

Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

WP14: Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

FS ČVUT v Praze, zodpov. osoba Doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

ČZ a.s., Ing. Jiří Pinkas

Hlavní cíl balíčku

- Předmětem balíčku je komplexní hodnocení životnosti (zejména) skříní turbodmychadel. Hlavním cílem je vyvinout a ověřit metodiku vyhodnocení nízkocyklové termomechanické únavy v interakci s creepem..

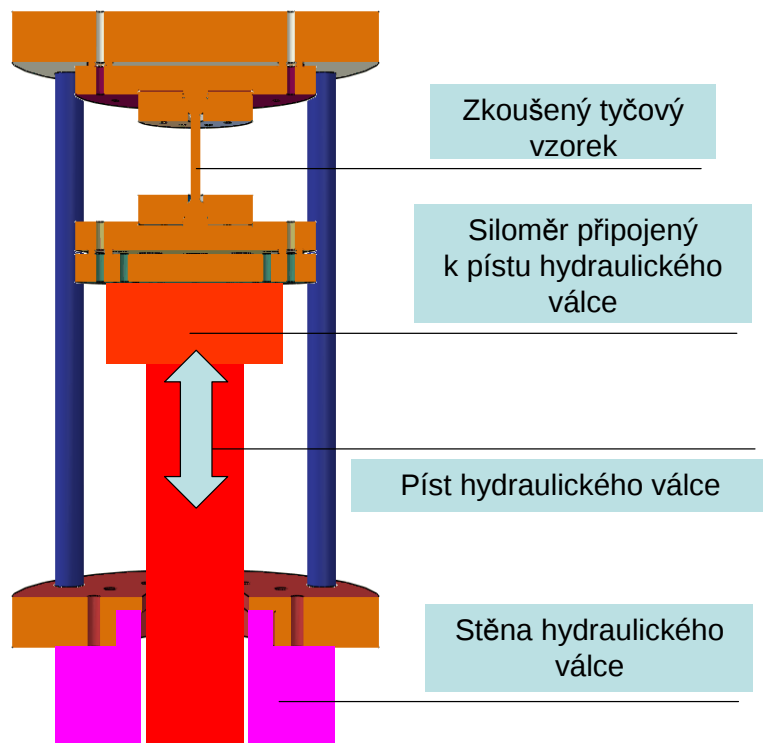
Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

- Výroba a oživení přípravku pro zkoušky nízkocyklové teplotní únavy – Coffinův aparát.
- Výroba vzorků a zahájení zkoušek
- Příprava programových aparátů pro identifikaci parametrů NCTMÚ

Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Dílčí cíl: WP14C01: Přípravek pro zkoušky nízkocyklové termomechanické únavy dle Coffina

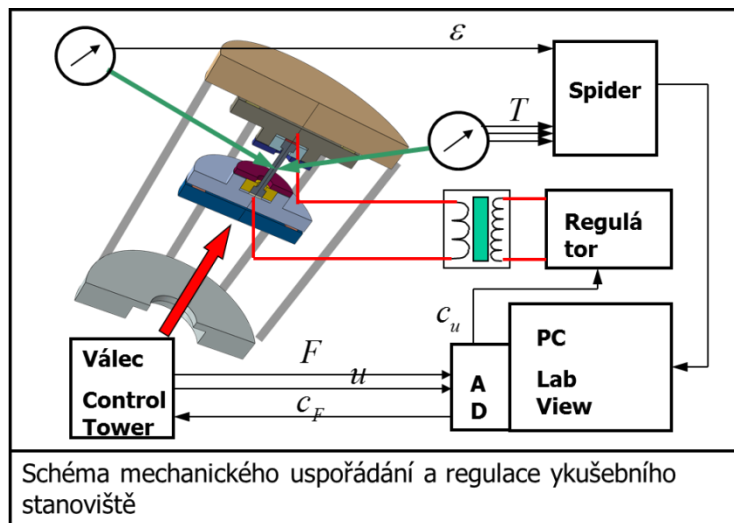
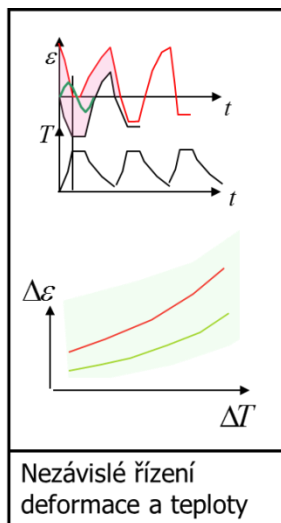
Dílčí výstup: WP14V01: Přípravek pro zkoušky teplotně-mechanické únavy dle Coffina.



