



ZVONÍČKOVA NADACE

Fakulta strojní ČVUT v Praze

30. ročník soutěže o nejlepší diplomové práce
magisterských studijních programů Fakulty strojní ČVUT v Praze
obhájené v období únor a září 2024

Přehled oceněných prací

tématická skupina: Konstrukce a technologie



Ing. Vojtěch Boháč

Návrh upínacího úhelníku pro velká horizontální obráběcí centra

Vedoucí práce: Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.

Pracoviště: Ústav výrobních strojů a zařízení

Motivace práce:

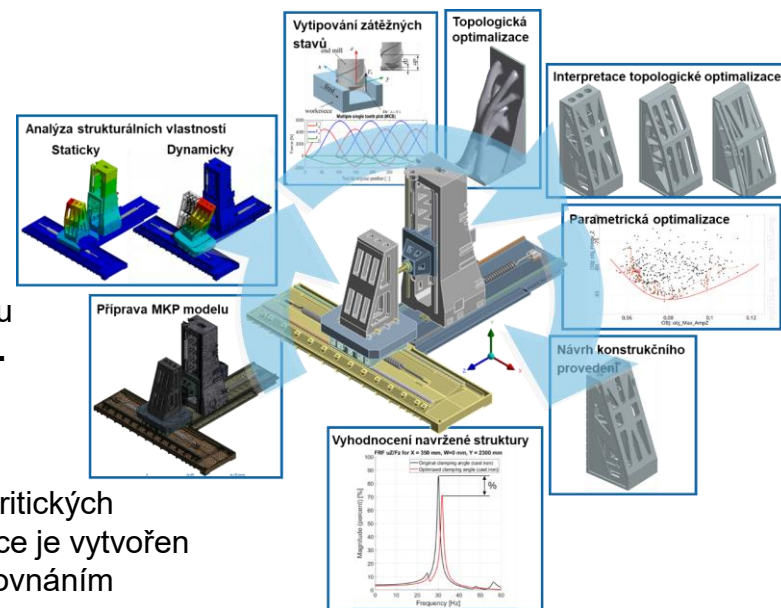
Upínací úhelníky jsou klíčovou součástí velkých horizontálních obráběcích center, avšak jejich stávající konstrukce často představuje **kritický prvek** v soustavě stroje z hlediska **využitelného výkonu** na vřetení, a to zejména při vyvrtávacích operacích, kdy dochází ke vzniku **samobuzeného kmitání**.

Cíle práce:

Cílem diplomové práce je **navrhnout optimalizovanou strukturu** upínacího úhelníku pro dosažení **nižší statické a dynamické poddajnosti**, při **minimalizaci hmotnosti**.

Metodika:

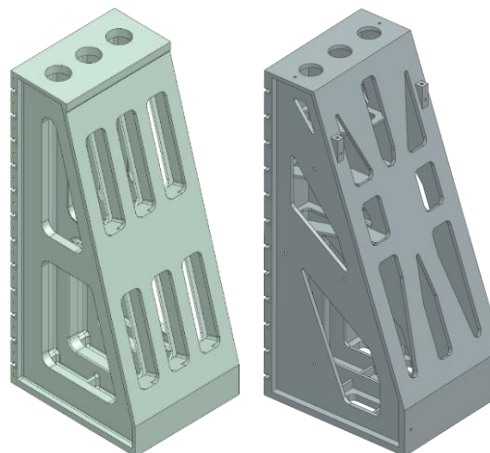
Cíl práce je dosažen vytvořením **MKP modelu celého stroje**, analýzou **statických a dynamických vlastností** struktury stroje mezi obrobkem a nástrojem, identifikací kritických dynamických poddajností a pomocí postupů **topologické** a **parametrické** optimalizace je vytvořen návrh **optimalizované** konstrukce upínacího úhelníku. Výsledky jsou hodnoceny porovnáním statických a dynamických vlastností původní a optimalizované struktury.



