

Pojednání ke státní doktorské zkoušce

Hodnocení mechanických vlastností slitin na bázi Al a Mg s využitím metody AE

autor: Ing. František VLAŠIC

školitel: doc. Ing. Pavel MAZAL CSc.



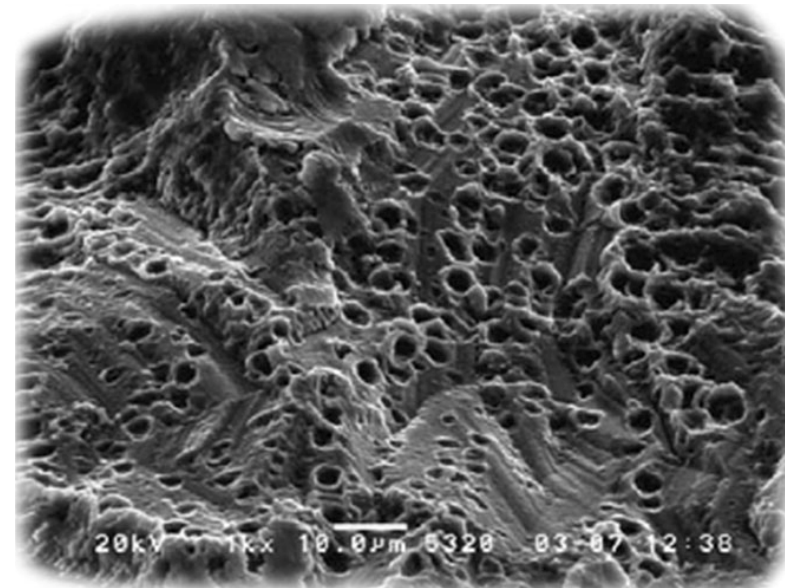
*Tato prezentace je spolufinancována
Evropským sociálním fondem
a státním rozpočtem České republiky.*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

OBSAH

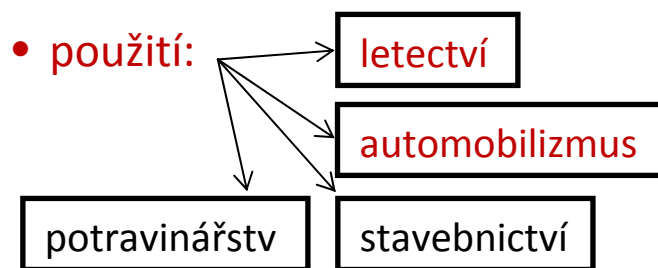
- Úvod
- Vymezení řešení problematiky
- Shrnutí současného stavu poznání a zhodnocení poznatků
- Vymezení cíle disertační práce a návrh způsobu jejího řešení
- Současný stav řešení disertační práce
- Závěr



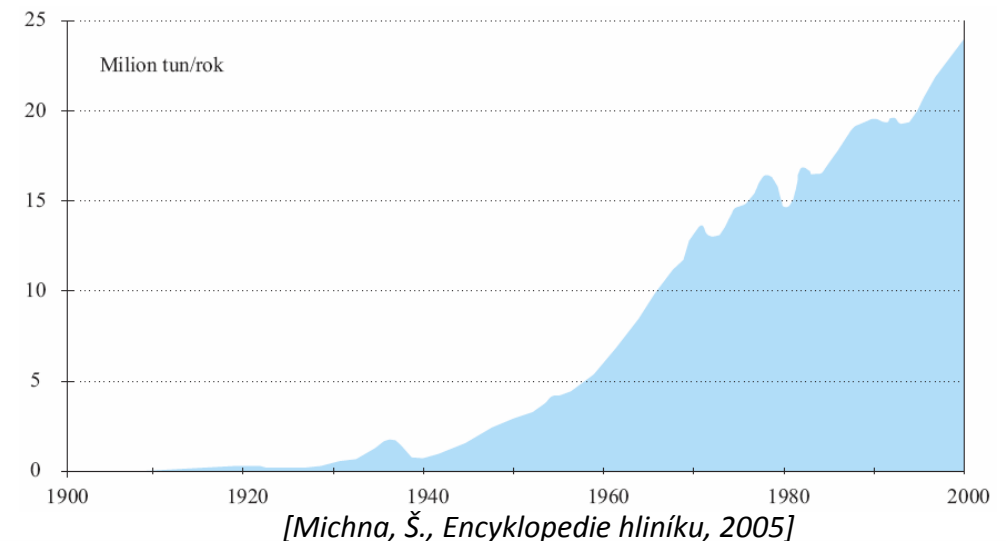
[WANG, Q. Y. Fatigue and fracture behaviour of structural Al-alloys up to very long life regimes, 2006]

ÚVOD

- **hliník** – třetí nejrozšířenější prvek v zemské kůře (7,4%)
- **přednosti:** nízká měrná hmotnost => výhodné měrné pevnostní charakteristiky v porovnání s oceli, elektrická/tepelná vodivost
- **slitiny Al** – výhodné mech. vlastnosti



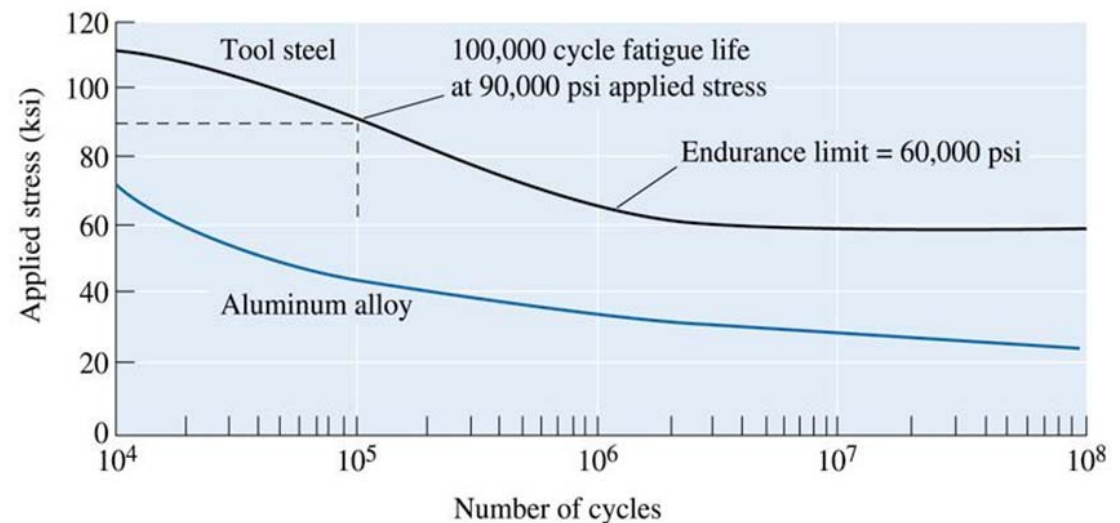
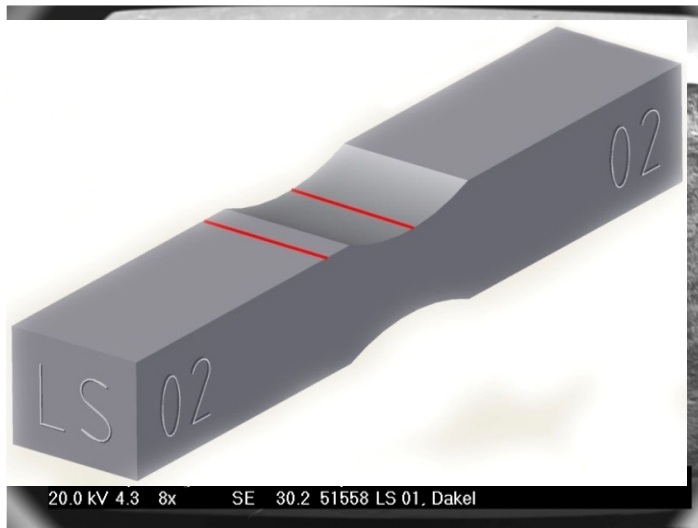
Materiál	Teplota tání [°C]	Měrná hmotnost [kg.m ⁻³]	R _m max [MPa]
Ocel	cca 1500	7860	až 3000
Slitina Al	660	2669	až 750