Probíhá výroba dílů ...

Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Přípravek: Koncepce (konec roku 2012)



Požadavky na zkušební stroje pro TMF

- Cyklický ohřev a ochlazování vzorku
- Cyklická mechanická deformace
- Možnost fázového posuvu průběhu teplotní a mechanické deformace

Realizace:

1 kanál měření teploty termočlánkem výstupem je spínání obvodu ohřevu vzorku s cílem dosáhnout požadovaný časový průběh teploty

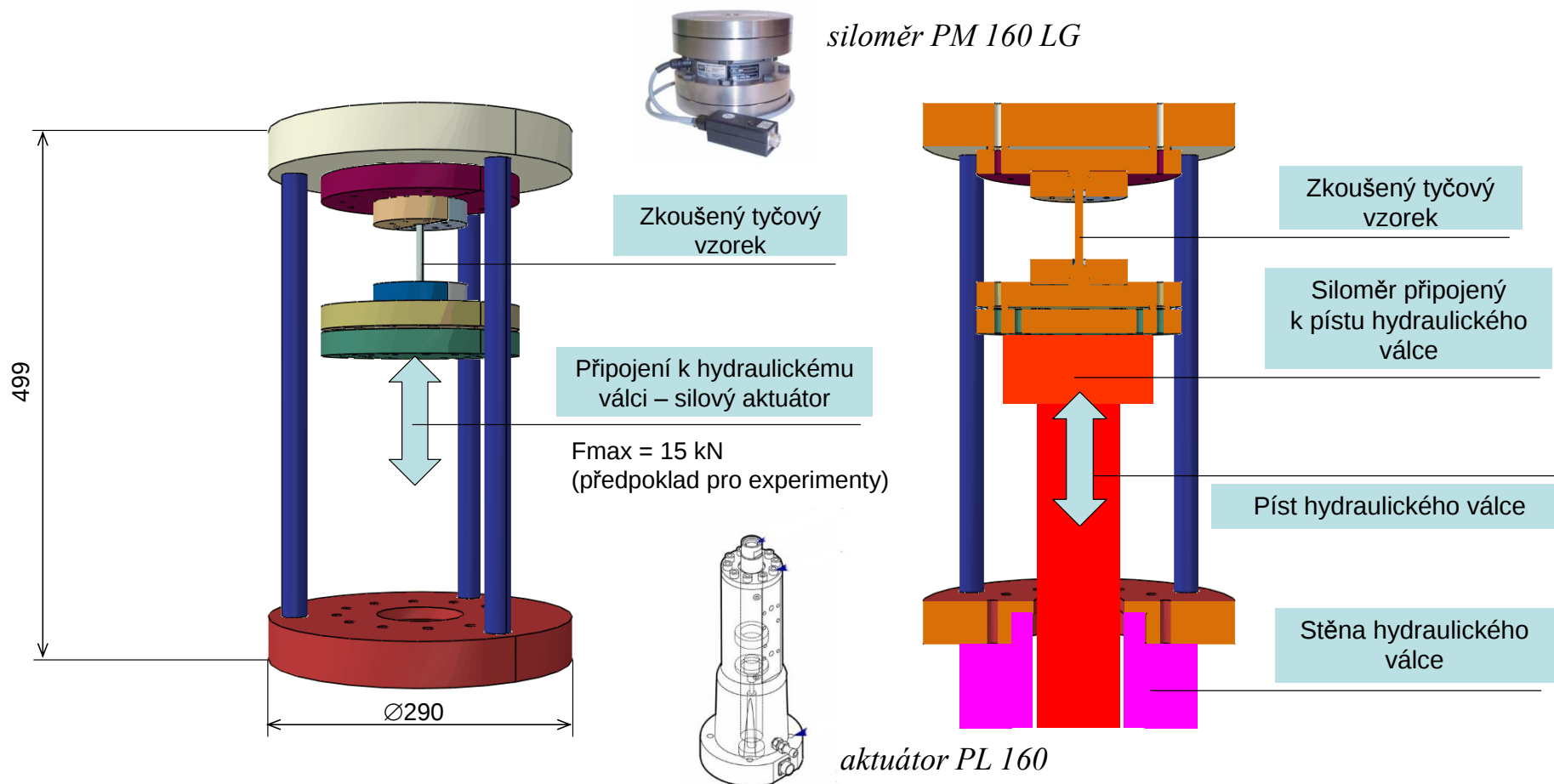
Regulace tlaku v hydraulickém válci analogové vstupy jsou síla na siloměru, tlak ve válci, posuv pístu, deformace na extenzometru výstupem je analogový signál pro řízení tlaku dle specifikace válce

