

Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním 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..

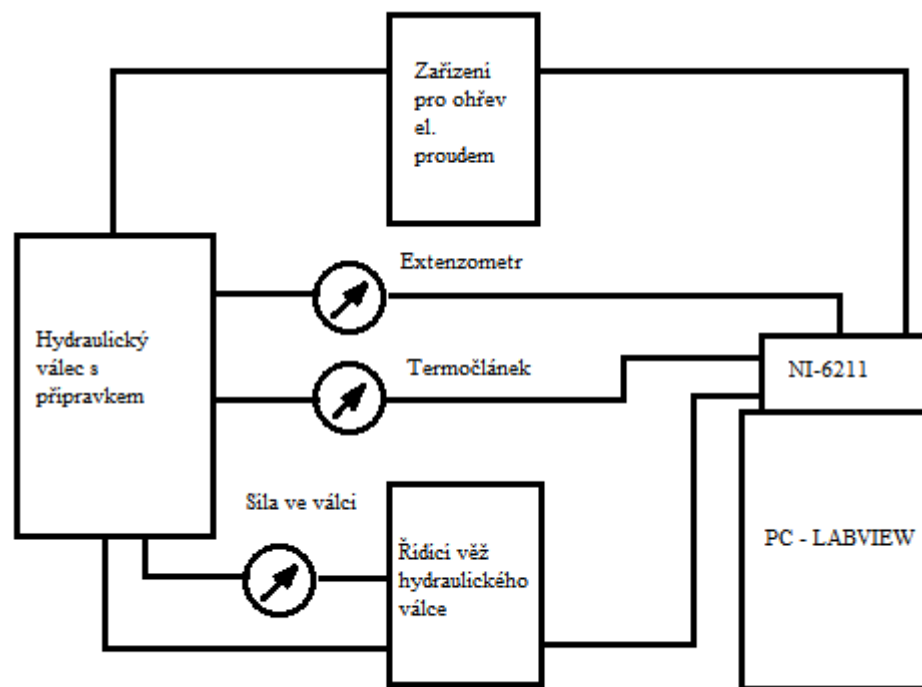
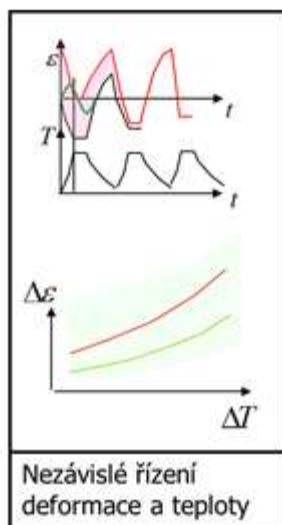
Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

-Zkoušky NCÚ

-Příprava výpočetního aparátu pro identifikaci parametrů NCTMÚ

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

Schéma zařízení



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



Zařízení pro termomechanické zkoušky v provozním stavu.

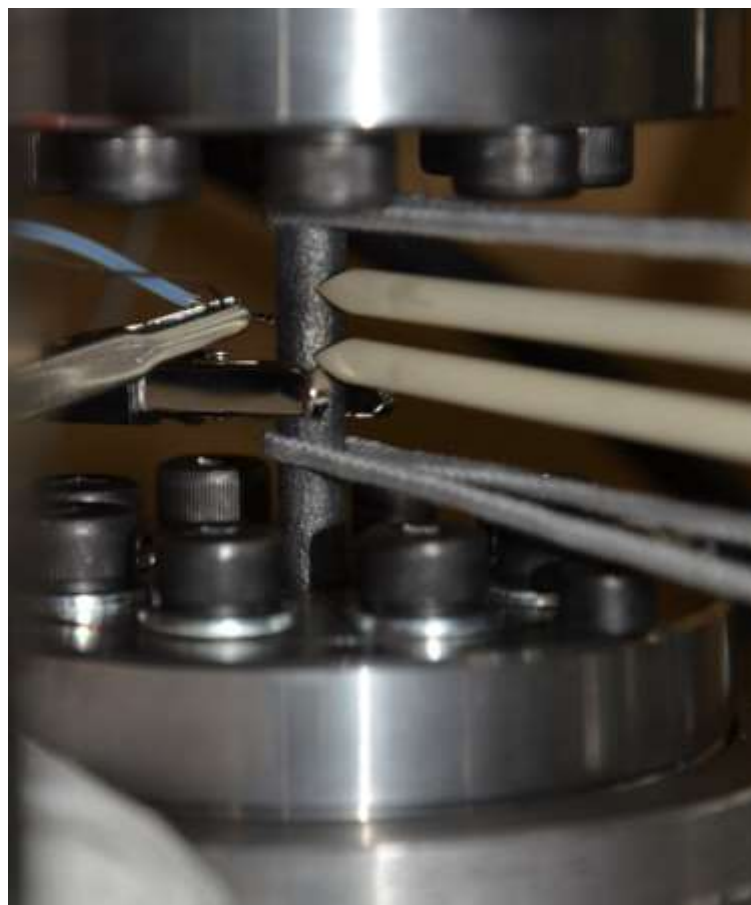
Deformace vyhodnocena extenzometrem.