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

VYMEZENÍ ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

- většina konstrukčních součástí v praxi je namáhána cyklickým zatížením
- je nezbytné zabývat se únavovými vlastnostmi materiálů a prohlubovat současné znalosti



[Askeland, D. R., *The Science and Engineering of Materials*, 2006]

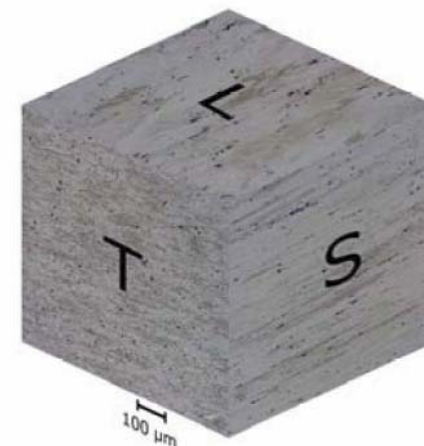
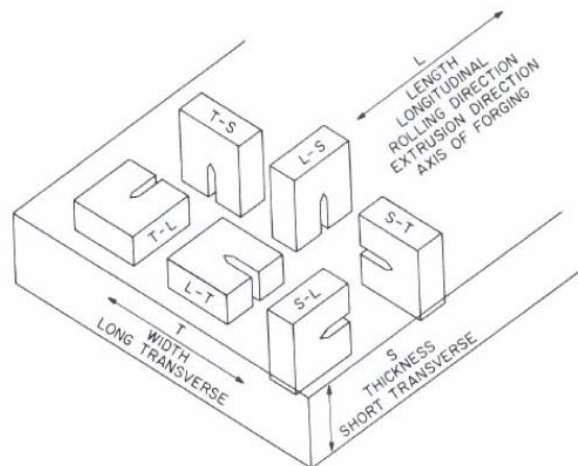
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

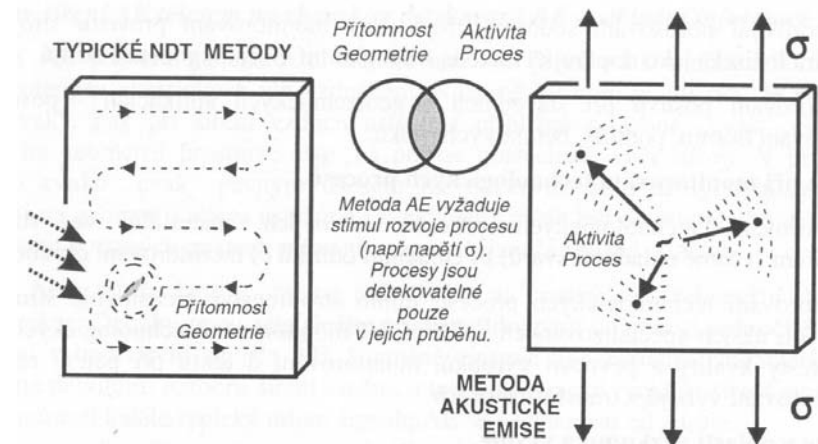
VYMEZENÍ ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

- na únavové vlastnosti Al slitin má vliv řada faktorů:
chem. složení, tepelné zprac., kvalita povrchu, zbytková napětí, prostředí,...
- velký rozptyl výsledků – nutno vždy porovnávat data stejného materiálu za stejných podmínek
- **náš záměr:** studium únavových vlastností Al slitin v jednotlivých směrech



VYMEZENÍ ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

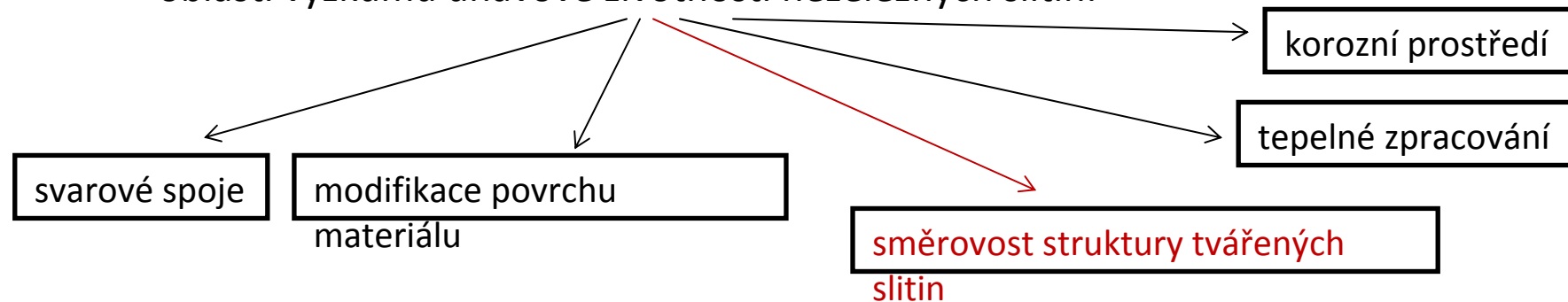
- během cyklického zatěžování dochází v materiálu k řadě strukturních změn
→ aplikace **metody akustické emise**
- **typické NDT metody**: vyhledávají přítomnost defektů (výskyt porušení)
- **metoda AE**: detekuje, lokalizuje a hodnotí aktivitu defektů a rozvoj procesů **právě a pouze** v jejich průběhu (objemová metoda)
- **náš záměr**: monitorování emisní aktivity během celé únavové zkoušky, s cílem zpřesnění strukturních změn v materiálu a srovnání se zatěžovací frekvencí



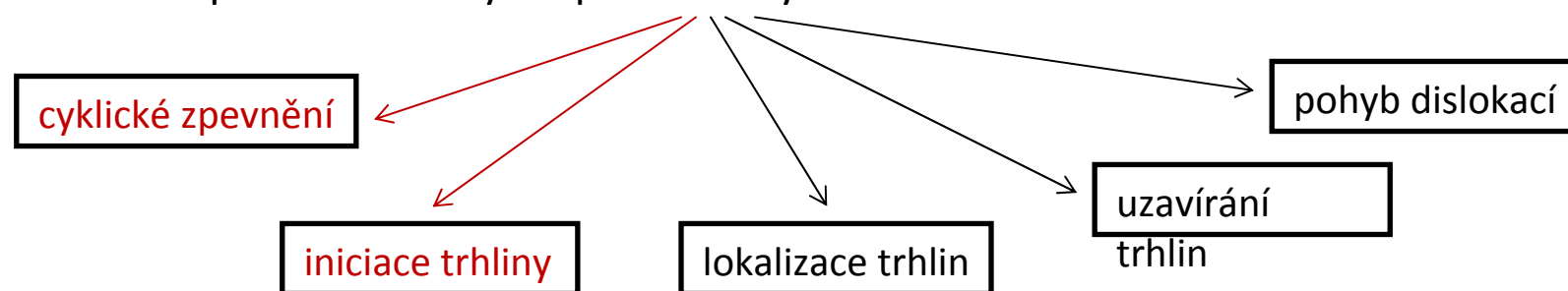
[Kopec, B., Nedestruktivní zkoušení materiálů, 2008]

SHRNUTÍ SOUČASNÉ STAVU POZNÁNÍ A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ

- oblasti výzkumu únavové životnosti neželezných slitin:

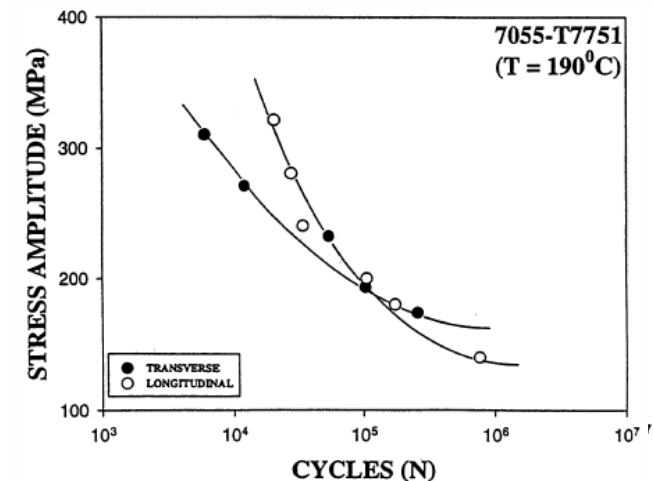
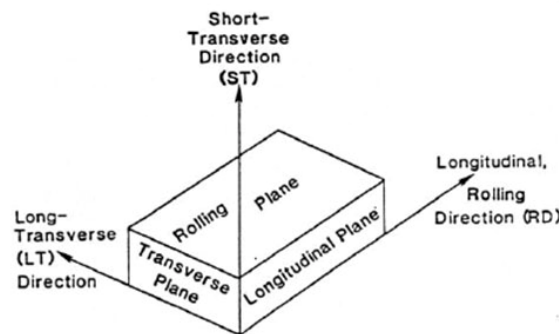
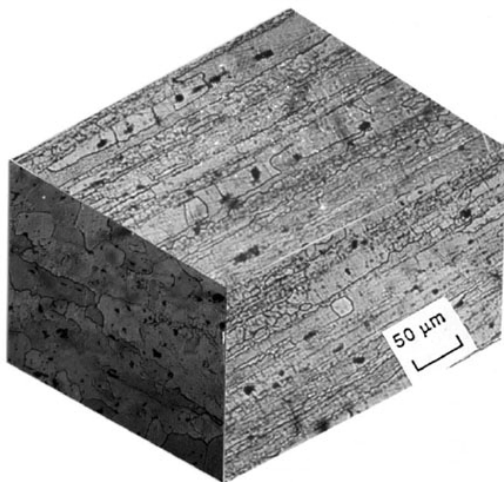


- aplikace metody AE při únavových zkouškách:



SHRnutí SOUČASNÉ STAVU POZNÁNÍ A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ

- výzkum únavové životnosti Al slitiny 7055/T7751 při zvýšené zkušební teplotě a teplotě okolí s nehomogenní strukturou



SRIVATSAN, T. S., ANAND, S., SRIRAM, S., VASUDEVAN, V. K. The high-cycle fatigue and fracture behavior of aluminum alloy 7055. In: *Materials Science and Engineering A-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*. Vol. 281, No. 1-2, pp. 292-304, 2000. ISSN: 0921-5093

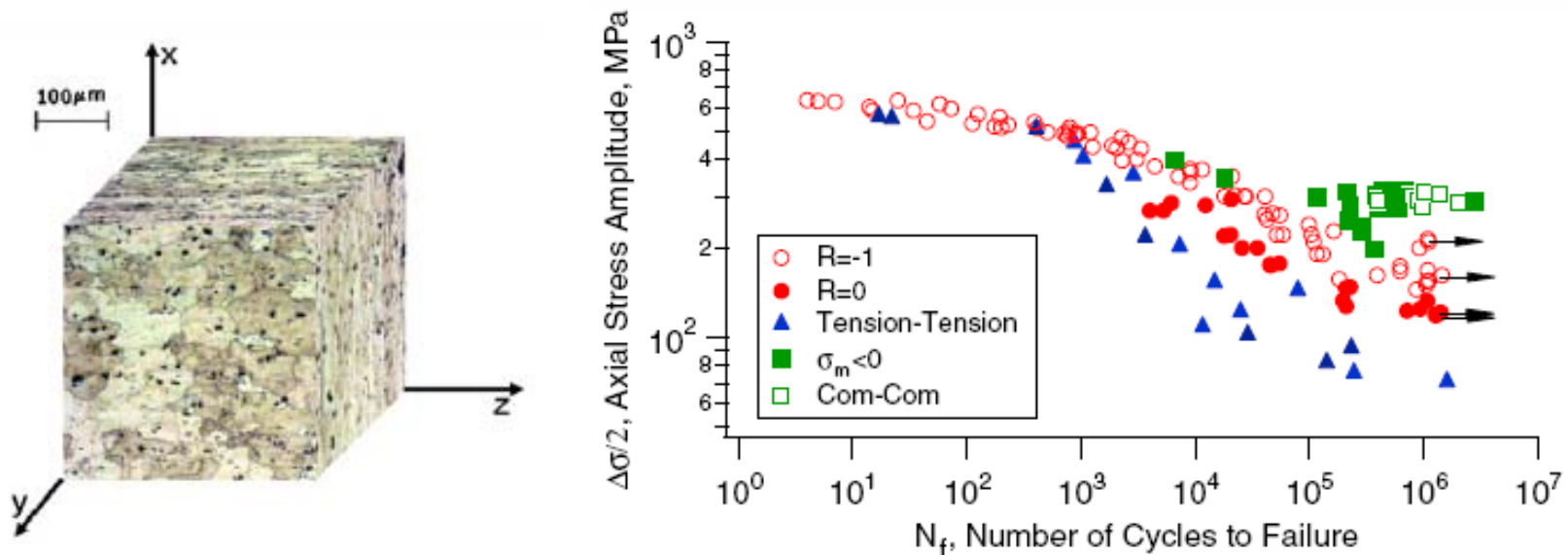
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SHRnutí SOUČASNÉ STAVU POZNÁNÍ A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ

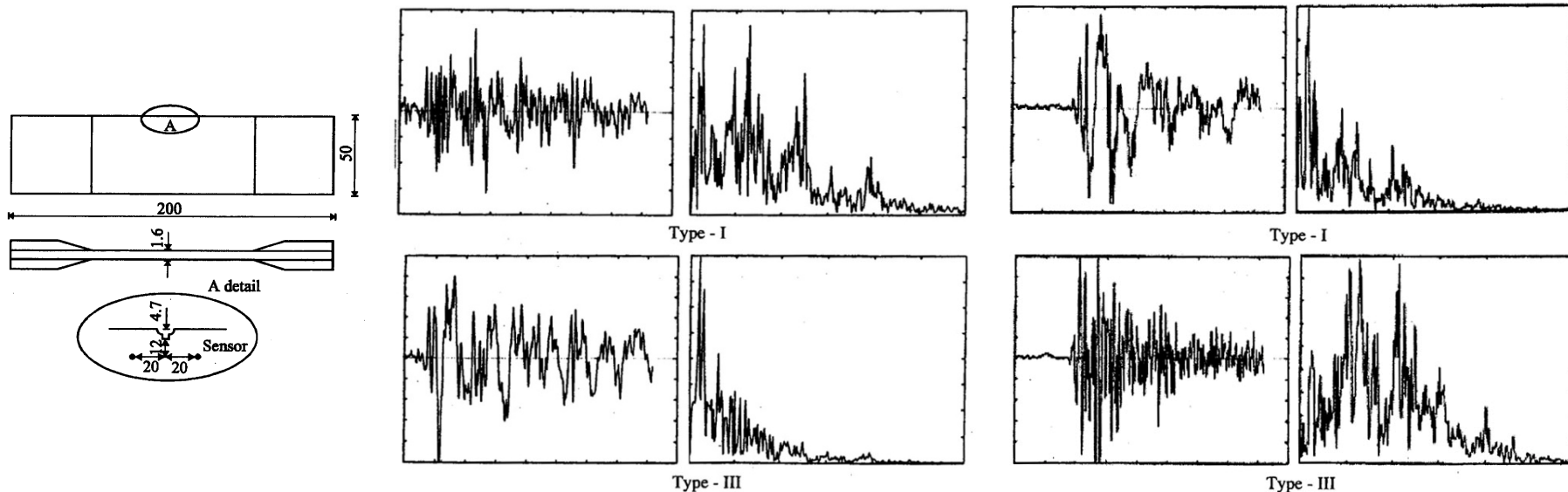
- výzkum vlivu asymetrie zatěžování na únavovou životnost Al slitiny 7075/T651 s nehomogenní strukturou



TIANWEN, Z., YANYAO, J. Fatigue of 7075-T651 aluminum alloy. In: International Journal of Fatigue. Vol. 30, No. 1-2, pp. 834-849, 2007.