Východiska

- Ohřev vzorku přímým průchodem el. proudu
- Mechanická deformace vyvozována hydraulickým válcem
- Oddělení el. obvodu pro ohřev od hydraulického válce keramickou izolací

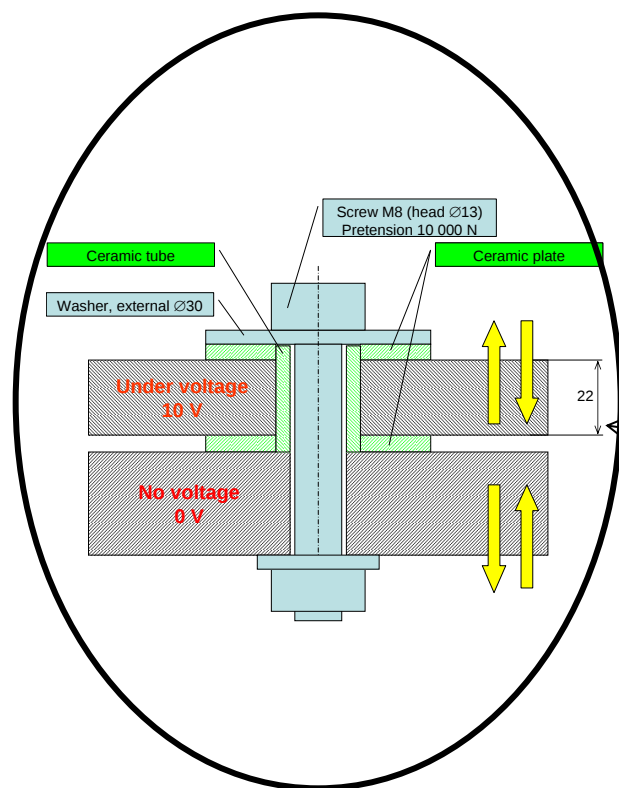
Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Konstrukce přípravku: Základní rozměry a funkční schéma