Metodika přístupu k řešení

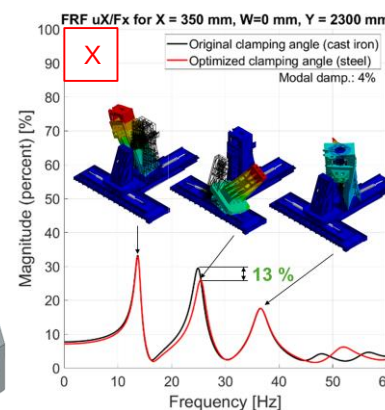
Výsledky práce:

- Snížení hmotnosti úhelníku o 3 %.
- Zvýšení statické tuhosti až o 8 %.
- Snížení dynamické poddajnosti až o 27 %.
- Celkově optimalizace vede k **vyvážení dynamických vlastností** mezi úhelníkem a stojanem stroje, což zlepšuje celkovou **stabilitu soustavy**.
- Výsledky potvrzují, že je možné zlepšit mechanické vlastnosti při snížení hmotnosti, což přináší nejen **zvýšení výkonnosti stroje**, ale také snížení nákladů na výrobu.

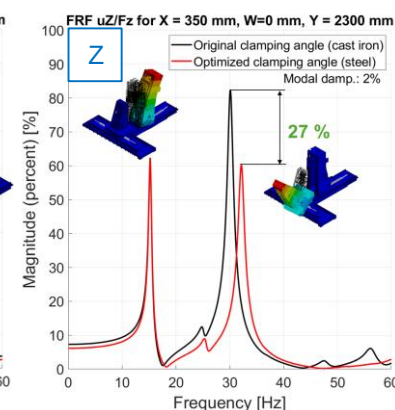


Původní úhelníku

Optimalizovaný úhelník



FRF úhelník – stojan ve směru osy X



FRF úhelník – stojan ve směru osy Z

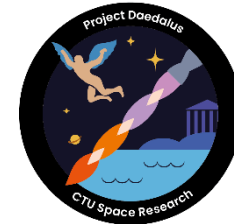


Ing. Daniel Hořejší

Návrh injektoru pro raketový kapalinový motor na studentskou raketu

Vedoucí práce: Ing. Jaromír Kučera

Pracoviště: Ústav letadlové techniky

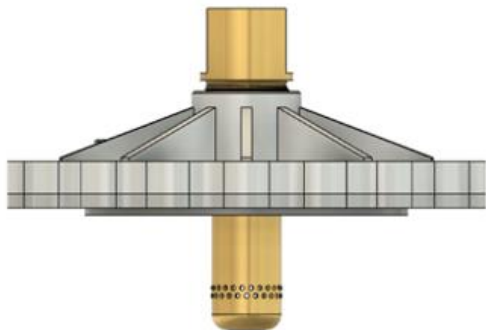


Cíl práce:

Návrh, výroba a ověření vlastností vstřikovače raketového motoru pro tým CTU Space Research na soutěž EuRoC

Návrh vstřikovače:

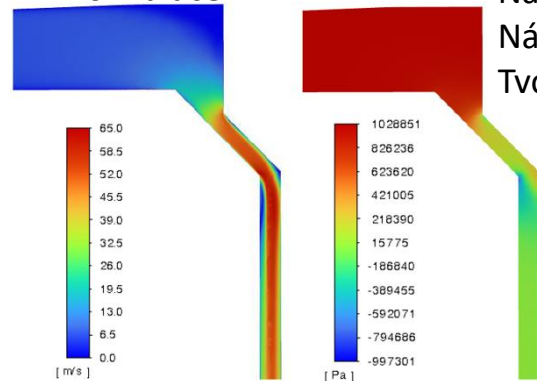
Rešerše používaných konceptů
Multikriteriální analýza
Výpočet provozních parametrů
Volba materiálů
Tvorba CAD modelu
Ověření provozních parametrů
CFD analýzou



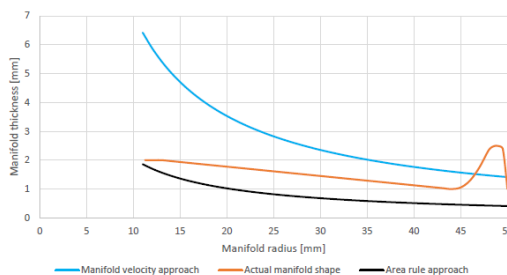
Obr. 1: CAD model injektoru

Pevnostní ověření:

Analytické výpočty
Ověření výpočetními programy
Použití postupů dle ECSS
MKP simulace