SHRnutí SOUČASNÉ STAVU POZNÁNÍ A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ

- výzkum a klasifikace signálů AE v Al slitinách během statického a únavového namáhání, rozdělených do tří typů



NAM, K., MAL, A. Characteristics of elastic waves generated by crack initiation in aluminum alloys under fatigue loading. In: *Journal of Materials Research*. Vol. 16, No. 6, pp. 1745-1751, 2001. ISSN: 0884-2914

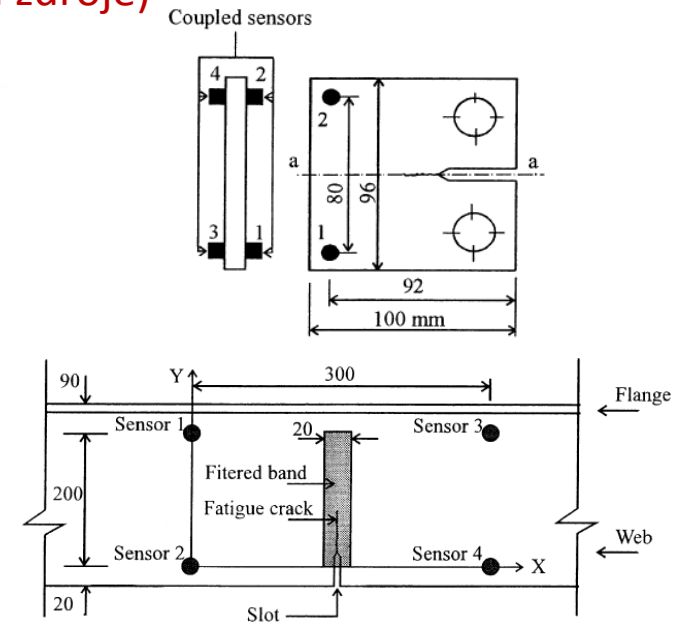
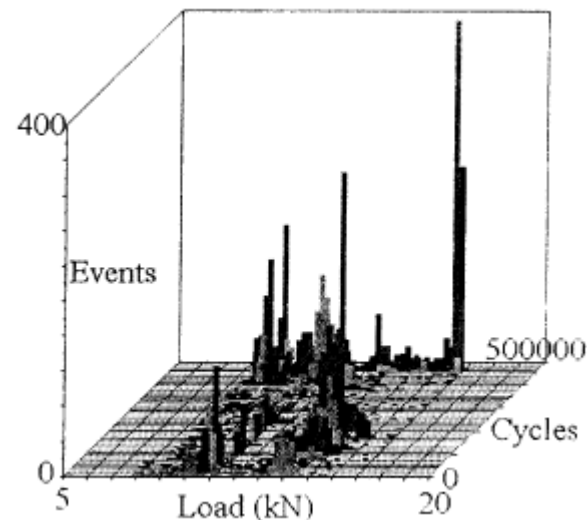
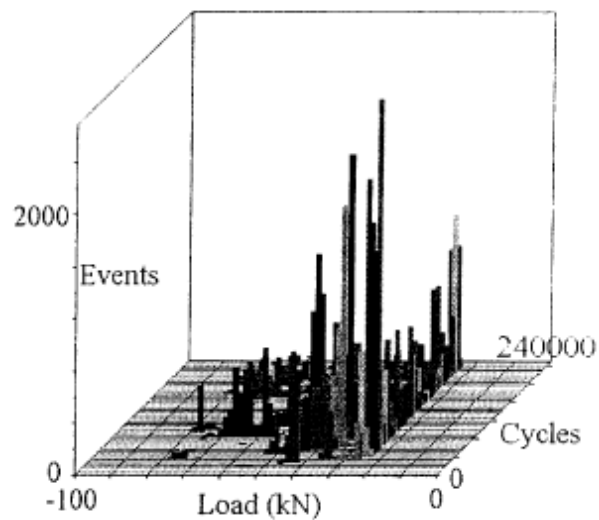
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SHRNUTÍ SOUČASNÉ STAVU POZNÁNÍ A ZHODNOCENÍ POZNATKŮ

- monitorování šíření únavové trhliny v ocelových vzorcích (CT těleso a T-nosníku), užitím systému AE (s přesnou lokalizací zdroje)



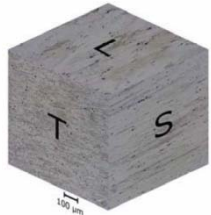
ROBERTS, T. M., TALEBZADEH, M. Acoustic emission monitoring of fatigue crack propagation. In: *Journal of Constructional Steel Research*. Vol. 59, No. 6, pp. 695-712, 2003. ISSN: 0143-974X.

Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VYMEZENÍ CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE A NÁVRH ZPŮSOBU JEJÍHO ŘEŠENÍ



- výzkum únavových vlastností Al slitin (EN-AW-6082/T6 a EN-AW-7075/T6) v jednotlivých směrech
- monitorování strukturních změn (pohyb dislokací, rozvoj únavových mikrotrhlin, atd.) pomocí průběhu **zatěžovací frekvence a NDT metod (AE, RTG difrakce)**

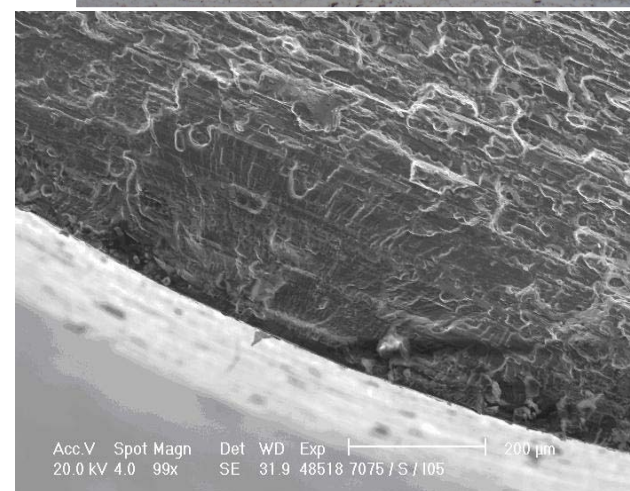
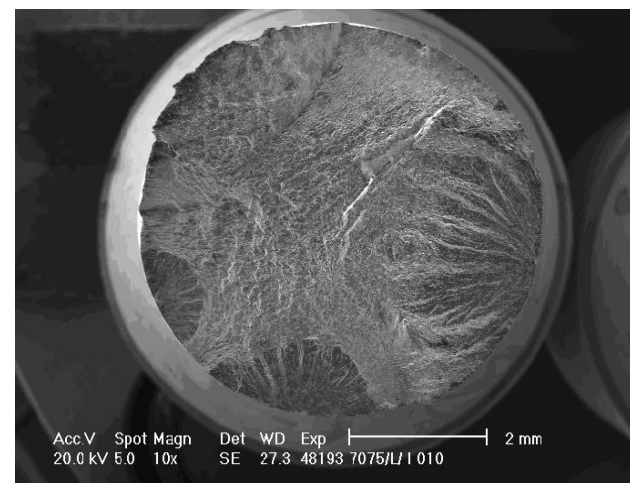
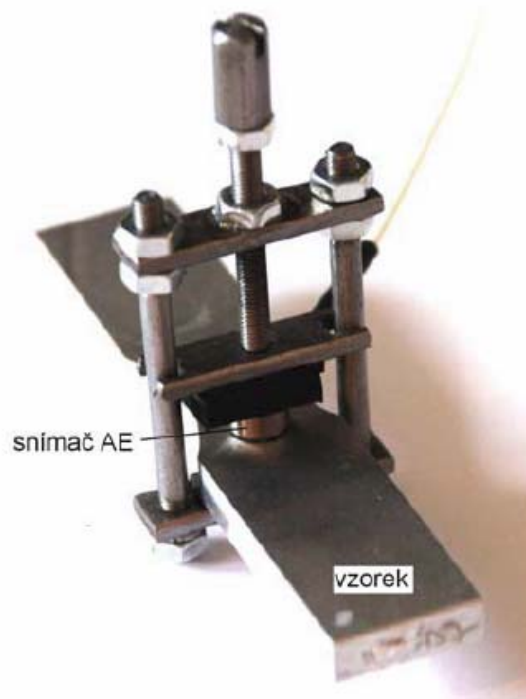
Hlavní přínosy:

- ojedinělý způsob cyklického zatěžování (**čtyřbodový ohyb**) a možnost srovnání s jinými typy zatěžování (např. cyklický tah-tlak)
- využití metody AE jako nástroje k bližší identifikaci strukturních změn během zatěžování v průběhu **celého života vzorku**
- verifikace naměřených dat (detekovaných metodou AE) s dalšími NDT metodami (RTG difrakce – Západočeská univerzita)

SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

- ✓ • 1. etapa měření a získání experimentálních dat ze zkoušek cyklických vlastností (EN-AW-6082, EN-AW-7075)
- ✓ • vyhodnocení na základě průběhu zatěžovací frekvence a AE (směrovost struktury, ploché a kruhové vzorky)
- ✓ • výroba a ověření funkčnosti upínacích přípravků pro snímače AE (fond vědy FSI 2009)
- ✓ • analýza a srovnání dat s dostupnými NDT metodami (metoda AE, RTG difrakce)
- ✗ • detailní studium parametrů AE získaných při únavových zkouškách
- ✗ • **stanovení vlivu směrovosti struktury na mechanické vlastnosti a zjištění korelace degračních procesů se signály AE**

SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE



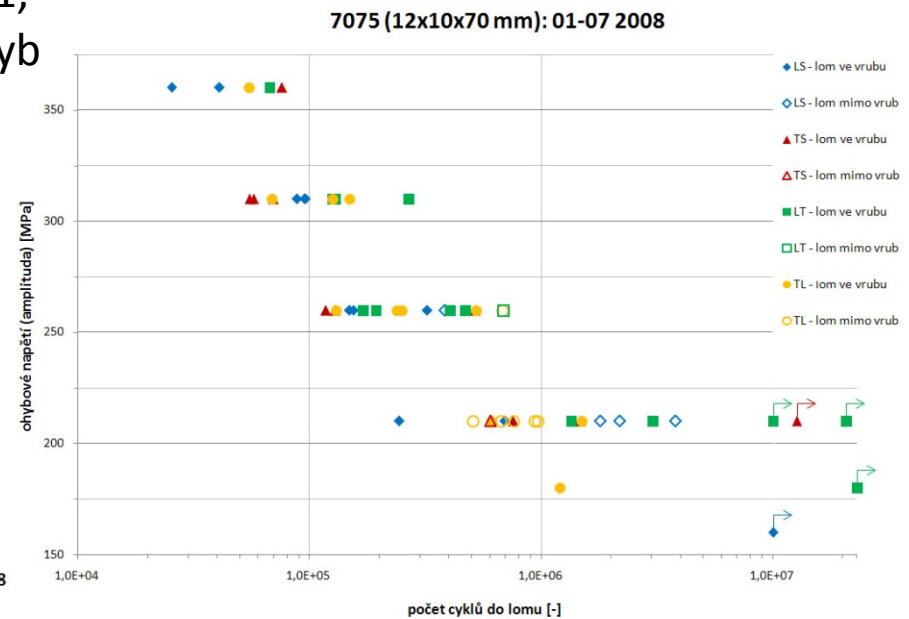
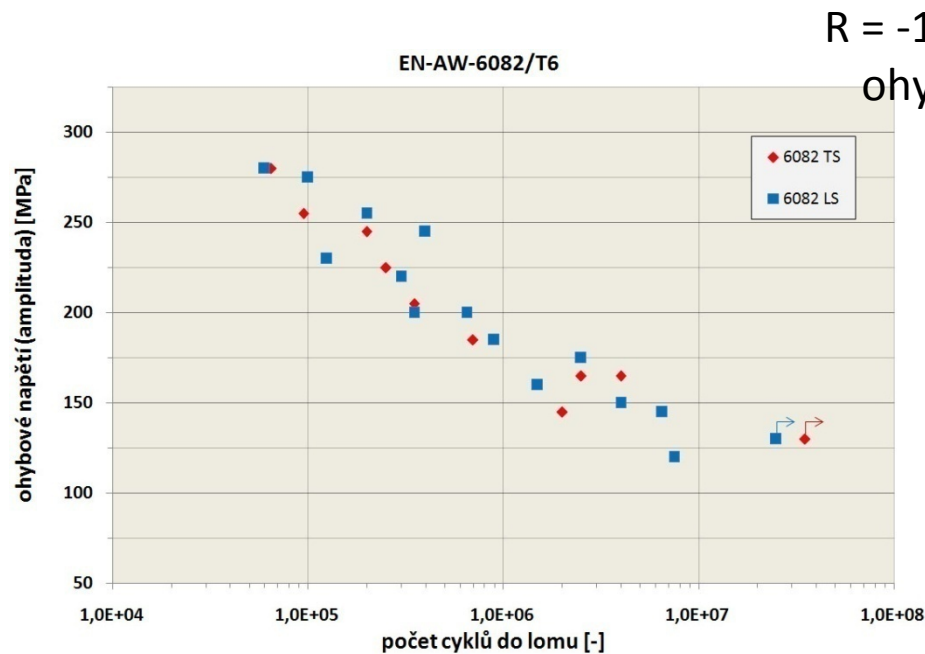
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

- výsledky únavových zkoušek Al slitin EN-AW-6082 a EN-AW-7075 v oblasti vysokocyklové únavy



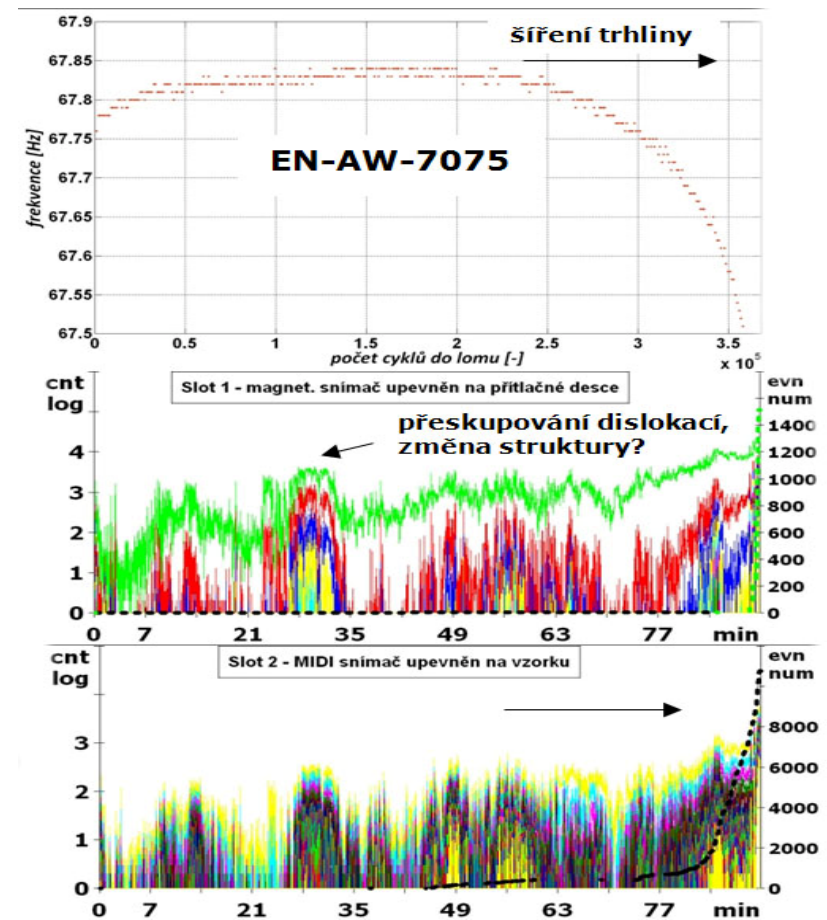
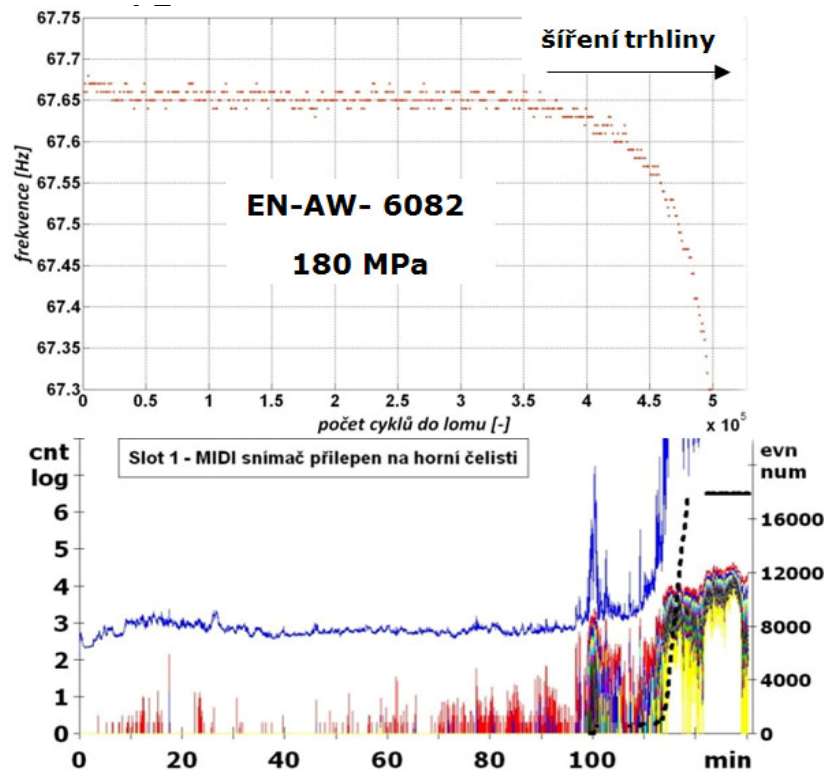
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