Teplota měřena pomocí termočlánku, přivařeného k povrchu vzorku.

Ohřev vzorku zajištěn přímým průchodem el. proudu.

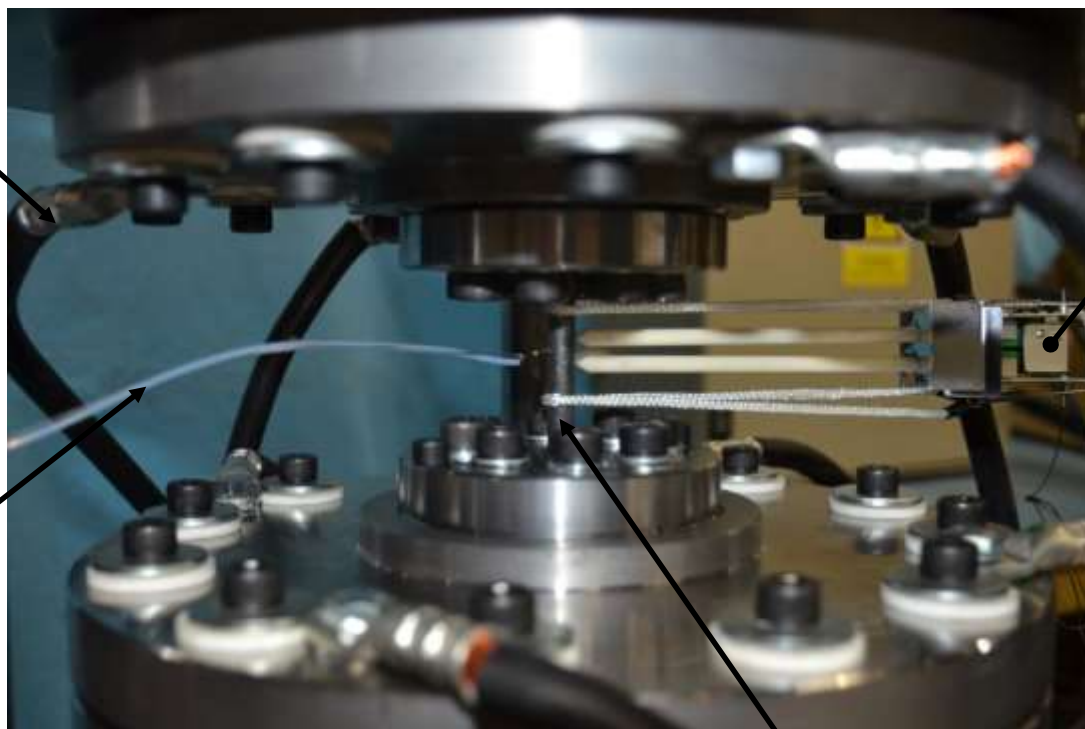
Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Fotografie dokumentuje
přivařování drátu
termočlanku k povrchu
zkoušeného vzorku.



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

Prívod elektrického proudu pro ohřev vzorku



Termočlánek

Extenzometr

Zkoušený vzorek

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

Pro vyhodnocení deformace je použit vysokoteplotní axiální extenzometr (do 1200°C). Model extenzometru je 3448-010M-020.

Extenzometr byl kalibrován pomocí dostupného mikrometru. Výstupním signálem je napětí (mV).