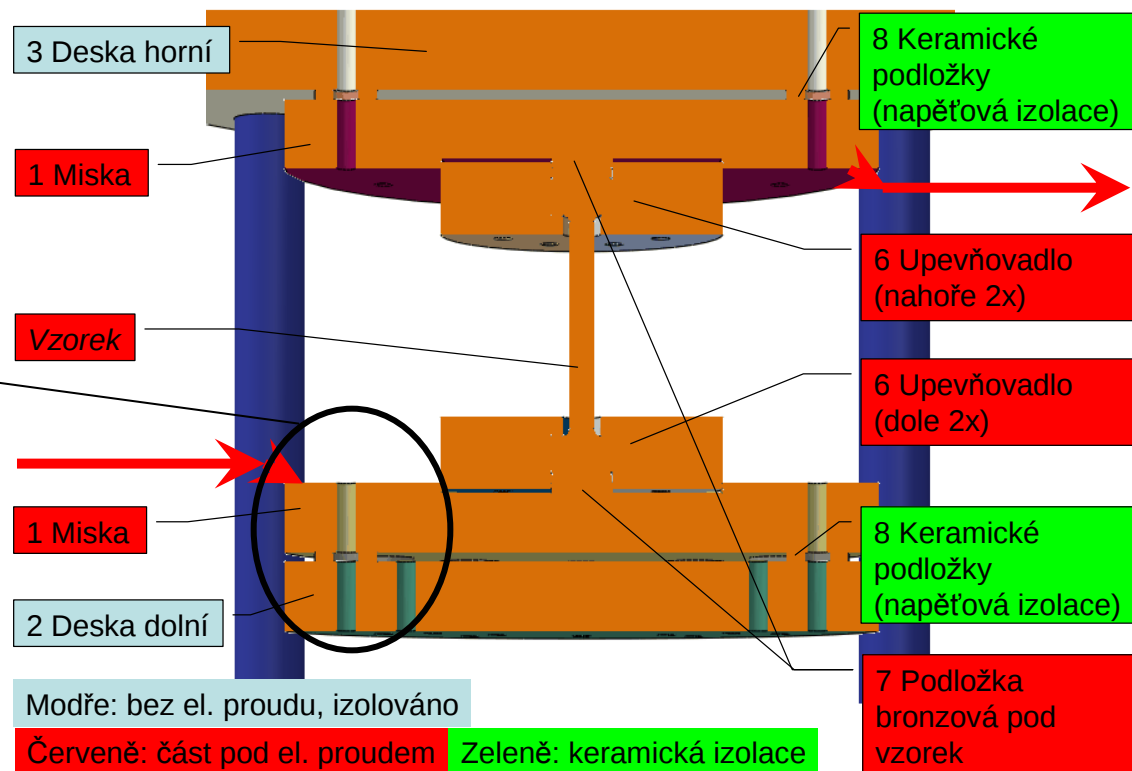


Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Konstrukce přípravku:

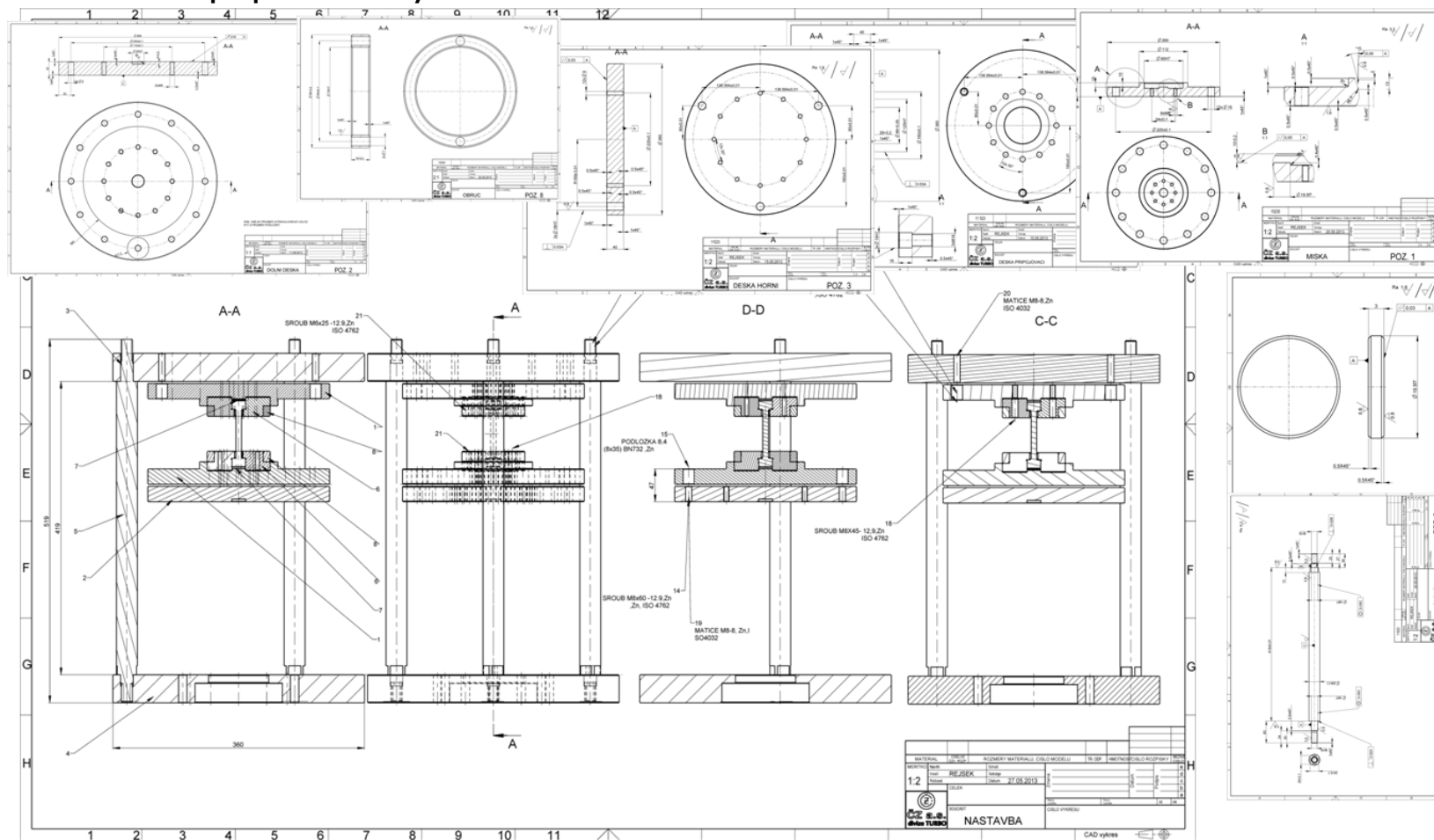


Části, kterými prochází el. proud



Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Konstrukce přípravku: Výkresová dokumentace



Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Příprava zkušebních vzorků



Výroba zkušebních vzorků pro zkoušky NCTMÚ

Materiál použitý pro výrobu vlastní zkušební tyčky je SiMo 4-06. chemické složení.