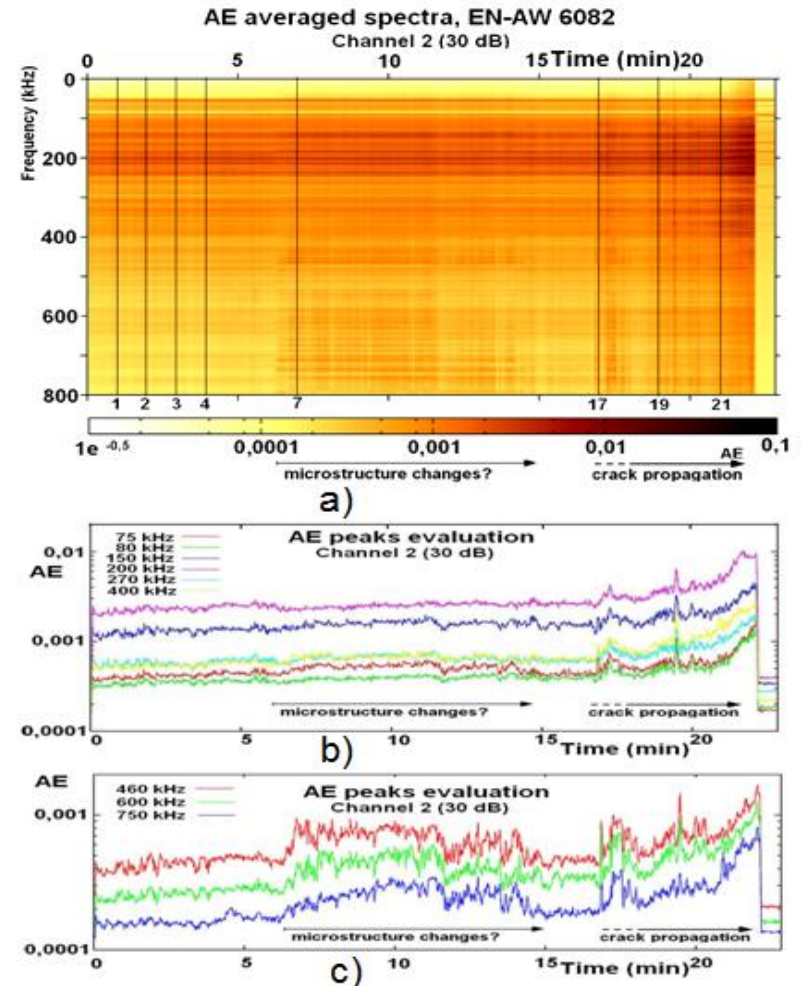
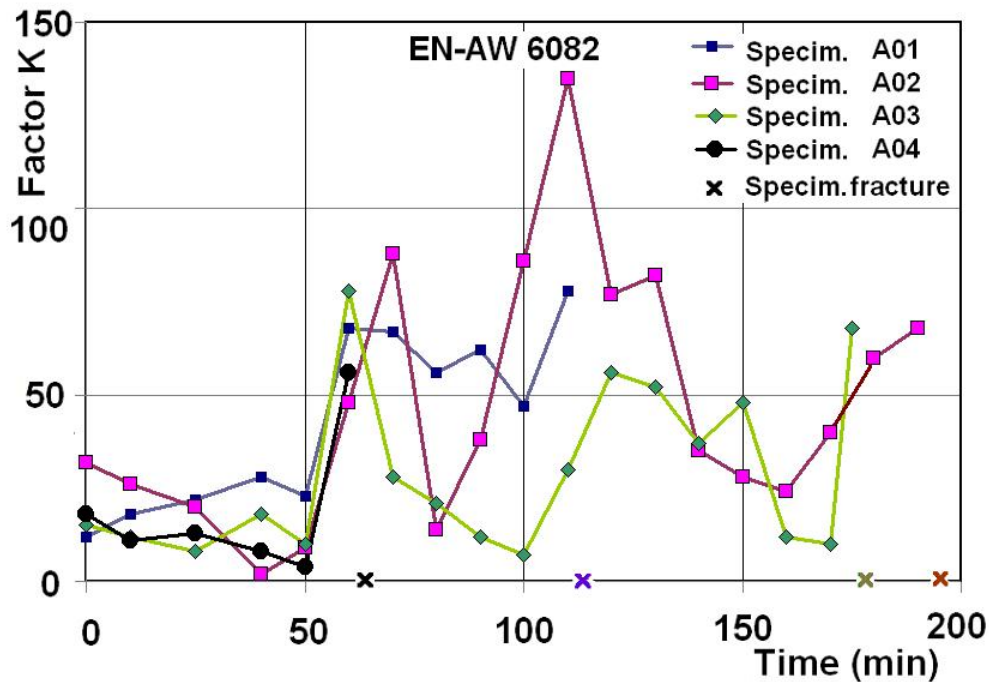
SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

- vyšetřování zatěžovací frekvence +



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228

SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



ZÁVĚR

- na základě výsledků z předložených studií světové i domácí literatury se stanovily cíle disertační práce
- dílčí výsledky vlastního měření naznačují, že práce postupuje správným směrem k úspěšnému splnění všech cílů disertační práce
- **další postup:** dokončení mechanických zkoušek a studium metalograf. rozborů, analýza a srovnání dat AE s dostupnými NDT metodami, detailní studium parametrů signálu AE získaných při únavových zkouškách

DĚKUJI ZA POZORNOST

*Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228*



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

1. OPONENTNÍ OTÁZKA

Bylo by přínosné realizovat další způsoby cyklického zatěžování zkušebních vzorků a následně výsledky porovnat se čtyřbodovým ohybem?