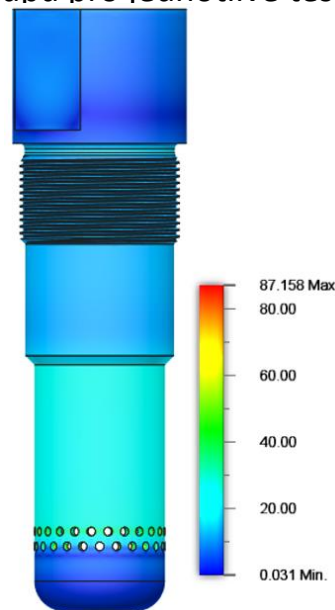
Obr. 2: CFD simulace vstřiku paliva



Obr. 3: Návrh kontury rozvodů paliva

Návrh testovací báze:

Určení snímaných veličin
Volba druhu a umístění senzorů
Návrh potřebných testů
Návrh přípravků pro testování
Návrh požadavků na testovací zařízení
Tvorba postupů pro jednotlivé testy



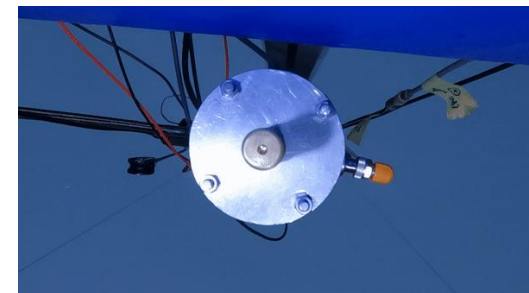
Obr. 4: MKP analýza pintlu

Navazující práce:

Výroba prototypu
Provedení navržených testů
Další optimalizace návrhu



Obr. 5: Výroba hlavy motoru



Obr. 6: Test vstřiku oxidličovadla

Závěr:

V rámci práce vznikl funkční prototyp unikátního vstřikovače, který bude použit v rámci vývoje studentské rakety na soutěž EuRoC. Zvolený postup bude použit jako předloha pro budoucí návrhy vstřikovačů pro raketové motory v rámci týmu.



Ing. Pavel Růžička

Analýza rotoru multikoptéry při nízkém Reynoldsově čísle

Vedoucí práce: Ing. Klesa Jan Ph.D.

Pracoviště: Ústav letadlové techniky

Motivace práce: Multikoptéry nabývají na významu díky své schopnosti plnit různorodé úkoly napříč širokým spektrem aplikací. Klíčovým prvkem jejich konstrukce jsou rotory, jejichž aerodynamika je charakterizována nízkými Reynoldsovými čísly. Aerodynamika při nízkých Reynoldsových číslech je problematická a doposud málo prozkoumaná, což vytváří výzvy i příležitosti pro další výzkum a vývoj.

Aerodynamická analýza:

- Návrh 7 různých geometrií rotoru pomocí výpočetního skriptu v programu MATLAB (využití Teorie izolovaného elementu listu - BEMT)
- CFD simulace rotorů pomocí programu Ansys Fluent – multikoptéra ve visu
- Porovnání výsledků z CFD simulací a výpočetního skriptu (teorie BEMT)
- Modifikace výpočetního skriptu dle výsledků z CFD simulací – výrazné zvýšení jeho přesnosti budoucích návrhů geometrie rotoru

Optimalizace geometrie rotoru:

- Optimalizace geometrie rotorů za účelem snížení kroutícího momentu při zachování tahu
- Aplikace Lagrangeových multiplikátorů a Newtonovy metody
- Implementace optimalizačního procesu do programu MATLAB
- Optimalizované geometrie podrobeny CFD simulacím

Pevnostní analýza:

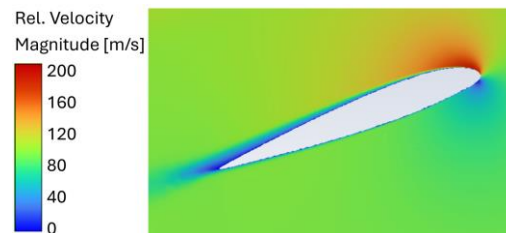
- Pevnostní kontrola rotorů pomocí programu Abaqus
- Nutná pevnostní modifikace – zvětšení tloušťky u kořene listu

3D tisk a experimentální měření:

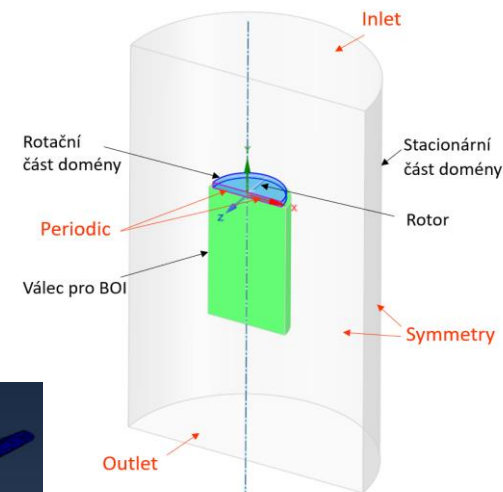
- 3D tisku rotorů pomocí metody Multi Jet Fusion
- Experimentální měření za účelem ověření výsledků z CFD simulací
- 5 rotorů

Závěr a přínos diplomové práce:

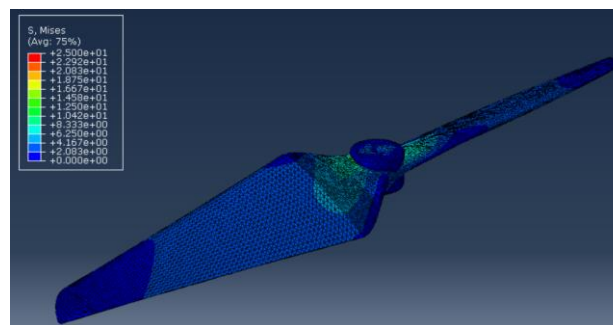
- Popis aerodynamiky rotorů při nízkých Reynoldsových číslech
- Multidisciplinární návrh a optimalizace rotoru multikoptéry pro daný návrhový režim
- 3D tištěné rotory – alternativa k rotorům dostupným na trhu
- Práce otevírá možnosti komerčního využití



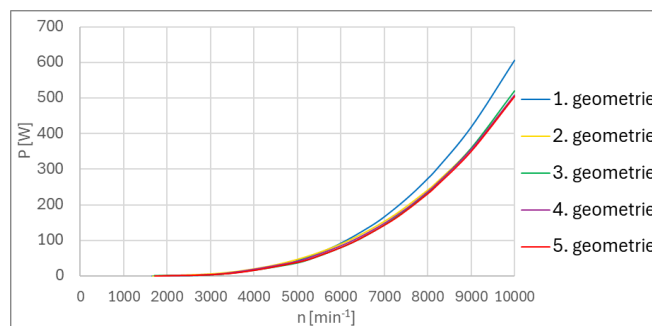
obr. 1: Řez v 75 % poloměru rotoru – rychlostní pole



obr. 2: Numerická simulace rotoru multikoptéry - výpočetní doména



obr. 3: Pevnostní analýza rotoru



graf. 1: Experimentální měření – výkonová křivka rotorů



obr. 5: Experimentální měření rotoru



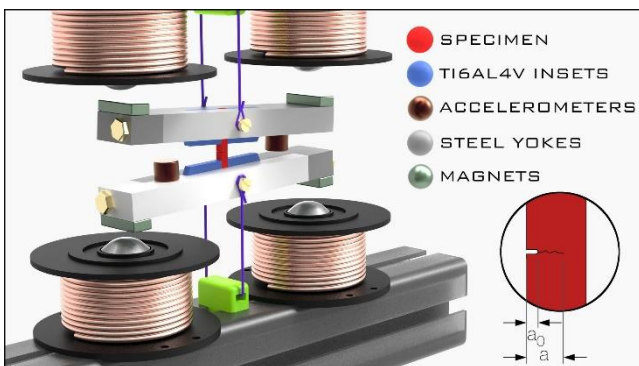
Ing. Filip Wick

Vliv granulometrie prášku na mechanické a únavové vlastnosti Al aditivně naneseného nadzvukovou kinetizací

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Čížek, Ph.D.

Pracoviště: Ústav materiálového inženýrství

Abstrakt: Technologie cold spray additive manufacturing (CSAM) disponuje značným potenciálem pro výrobu funkčních leteckých komponent, a to řádově rychleji a levněji než laserové AM metody. Zcela unikátní materiály, které CSAM produkuje, nebyly doposud charakterizovány z pohledu chování v mezních stavech, tj. na samých hranicích jejich mechanických vlastností. Cílem práce bylo poprvé charakterizovat lomově-mechanické a únavové vlastnosti CSAM Al depozitů a dále studovat vliv velikosti částic vstupního prášku na tyto charakteristiky.

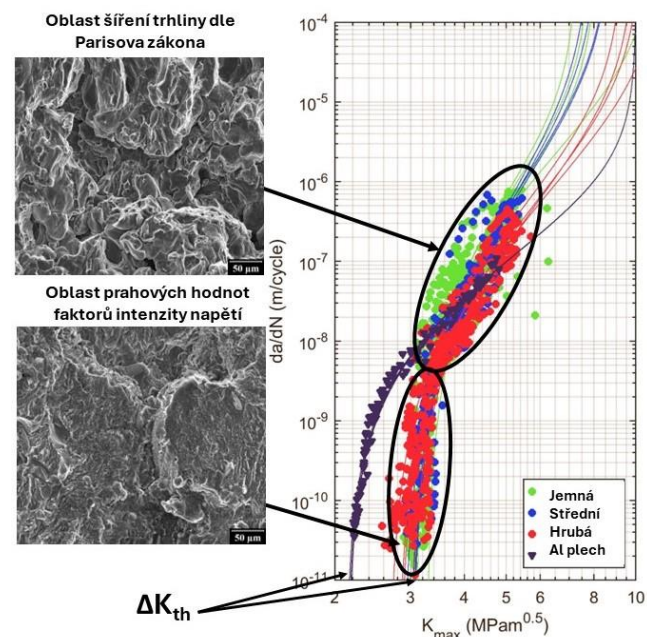


3D schéma testovacího zařízení vyvinutého na ČVUT.

Metodika: Pro účely testování musela být vyvinuta speciální metodika. Z připravených depozitů Al byla vyřezána miniaturní zkušební tělesa o rozměrech 32×4×3 mm a dále testována:

- tříbodovým ohybem (lomová houževnatost K_{IC})
- čtyřbodovým ohybem (mez pevnosti R_m , mez kluzu $R_{p0.2}$, tažnost A , modul pružnosti E)
- rychlost šíření únavových trhlin na vyvinutém dedikovaném zařízení

Frakce vstupního prášku	E (MPa)	A (%)	$R_{p0.2}$ (MPa)	R_m (MPa)	K_{IC} (MPa·m ^{0.5})
Jemná	72±2	1.0±0.2	175±6	190±6	7.98±1.18
Střední	71±4	0.8±0.1	159±8	169±10	8.47±0.60
Hrubá	73±3	0.9±0.2	153±3	166±3	10.41±0.94



Křivky únavového šíření trhliny, včetně fraktografických snímků

Nejdůležitější výsledky experimentu:

- Materiály CSAM se chovají velice specificky, značně odlišně od metalurgických protějšků
- Mez kluzu a pevnosti jsou závislé na velikosti původního prášku, naopak na modul pružnosti a tažnost velikost částic vliv nemá
- Nejvyšší hodnoty lomových houževnatostí vykazují vzorky z hrubé frakce prášku
- Únavová trhlina se v CSAM hliníku šíří rychleji než u konvenčně zpracovaného hliníku (válcovaný za studena). Mód šíření závisí na intenzitě zatěžování.



Ing. Peter Praženica

Strukturní analýza slitiny TiNbCr vhodné pro skladování vodíku v pevné fázi

Vedoucí práce: Ing. Pavlína Hájková, Ph.D.

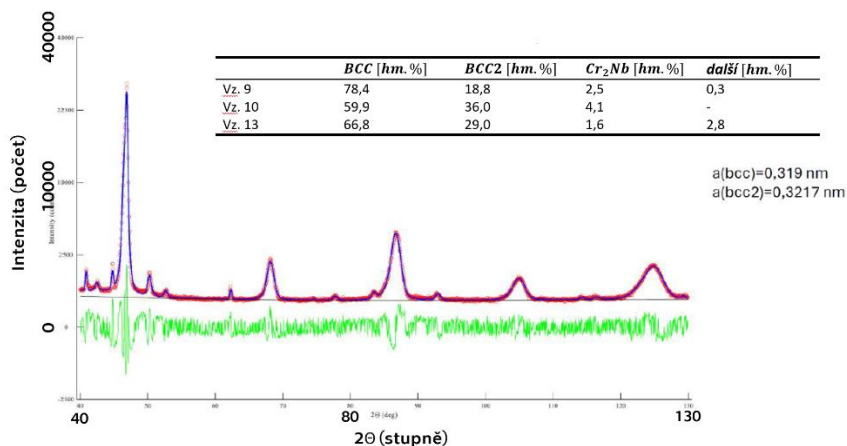
Pracoviště: Ústav materiálového inženýrství

Motivace práce: Pro snížení dopadů na životní prostředí je klíčové využívat čisté zdroje energie a akumulovat přebytečnou energii z obnovitelných zdrojů do bezpečných a rychle přeměnitelných skladovacích systémů. Vodík, ukládaný prostřednictvím chemických vazeb ve formě hydridů, je vhodným prostředkem pro tuto akumulaci.

Cíle práce: Optimalizace parametrů tisku atomizované slitiny na základě Hume-Rotheryho pravidel a termodynamických parametrů. Potlačení segregace a studených spojů, řízení rychlosti tuhnutí a dosažení BCC struktury.

Provedeno na vzorcích:

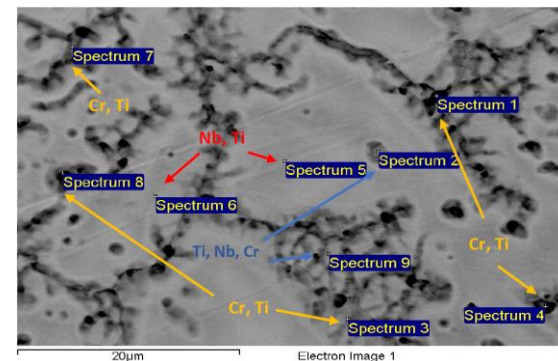
- makro a mikrostrukturní analýza pomocí světelného mikroskopu
- fázová RTG analýza
- analýza chemického složení (SEM+EDSX)
- zjištění redukovaného modulu pružnosti pomocí nanoindentace



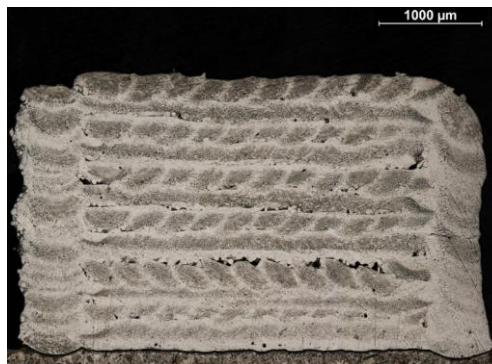
Výsledky RTG fázové analýzy

Přínos práce:

- Implementace výpočetního modelu pro ověření vhodnosti slitin ke skladování vodíku
- odladění parametrů pro tisk vzorků metodou DED
- validace teoreticky určených vlastností se vzorky
- doporučení pro další výzkum - snížení křehkosti vzorků a modifikace složení slitiny



Bodová chemická analýza vzorku



Na obr. vlevo lze pozorovat nedostatečné natavení vrstev, na obr. vpravo bylo úpravou parametrů dosaženo dobrého přetavení ale zatím nebylo dosaženo tvarové stability



Ing. David Stárek

Ověření citlivosti ultrazvukové kontroly bodových odporových svarů

Vedoucí práce: doc. Ing. Marie Kolaříková, Ph.D.

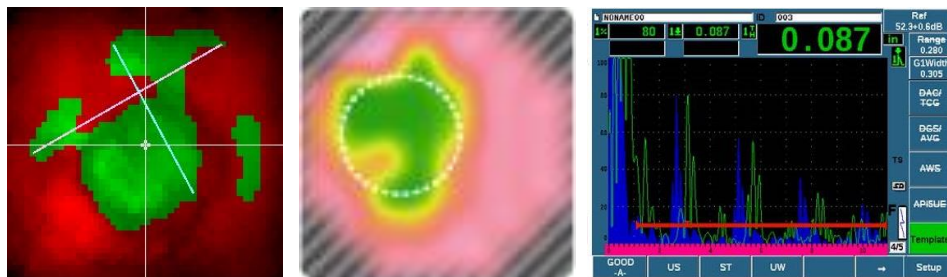
Pracoviště: Ústav strojírenské technologie

Motivace a cíle práce

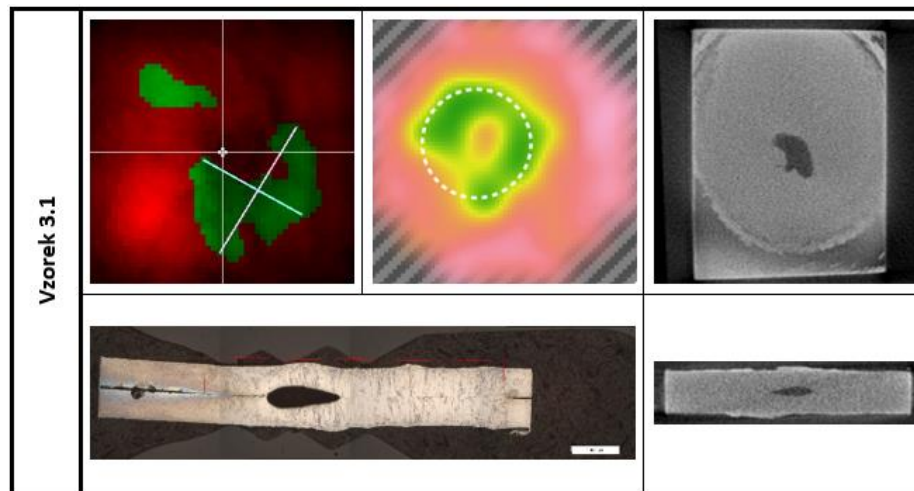
Ultrazvuková zkouška je jednou z nejpoužívanějších metod nedestruktivní kontroly bodových odporových svarů v průmyslu, proto bylo cílem porovnat metody ultrazvukové kontroly mezi sebou a ověřit výsledky pomocí počítačové tomografie. Byla zhodnocena citlivost jednotlivých metod na základě přesnosti získaných výsledků.

Popis experimentu:

Pro ověření citlivosti ultrazvukové kontroly byl svařen reálný svařenec z průmyslu a 5 sad laboratorně svařených vzorků, kde každá sada byla svařena různou kombinací svařovacích parametrů a opotřebením svařovacích hrotů elektrod s cílem vyrobit svary různé kvality, od optimálních svarů po svary obsahující konkrétní typy vad. Ultrazvuková zkouška byla provedena třemi zařízeními: plně automaticky C-scanem, poloautomaticky C-scanem a manuálně A-scanem. Pro ověření obsahu vad, přeměření průměrů svarových čoček a tloušťek svarů byla použita počítačová tomografie, ruční měření posuvným měřítkem po oddělení plechů sekáčovou zkouškou a metalografická zkouška.



Použité metody ultrazvukové kontroly



Výsledky zkoušek svaru obsahující dutinu

Závěr:

Ultrazvuk se prokázal jako velmi efektivní nástroj pro měření tloušťky svaru, bohužel při vyhodnocení průměrů svarových čoček se značně prokázal zásadní vliv způsobu vyhodnocování softwarů UT zařízení. Vady v podobě dutin byly ultrazvukem odhaleny, ale povrchová trhlinka už bohužel ne. Jako nejcitlivější metoda pro odhalení vady studeného spoje se osvědčila technika A-scan, která ale zcela závisí na zkušenostech obsluhy. U plně automatického zařízení využívajícího techniku C-scan byly porovnány dvě nastavení přístroje, kde se jako přesnější potvrdilo nastavení pro vysokopevnostní oceli. Pro získání lepších výsledků a efektivity ultrazvukové kontroly je potřeba se zaměřit na větší odladění a vývoj ultrazvukových metod.

Tematická skupina:

Konstrukce a technologie

cena prof. Jana Zvoníčka

Prof. Zvoníček byl všestranně technicky nadaný. Od roku 1912 až do své smrti se věnoval vědecké činnosti a současně působil jako pedagog na Českém vysokém učení technickém v Praze. V letech 1919 - 1920 byl děkanem fakulty a v letech 1922 - 1923 rektorem univerzity. Věnoval se zejména teorii a stavbě parních motorů a kompresorů a byl autorem několika patentů z tohoto oboru. V roce 1896 sestrojil ventilový rozvod na přehřátou páru a v roce 1908 obdržel patent na konstrukci mnohostupňové radiální parní turbíny (tzv. Zvoníčková parní turbína). Parní stroje s tímto rozvodem, stejně jako později turbíny, vyráběla firma Českomoravská strojírenská. O univerzálním technickém talentu prof. Zvoníčka svědčí rovněž to, že byl konstruktérem prvních elektrických jeřábů a že se zabýval i konstrukcemi rychloběžných čerpadel. Byl též autorem řady odborných prací. Z jeho podnětu byla v roce 1919 zřízena slovníková komise České matice technické a prof. Zvoníček se jako její vedoucí člen zasadil o zavedení moderního českého technického názvosloví.