Formy: Jednotná formovací směs na bázi furanové pryskyřice.

Ke každé tavbě jsou zakládány seznamy chemických složení, která jsou výstupem z kvantometru TASMAN 4.

Materiálový list SiMo 4 - 06

KOUJEC
TPP 124-20-12-05/01
PF110ha 5. 7

Úvod: Tento materiálový list platí pro odlitky TURBINOVÉ SKŘÍŇE, KROUŽKY a TEPELNÉ ŠTÍTY odlévané v DSL ČZ Strakonice, a. s.

Název materiálu: SiMo 4 - 06

Chemické složení:

Prvek	C	Si	Mn	Cr	Mo	P	Cu
Obsah (%)	3-3,4	3,75 - 4,25	0,6 max	0,2 max	0,5 - 0,7	0,05 max	0,2 max

Mechanické vlastnosti: (Po tepelném zpracování)

Vzorky jsou odebrány z zkušebního kusu Y₁, odlitého a tepelně zpracovaného společně s odlitky.

R_m min. = 450 MPa

R_{p0,2} min. = 360 MPa

A₅ min. = 10%

Tvrdost HB na zkušebním Y₁ kusu : 180 - 250 HB

Struktura základní litiny: (Po tepelném zpracování)

Metalografické vyšetření a klasifikace dle ČSN 42 0461 (kovová matrice) a ČSN ISO 945 (tvar grafitu) vzorek se odebere z zkušebního kusu Y₁.

Grafit tvar = VI + V > 75 %

Obsah kardiátů = ≤ C 10

Obsah perlitu = P 0

Tepelné zpracování

Tepelné zpracování je předepsáno za účelem rozpouštění perlitu a kardiátů. Způsob tepelného zpracování volí DSL.

Strakonice dne 26. března 2001

Za ČZ Strakonice, a. s. divize Slévárna litiny
Ing. Hanzal, vedoucí TO div. Slévárna litiny

Za ČZ Strakonice, a. s. divize TURBO
Ing. Mach, vedoucí TO divize Turbo

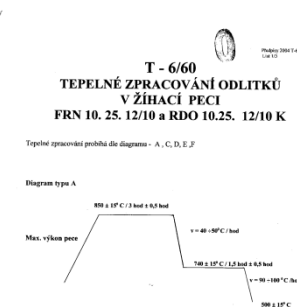
Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Příprava zkušebních vzorků

Vzorky jsou odlévány kampaňovitě s cílem vytěžit maximální počet odlitků z jedné dané tavby, ke které je následně odlit také kýlový blok pro účely trhací zkoušky.



Získané vzorky spolu s kýlovými bloky následně prochází tepelným zpracováním - feritizačním žíháním. Diagram zmiňovaného tep. Zpracování je na obrázku vpravo.



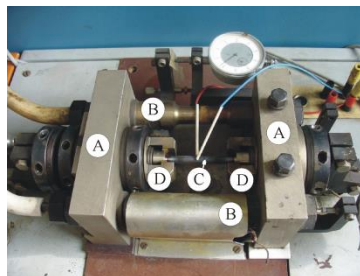
Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Postupy pro zpracování NCTMU

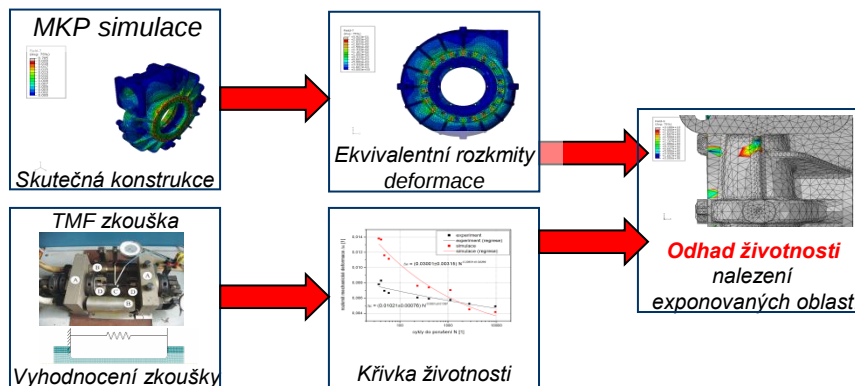
Nízkocyklová teplotně-mechanická únava je komplexní proces poškozování materiálu v podmínkách cyklické plastické deformace v oblastech vrubů způsobené kombinací cyklického mechanického zatěžování a cyklického ohřevu a ochlazování. V tomto procesu se uplatňují

- Klasická nízkocyklová únava (pohyb dislokací, vznik trhlin)
- Creep (tečení za vysokých teplot)
- Oxidace
- Fázové přeměny (rekrytalizace)

Model Manson-Coffinův (Coffinův zkušební stav)



- 60. léta 20. století
- Deformace a teplota mohou být buď jenom ve fázi nebo jenom v protifázi



Přínosy nové koncepce: Funkce **Coffinova stroje** je založena na vyvození deformace ohřevem stísněného vzorku a má významné limity (deformace a teplota mohou být buď jenom ve fázi nebo jenom v protifázi, pro daný rozkmit teploty lze docílit nejvýše několik rozkmitů deformace). Funkce stroje **nové koncepce** je založena na vyvození deformace hydraulickým válcem a nezávislým ohřevem přímým průchodem proudu. Cyklus deformace je v principu nezávislý na cyku ohřevu.

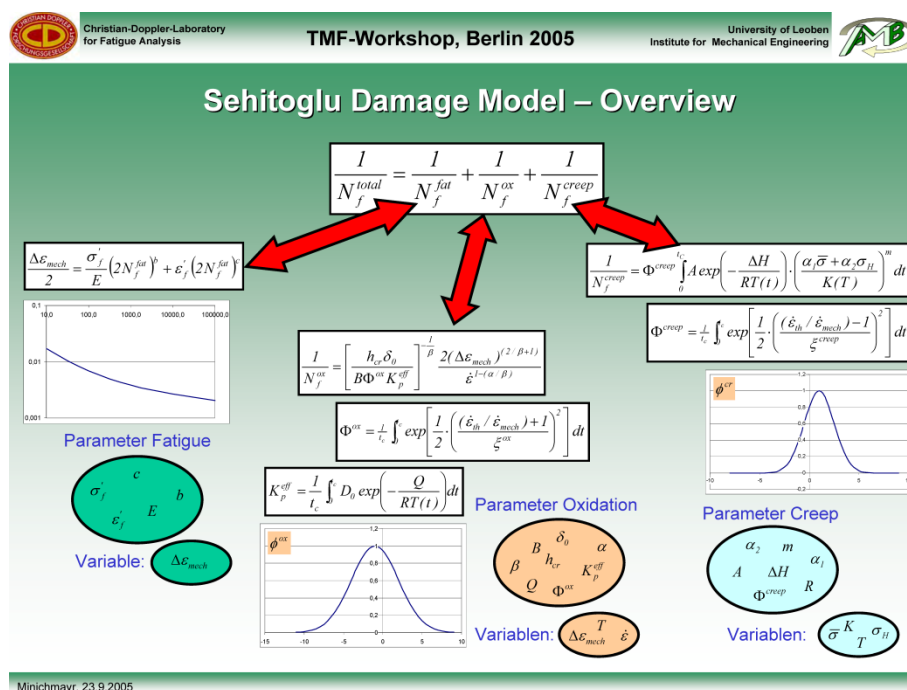
Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Postupy pro zpracování NCTMU

Nízkocyklová teplotně-mechanická únava je komplexní proces poškozování materiálu v podmínkách cyklické plastické deformace v oblastech vrubů způsobené kombinací cyklického mechanického zatěžování a cyklického ohřevu a ochlazování. V tomto procesu se uplatňují

- Klasická nízkocyklová únava (pohyb dislokací, vznik trhlin)
- Creep (tečení za vysokých teplot)
- Oxidace
- Fázové přeměny (rekrytalizace)

Model prof. Sehitoglu



Odděluje poškození NCÚ, oxidací a creepem a sumuje standardně dle PM. Původně vyvinutý pro speciální ocel, dnes implementován ve FEMFATu. Vyžaduje stanovení provozních hysterezních smyček napětí-deformace, rozkmity teplot (např. MKP)

Nevýhoda: Je nutno experimentálně identifikovat minimálně 20 parametrů

Vznikají typické mnohoznačnosti.

Popis obsahu balíčku Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Postupy pro zpracování NCTMU

Nízkocyklová teplotně-mechanická únava je komplexní proces poškozování materiálu v podmínkách cyklické plastické deformace v oblastech vrubů způsobené kombinací cyklického mechanického zatěžování a cyklického ohřevu a ochlazování. V tomto procesu se uplatňují

- Klasická nízkocyklová únava (pohyb dislokací, vznik trhlin)
- Creep (tečení za vysokých teplot)
- Oxidace
- Fázové přeměny (rekrytalizace)

Model dle Lublaňské školy (prof. Nagode)

Strojnickí věstník - Journal of Mechanical Engineering 57(2011)5, 371-378
DOI:10.5545/sv-jme.2010.108

Paper received: 06.05.2010
Paper accepted: 07.03.2011

Creep Damage Calculation for Thermo Mechanical Fatigue

Domen Šeruga* – Matija Fajdiga – Marko Nagode
University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Slovenia

Strojnickí věstník - Journal of Mechanical Engineering 57(2011)6, 485-494
DOI:10.5545/sv-jme.2010.212

Paper received: 07.10.2010
Paper accepted: 17.02.2011

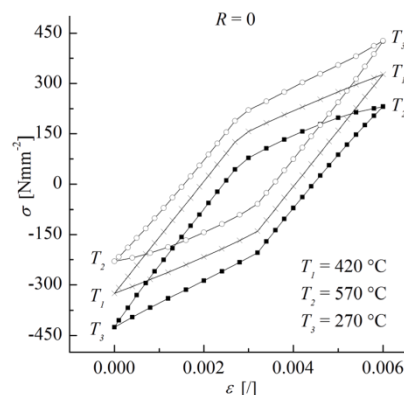


Fig. 4. Stabilized curves and temperature variation

Numerical Methods for TMF Cycle Modeling

Henrik Zateelj* – Gorazd Fajdiga – Marko Nagode
University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Slovenia

$$\varepsilon_{a,j}(t_i) = \max \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon(t_i) - q_j, \\ \min \{ \varepsilon(t_i) + q_j, \varepsilon_{a,j}(t_{i-1}) \} \end{array} \right\} \quad (15)$$

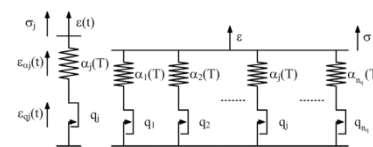
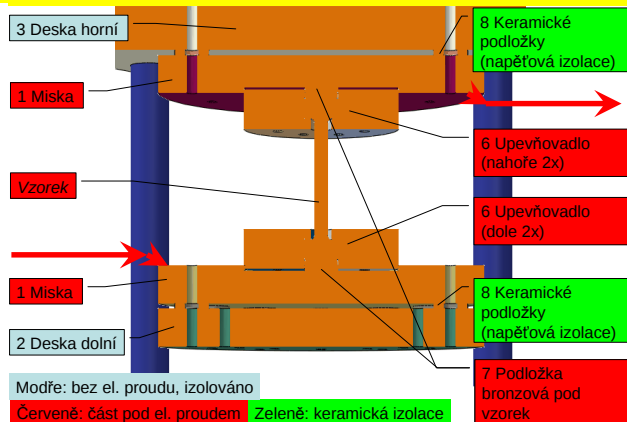


Fig. 5. Rheological spring-slider model [7]

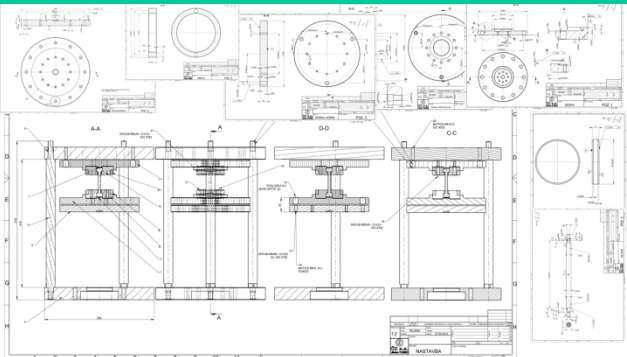
Odděluje poškození NCÚ a creepem, předpokládá, že oxidace je dostatečně postižena jak při identifikaci creepu, tak NCÚ. Vyvíjený na univesitě v Lublani a v LMS. Vyžaduje stanovení statické napjatosti a deformace při špičkových namáháních. Cyklické vlastnosti jsou stanoveny analyticky pomocí Prantlova modelu. **Jeví se jako nadějný model.**

Výťah z provedených prací na WP14 VaV znalostní databáze projektu Design Assistance SYstem - DASY

Návrh základních rozměrů, pevnostní kontrola zkušebního stroje NCTMÚ



Výkresová dokumentace a výroba dílů zkušebního stroje NCTMÚ

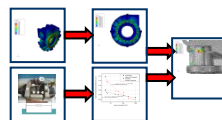


Návrh a výroba zkušebních vzrů pro zkoušky NCTMÚ



Rešerše nových postupů pro popis NCTMÚ

Manson-Coffin

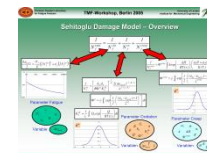


Standární přístup

- Jednoduchá identifikace
- Nepřilíš přesný, pracuje pouze s cyklickými zkouškami
- Výpočet hysterezních smyček

Použit

Neu/Sehitoglu

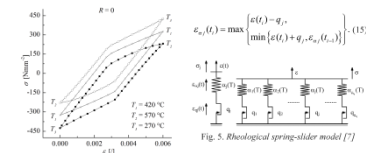


Sofistikovaný přístup

- Velmi komplikovaná identifikace, nejednoznačnost (20 parametrů)
- Výpočet hysterezních smyček

Nepoužit

LMS Nagode



Kompromisní přístup

- Identifikace NCÚ i creepu
- Semianalytické postupy
- Výpočet elasticko plastický

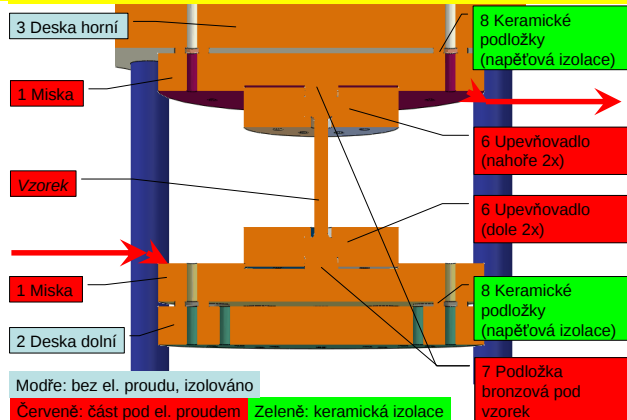
Testovat

ČVUT

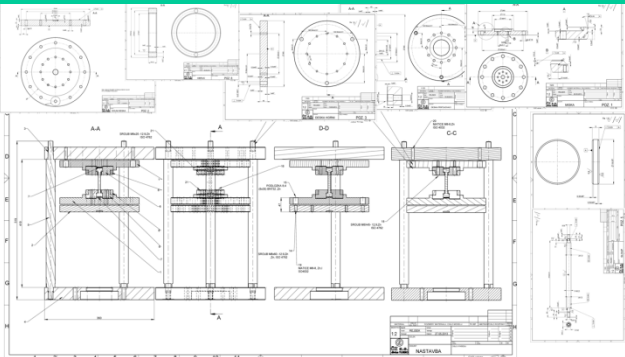
ČZ, a.s.

Abstract of WP14 Design Assistance SYstem - DASY

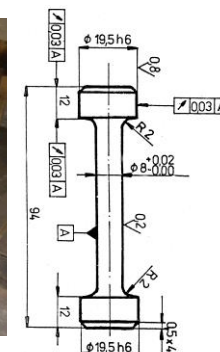
Basic dimensioning and strength of LCTMF testing setup



Technical documentation and manufacturing of LCTMF testing setup

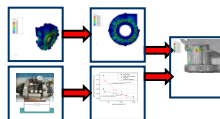


Design and manufacturing of LCTMF specimens



Nowadays approaches to description of low cycle thermo-mechanical fatigue LCTMF

Manson-Coffin



Standard approach

- Simple identification
- Not very precise, it uses cyclic tests only
- Hysteresis loops calculation needed

Usage suggested

Neu/Sehitoglu

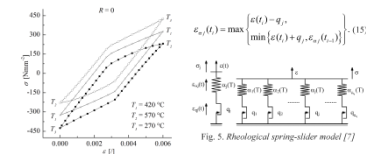


Sophisticated approach

- Extremely complex identification, no uniqueness (20 parameters)
- Hysteresis loops calculation needed

Not to use

LMS Nagode



Compromised approach

- Identification of both LCF and creep
- Semianalytical response
- Elastic plastic fields calculations only needed

For testing

ČVUT

ČZ, a.s.