1) **cyklický tah-tlak** - AMSLER 10 HFP (ÚMVI), vysokocyklová oblast

- INSTRON 8801 (ÚMVI), nízko a vysokocyklová oblast

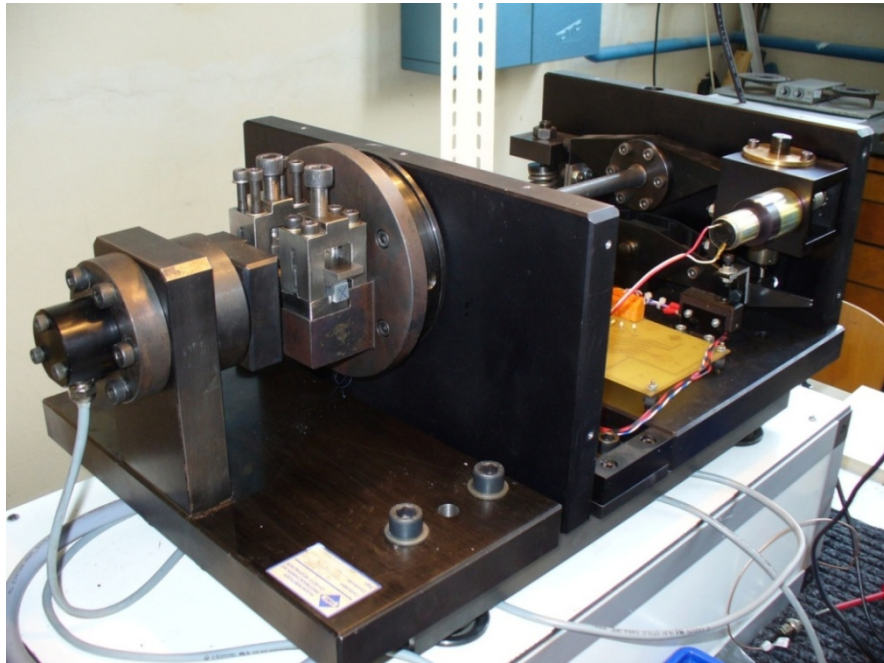
2) **cyklický ohyb** - RUMUL Cracktronic 8204/160 (univerzální zařízení)

- provedeno několik experimentů a naměřená data byla porovnána v oblasti vysokocyklové únavy za podmínek střídavého symetrického cyklu

- Al slitiny EN-AW-7075/T6 a EN-AW-6082/T6

Hodnocení mechanických vlastností slitin na bázi Al a Mg s využitím metody AE

František VLAŠIC



pulsátor RUMUL Cracktronic 8204/160
(čtyřbodový ohyb)



pulsátor AMSLER 10 HFP
(symetrický cyklus tah-tlak)

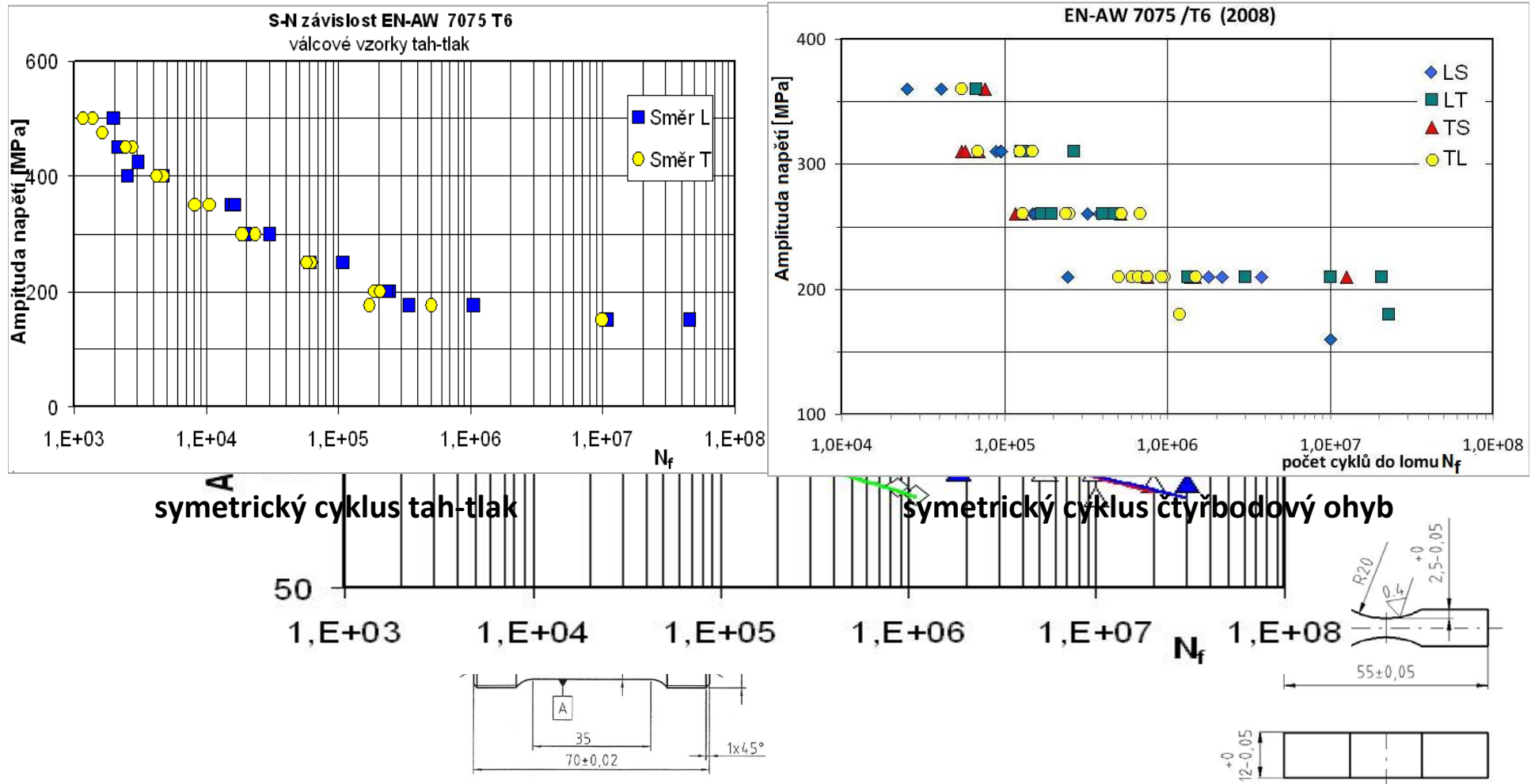
*Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228*



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hodnocení mechanických vlastností slitin na bázi Al a Mg s využitím metody AE

František VLAŠIC



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
"Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

2. OPONENTNÍ OTÁZKA

Bylo by možné se pokusit získat také souvislost vlastností událostí akustické emise (časový průběh, spektrum apod. např. ve smyslu obr. 50 a 51) s typem změny ve struktuře materiálu?

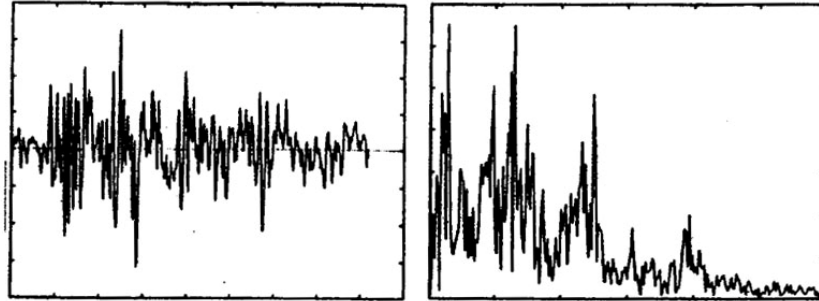
• v rámci měření aktivity AE sledujeme především tyto parametry:

- 1) počty překmitů přes nastavené prahové úrovně (counts)
- 2) RMS
- 3) trend růstu událostí AE během celé zkoušky

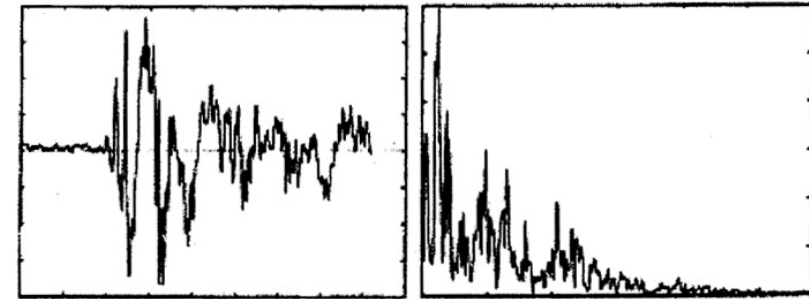
Hodnocení mechanických vlastností slitin na bázi Al a Mg s využitím metody AE

František VLAŠIC

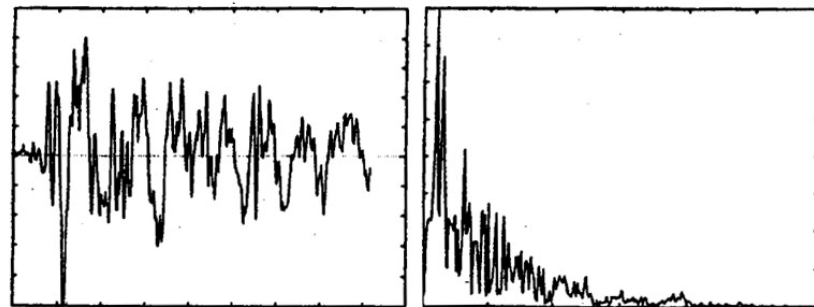
měřítka: časová osa 1 dílek = 5 μ s, frekvence 1 dílek = 0,5 MHz



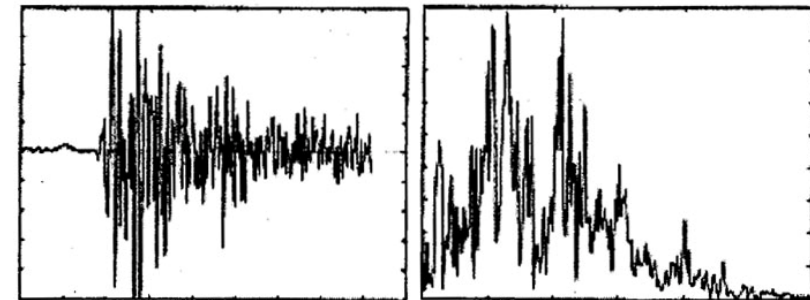
Type - I



Type - I



Type - III



Type - III

časové průběhy signálu AE (vlevo) a jejich spektra (vpravo) detekované během statické zkoušky Al slitiny EN-AW-2024

časové průběhy signálu AE (vlevo) a jejich spektra (vpravo) detekované během únavového šíření trhliny Al slitiny EN-AW-2024

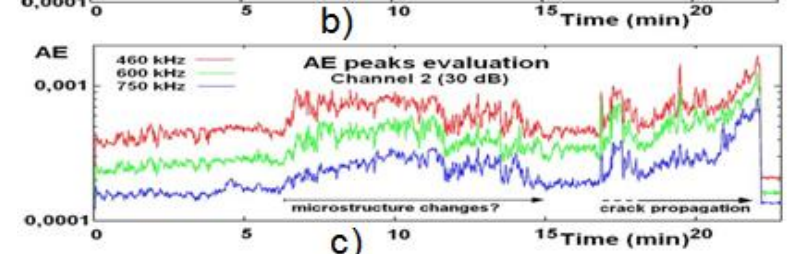
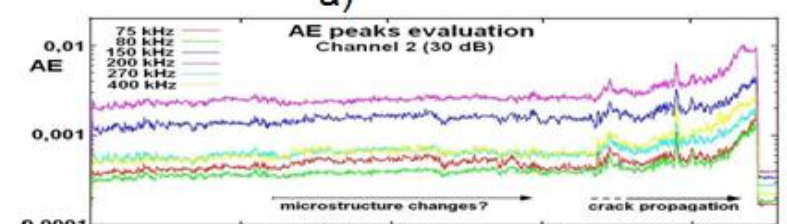
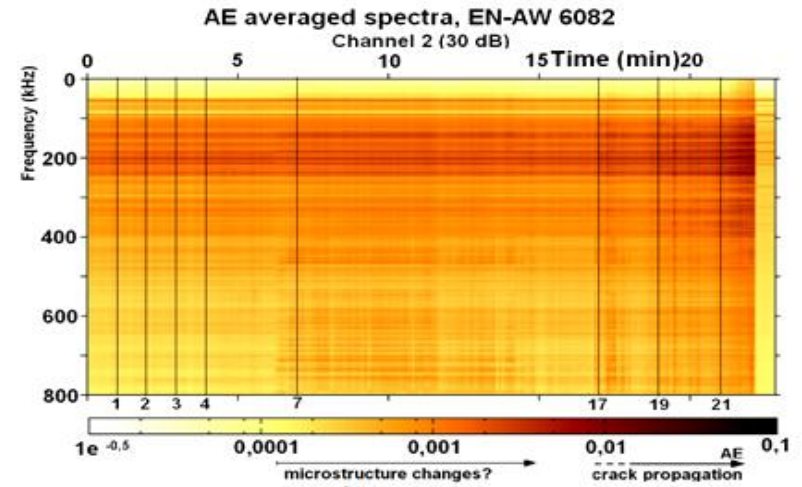
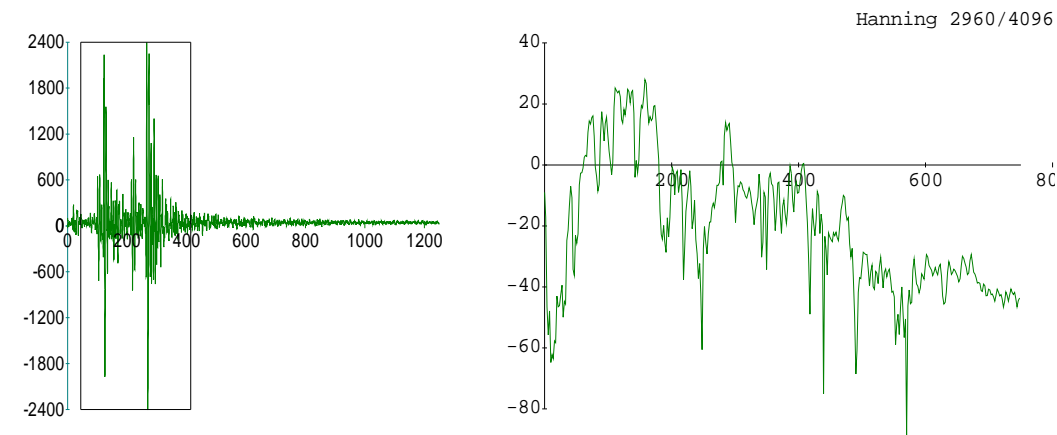
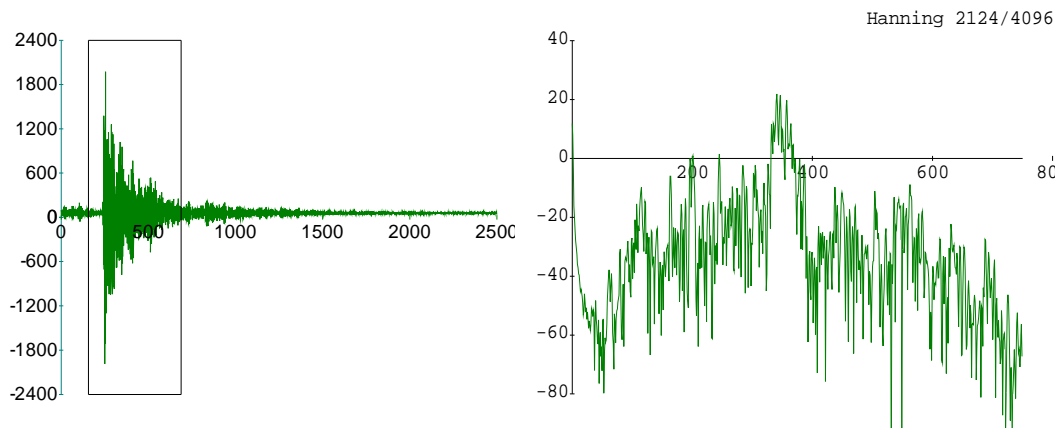
Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu "Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně", reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Hodnocení mechanických vlastností slitin na bázi Al a Mg s využitím metody AE

František VLAŠIČ



Tato prezentace byla vytvořena jako součást projektu
 "Komplexní systém pro získávání, vzdělávání a trvalé zapojování
 talentů do výzkumných a vývojových center AV ČR a FSI VUT v Brně",
 reg. č. CZ.1.07/2.3.00/09.0228



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