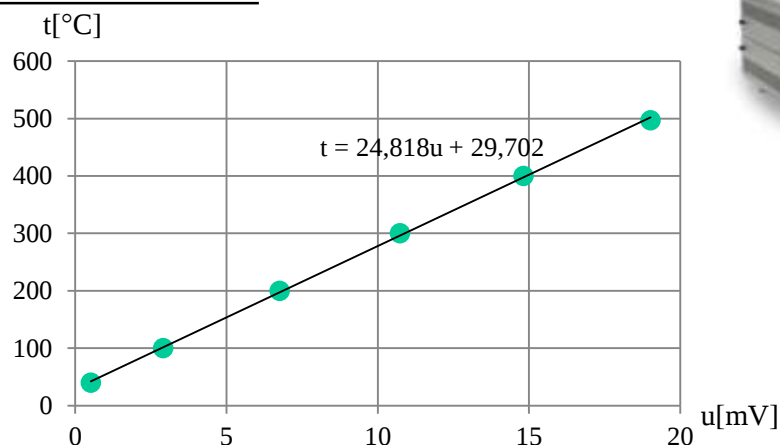
Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Termočlánek

- typ K (I.2573)
- Kalibrován v peci pomocí IR kalibrátoru (IR 550 Hart Scientific)
- Za referenční teploty $t_R = 28^\circ\text{C}$

Statická charakteristika termočlánu:

teplota [$^\circ\text{C}$]	napětí [mV]
40	0,51
100	2,91
200	6,76
300	10,73
400	14,82
497	19,02



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

Teplota

Vyhodnocení signálu z termočlánu, tj. aktuální teploty, je provedeno skrze měřicí kartu NI 6211 v prostředí softwaru LabView. Měřený signál (mV) je převeden podle statické charakteristiky na teplotu v ($^{\circ}\text{C}$).

Řízení požadované teploty je zpětnovazební. Řídícím signálem je napětí (V) generované na výstupu měřicí karty. Tímto napětím je řízen transformátor a tím pádem daná velikost el. proudu generována zařízením pro ohřev.

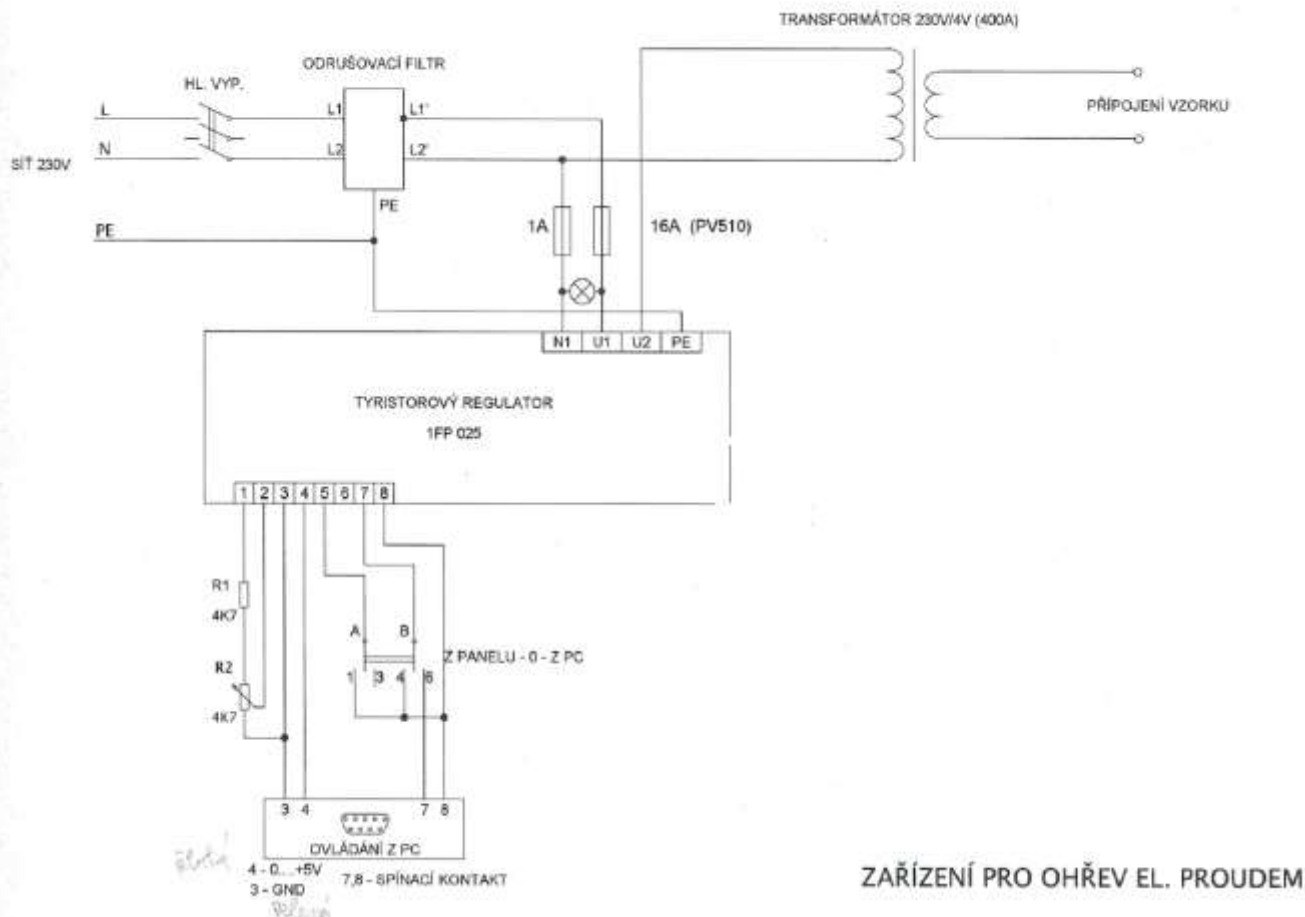
Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Kompenzace rušení signálu termočládku:

-je řešena softwarově pomocí dolnoproustného filtru v Labview a bloku pro výpočet střední hodnoty

-fyzicky pomocí těsného vinutí dvou drátů termočládku – elmg. vlnění má stejnou fázi v obou drátech termočládku, generované napětí je v obou drátech stejné – posléze tedy odečteno a výsledné gen. napětí mezi dráty je rovno nule

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



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

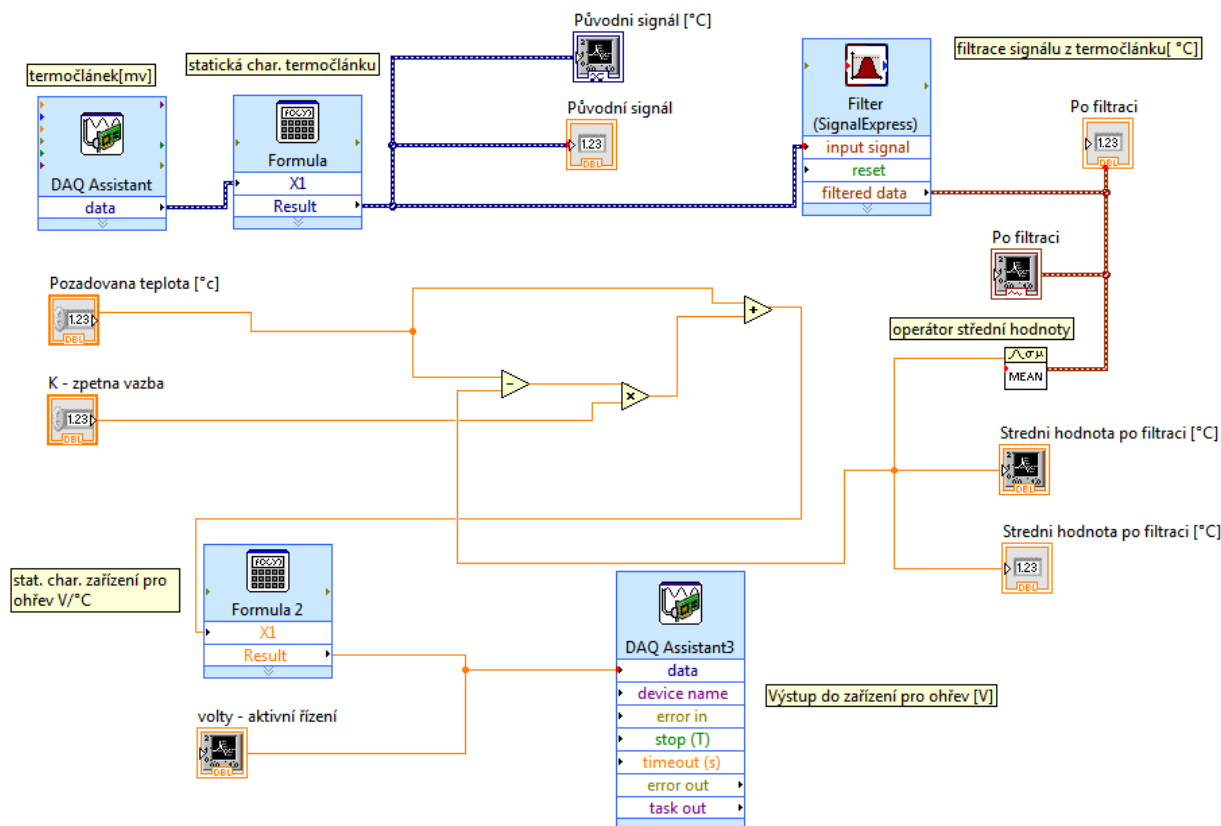
Deformace

Průběh deformace je snímán a zaznamenáván pomocí extenzometru.

Deformace je aktivně řízena generovaným signálem (V) z měřicí karty. Dle velikosti signálu je řízen posuv pístu válce v záporném, resp. kladném směru. Řízení je opět zpětnovazební.

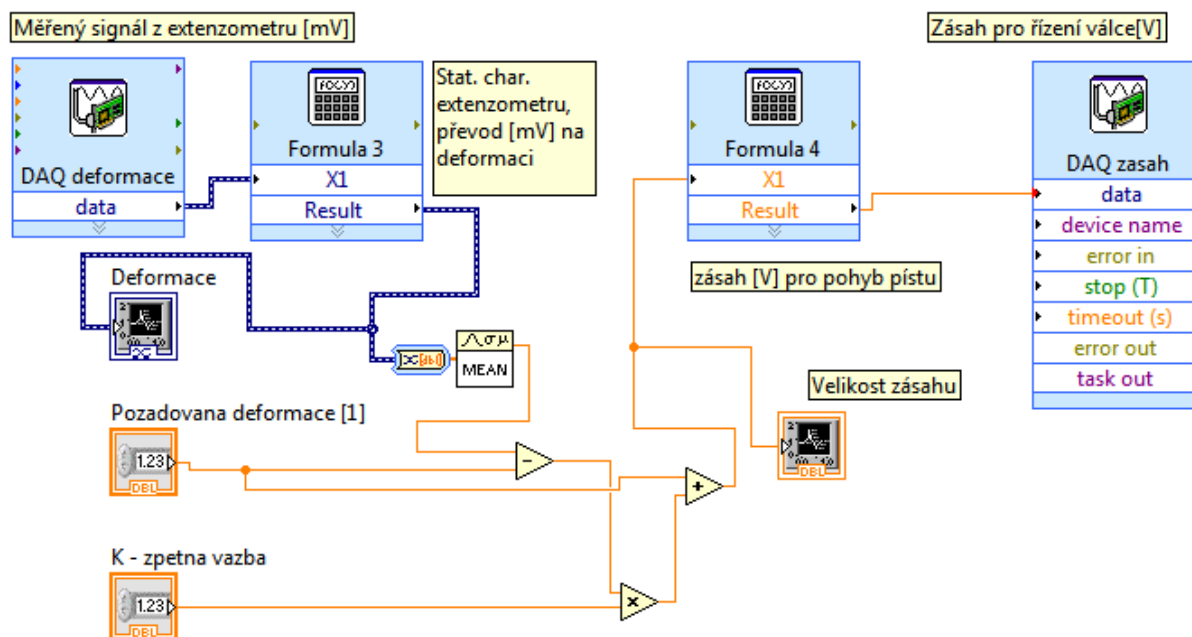
Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování.

Schéma programu pro aktivní řízení ohřevu vzorku v programu Labview



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

Řízení deformace vzorku v programu Labview



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

Pozn.:

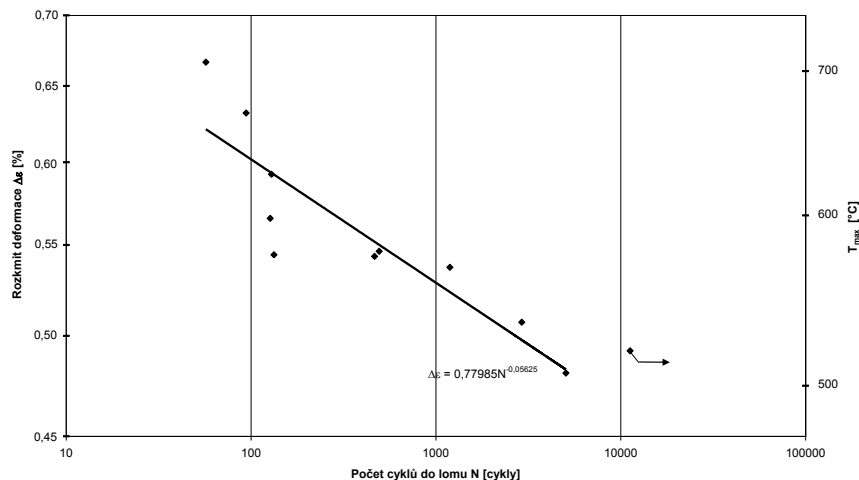
Pro automatické obecné cykly deformace/teplota je proveden import tabulky dat časové průběhu zmíněných veličin, respektive provedena vazba mezi deformací a teplotou.

Řízení, resp. rychlost zkoušek je omezena chladnutím vzorku na vzduchu. Jinak řečeno není možné aktivně řídit chladnutí vzorku.

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

Dílčí cíle a výstupy.

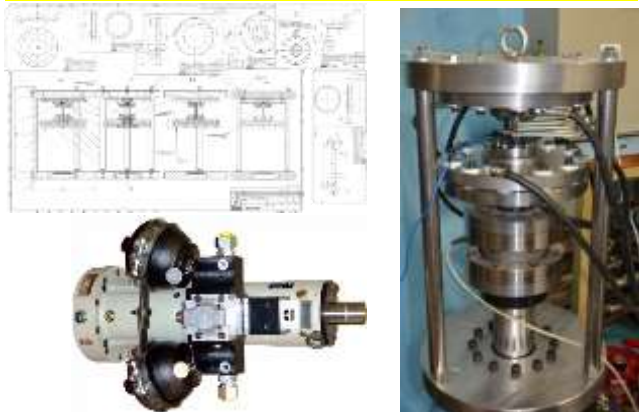
Materiálová data NCTMÚ při proměnné teplotě konstantní celkové deformaci, která poskytují parametry Coffinovy závislosti počtu cyklů do lomu na rozkmitu mechanické deformace.



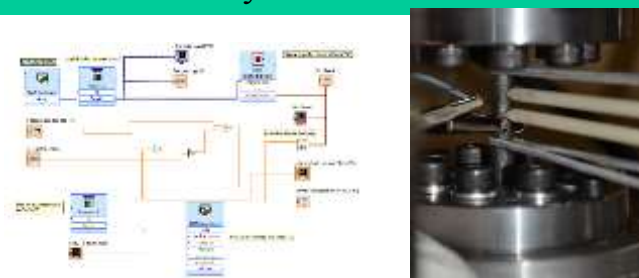
Další měření mapující počet cyklů do lomu při proměnné teplotě a na ní závislé proměnné celkové deformaci, která lépe odpovídají provozním podmínkám částí motorů se budou měřit v průběhu 2015

Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování. 2012 - 2014

Návrh základních rozměrů, pevnostní kontrola, sestavení a oživení zkušebního stroje NCTMÚ



Konstrukce a výroba dílů



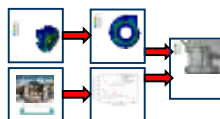
Základní programové vybavení v LabView

Návrh a výroba zkušebních vzrků pro zkoušky NCTMÚ



Rešerše nových postupů pro popis NCTMÚ

Manson-Coffin



Standární přístup

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

Použit

Neu/Sehitoglu

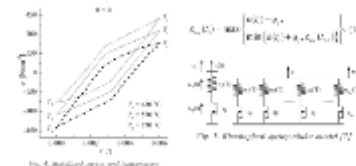


Sofistikovaný přístup

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

Nepoužit

LMS Nagode



Kompromisní přístup

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

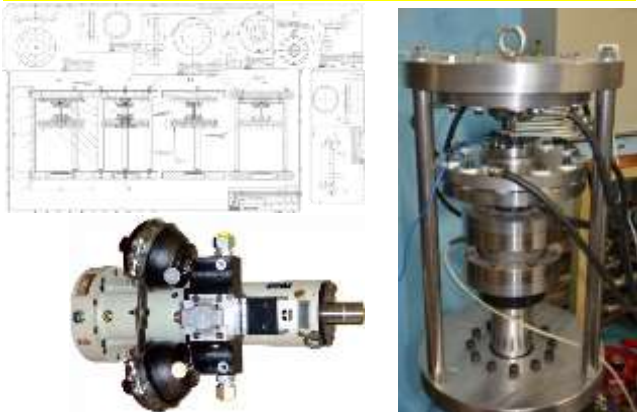
Testovat

ČVUT

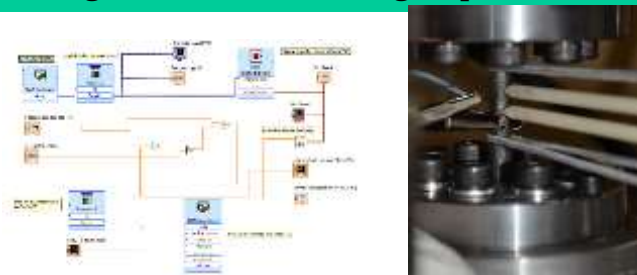
ČZ, a.s.

Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování. 2012 - 2014

Conceptual design, dimensioning, strength calculations, assembly and start of operation of LCTMF setup



Design and manufacturing of parts



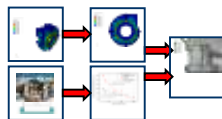
Programing of controll via Lab View

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

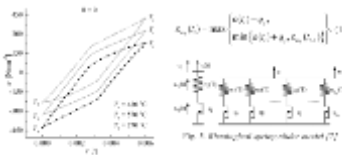


Sophisticated approach

- 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.

Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování. 2014

Sestavení, oživení a uvedení do provozu zkušebního stroje NCTMÚ

Přístroj elektrického proudu pro aktivaci vzorku



Termočlánek

Zkoušený vzorek



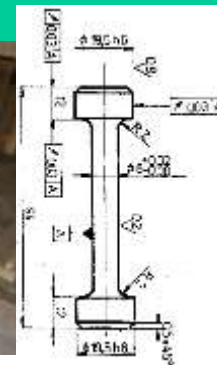
Kalibrace extenzometru a termočládků



Základní programové vybavení v LabView

Výroba zkušebních vzorků pro zkoušky NCTMÚ

Odlití a obrobení cca 100 zkušebních vzorků



Rešerše nových postupů pro popis NCTMÚ

Neu/Sehitoglu

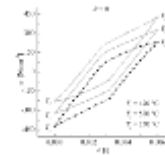


Sofistikovaný přístup

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

Nepoužít

LMS Nagode



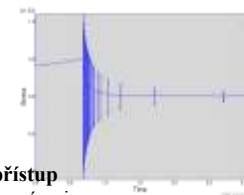
Kompromisní přístup

- Identifikace NCTÚ i creepu
- Semianalytické postupy
- Výpočet pouze elastický

Testovat

LMS Nagode

Abaqus, Direct cyclic



Kompromisní přístup

- NCTÚ popsána v rámci mechaniky poškození
- Numerický postup
- Výpočet elasticko-plastický

Testovat

ČVUT

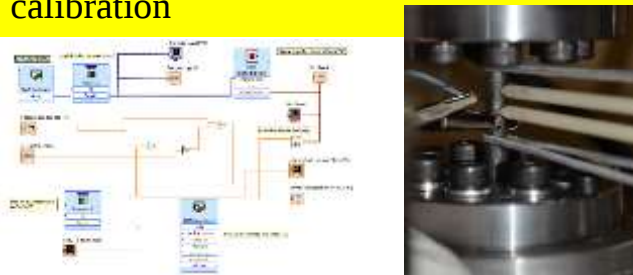
ČZ, a.s.

Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování. Vývoj pokročilých metod hodnocení nízkocyklové únavy při teplotním zatěžování. Abstract 2014

Assembly and operation of LCTMF setup



Extensometer and thermocouples calibration



Programing of controll via Lab View

Design and manyufacturing of LCTMF specimens Casting and machining of about 100 specimens



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

Neu/Sehitoglu

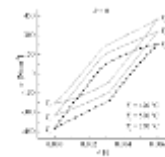


Sophisticated approach

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

Not to use

LMS Nagode

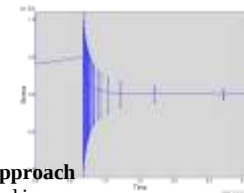


Compromised approach

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

For testing

Abaqus, Direct cyclic



Compromised approach

- LCTMF described in frame of continuum damage
- Pure numeric approach Elastic-plastic fields calculations needed

For Testing

ČVUT

ČZ, a.s.