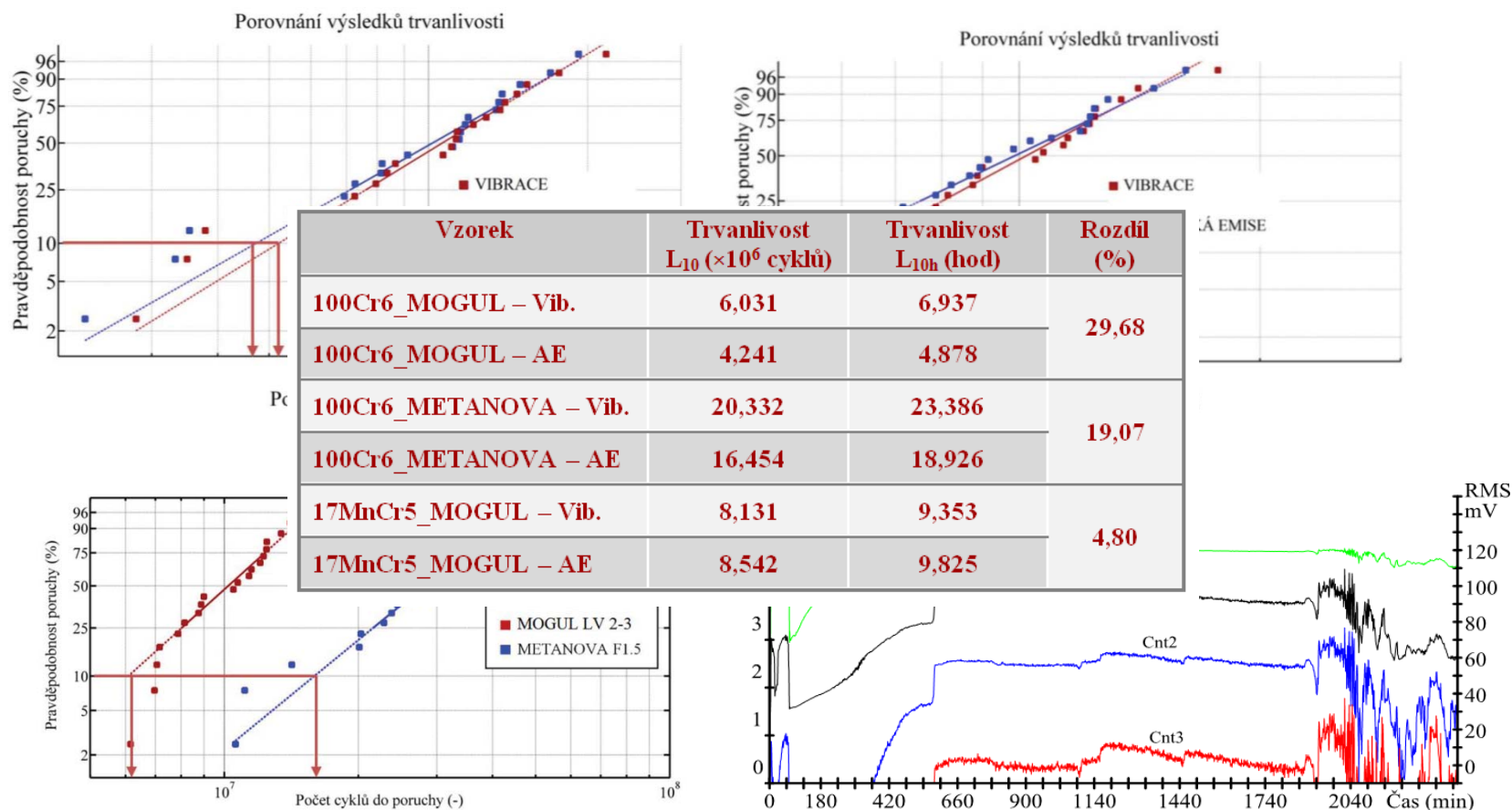
Vzorek: 17MnCr5, $\sigma_{\text{HERTZ}} = 5\,000\text{ Mpa}$, $n = 1\,380\text{ min}^{-1}$



Vzorek: 100Cr6, $\sigma_{\text{HERTZ}} = 5\ 000\ \text{Mpa}$, $n = 1\ 380\ \text{min}^{-1}$



Porovnání výsledků trvanlivosti



Na základě analýz prezentovaných v této práci byly získány následující poznatky rozšiřující současný stav poznání:

- ❖ **Byla určena** metodika vyhodnocování trvanlivosti materiálových vzorků pomocí amplitudy chybové frekvence na základě korelace vybraných parametrů signálu s předem definovanými přirozeně vzniklými defekty.
- ❖ **Byl posouzen** vliv maziva s EP přísadou, která vytváří na povrchu kontaktu mononukleární vrstvy, na parametry AE a detekci počátku kontaktního poškození.
- ❖ **Byl stanoven** vliv detekce počátku kontaktního poškození metodou akustické emise na trvanlivost kontaktu L_{10} , získané z úplných zkoušek trvanlivosti (20 zkoušených vzorků), což nebylo zatím publikováno.

Náměty na rozšíření výzkumu

- Ověření vlivu viskozity maziva na parametry AE
- Ověření vlivu drsnosti povrchu vzorku na parametry AE
- Studium vlivu velikosti podpůrného ložiska a kinematických vazeb (množství kuliček) na spolehlivost detekce metodou AE
- Monitoring dostatečného mazání ložiska



NOHÁL, L.; et al. An Experimental Investigation of Rolling Contact Fatigue of Steels Using Acoustic Emission Method. *INSIGHT*, 2013, roč. 55, č. 12, s. 665-669. ISSN: 1354- 2575. **IF= 0,46**

NOHÁL, L.; et al. Importance of Acoustic Emission Method in Evaluation of Durability of Rolling Contact. In *XIth European conference on NDT. 2014. Brno: VUT v Brně, 2014. s. 1-5. ISBN: 978-80-214-5018- 9.*

NOHÁL, L.; MAZAL, P. An Evaluation of Rolling Contact Fatigue of Metallic Materials Using Acoustic Emission Method. *Engineering Mechanics*, 2014, roč. 21, č. 5, s. 299-304. ISSN: 1802- 1484.



Děkuji za pozornost.

Libor Nohál

 **ústav
konstruování**

**Prezentace k obhajobě doktorské dizertační práce
27. 05. 2015**

Ústav konstruování
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně