

Sborník abstraktů

Konference studentské tvůrčí činnosti

STČ 2022

Vydala: Fakulta strojní, ČVUT v Praze  
Editor: doc. Ing. Martin Novák Ph.D.

## **Obsah**

<b>Sekce bakalářská – B1</b>	<b>3</b>
<b>Sekce bakalářská – B2</b>	<b>5</b>
<b>Sekce magisterská – M1</b>	<b>8</b>
<b>Sekce magisterská – M2</b>	<b>12</b>
<b>Sekce magisterská – M3</b>	<b>16</b>
<b>Sekce magisterská – M4</b>	<b>20</b>
<b>Sekce doktorská – D1</b>	<b>24</b>
<b>Sekce doktorská – D2</b>	<b>28</b>

## Sekce bakalářská – B1

Předseda sekce: doc. Ing. Marie Kolaříková, Ph.D.

Členové komise: Ing. Michal Kuchař, Ing. Jindřich Hořenín, Ing. Cyril

Oswald Ph.D., Ing. Jan Urban – ŠKODA AUTO a.s.

### **Aplikace aktivní termografie pro detekci vnitřních defektů**

Artem Chernenko, vedoucí: prof. Ing. Milan Hofreiter

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: čeština

*Příspěvek se zabývá aplikací aktivní termografie pro odhad rozměrových defektů. Aktivní termografii lze rozdělit podle metod excitace měřeného objektu na optickou, elektromagnetickou a mechanickou. Pro odhad rozměrových defektů byla použita optická metoda excitace s následným zpracováním 2D signálů metodou diferenciálního absolutního tepelného kontrastu. Uvedený postup byl aplikován na dvou různých materiálech. V závěru příspěvku jsou vyhodnoceny dosažené výsledky.*

### **Kryogenní chlazení řezného procesu**

Štěpán Feit, vedoucí: Ing. Pavel Zeman. Ph.D. ; Ing. Petr Mašek. Ph.D.

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tato bakalářská práce se zabývá problematikou kryogenního chlazení a jeho vlivů na řezný proces. Úvodní kapitoly teoretické části se věnují mechanice tvorby třísky, tepelným a silovým jevům při obrábění. Pak následuje rozbor řezných prostředí se zaměřením na vybrané metody kryogenního chlazení. Vliv kryogenního chlazení na řezný proces je popsán na konkrétních příkladech a následně porovnán s běžně používanými metodami chlazení. Praktická část obsahuje návrh experimentu, ve kterém jsou zkoumány možnosti využití chlazení pomocí CO<sub>2</sub>.*

### **Vliv kryoprezervace na mechanické vlastnosti arteriálních štěpů**

Jiří Fencl, vedoucí: Ing. Hynek Chlup, Ph.D.

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce zkoumá vliv kryoprezervace na mechanickou odezvu arteriálních štěpů využívaných jako cévní náhrady. Vzorky tepen byly cyklicky zatěžovány vnitřním tlakem pomocí inflačně-extenzních testů. Byly získány a porovnány charakteristiky dvou skupin kryoprezervovaných arteriálních štěpů, lišící se způsobem rozmrazení: pomalu rozmražené (dle standardního protokolu TÚ FNHK, tedy přibližně po dobu 120 minut) a rychle rozmražené (po dobu 5 minut ve vodní lázni). Testovány byly také dvě skupiny nativních vzorků tepen: skupina získaná při multiorgánových odběrech, skupina vzorků odebraných z*

kadaveru. Zkoumáno bylo celkem 32 vzorků od 32 dárců tj. – 10 rychle rozmražených, 8 pomalu rozmražených, 5 vzorků z multiorgánových odběrů a 9 vzorků z kadaveru. Vzorky byly nejprve cyklicky zatěžovány kvazistaticky, poté cyklovány vyšší frekvencí, a nakonec opět kvazistaticky. Vyhodnocovány a porovnány byly charakteristiky všech uvedených skupin arterií získané ze zatěžující části 8. a 52. cyklu kvazistatického zatěžování. S ohledem na mechanickou odezvu při zatěžování byl vyhodnocen vliv kryoprezervace, rychlosti rozmrazení a typu odběru nativních vzorků. Zkoumán byl i vliv násobného cyklického zatěžování. Pro výpočet napětí byla využita teorie tenkostěnných válcových skořepin. Porovnání závislosti napětí-deformace bylo provedeno ve směru obvodovém i axiálním. Ze získaných charakteristik je zjevné, že všechny skupiny vzorků se v obvodovém směru deformují více než v axiálním. Zásadním poznatkem této práce je, že kryoprezervace má vliv na nárůst poddajnosti arteriální stěny v obvodovém i axiálním směru. Především v axiálním směru jsou deformace kryoprezervovaných vzorků znatelně větší v porovnání s nativními vzorky. Kryoprezervace má zřejmě vliv na změnu struktury arteriální stěny. Tyto změny se projeví poklesem míry anizotropie. Vliv cyklického zatěžování je patrný u kryoprezervovaných vzorků. Především u rychle rozmražených, které se stávají poddajnějšími. Kryoprezervované vzorky vykazují podobné charakteristiky při zatěžování cca do diastolického tlaku. Při vyšším zatížení se rychle rozmražené vzorky deformují více. Nativní tepny z kadaveru při vyšším zatížení tuhnou rychleji než vzorky z multiorgánových odběrů. Nativní vzorky z multiorgánových odběrů a pomalu rozmražené vzorky vykazují nad diastolickým tlakem podobnou odezvu, tj. trendy – směrnice charakteristik jsou podobné.

### **Návrh testovacího stavu pro identifikaci tuhosti ozubení**

Petr Kadeřábek, vedoucí: Ing. Jan Flek

Ústav: 12113 Ústav konstruování a částí strojů

Jazyk prezentace: čeština

*Ozubené převody, které jsou součástí strojních zařízení, jsou z pohledu dynamiky buzeny vnějším buzením, tedy pohonem, ale zároveň samotné převody při přenosu výkonu způsobují vznik buzení vnitřního. Toto vnitřní buzení převodové soustavy je zapříčiněno časově proměnlivou tuhostí ozubení v důsledku střídání, tedy deformování, jednotlivých párů zubů v záběru. Průběh tuhosti ozubení je možné modelovat pomocí analyticko-simulačních nástrojů, avšak pro vhodné navrhování převodů je z hlediska dynamiky důležité, získat co možná nejrealnější průběhy tuhostí zubů v záběru, tím zpřesňovat dynamické výpočty a získávat realnější pohled na frekvenční spektrum neboli na vyzářovaný hluk převodovek. Cílem tohoto příspěvku je představit návrh konstrukce modulárního testovacího zařízení, které umožní experimentálně vyhodnocovat tuhost ozubení a efektivně získávat reálná data popisující deformaci zubů čelních soukolí. Spolu s konstrukčním návrhem je uvážována i metodika měření, která zajistí následné vyhodnocení měřených deformací. Díky*

*modularitě zařízení umožňuje měření deformací široké škály ozubení, co do tvaru zubů, použitých materiálů či chemicko-tepelného zpracování a tím je zajištěno sledování a vyhodnocení vzájemných vztahů mezi ohybovou a kontaktní tuhostí. Na základě využití tohoto zařízení a následného vyhodnocení měřených dat bude možné vytvářet přímě vstupy dynamického buzení pro simulaci dynamiky ozubených převodů či korigovat existující teoretické vztahy popisující tuhost ozubení.*

### **Zvyšování produktivity výroby**

Aleš Kadlec, vedoucí: Eduard Stach

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Hlavním cílem práce je návrh zvýšení produktivity práce při malosériové výrobě dílců obráběných z více stran na vertikální tříosé frézce MIKRON VCE 600 Pro. Provedená časová studie odhalila jako hlavní zdroj ztrát nutnost přeupínání a znovu ustavování obrobku. Tuto činnost je možné nahradit automatizovaným polohovacím zařízením, o jehož návrhu, implementaci a přínosech pojednává tento článek.*

### **Stanovení mechanických vlastností titanových dlah vyrobených aditivní technologií**

Miroslav Říha, vedoucí: Ing. Adam Kratochvíl

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: čeština

*Cílem této práce je stanovení mechanických vlastností 3D tištěných kovových kostních dlah a porovnání jejich vlastností se stejným typem kostních dlah vyrobených kováním. Pro získání experimentálních dat byly provedeny statické a dynamické zkoušky čtyřbodovým ohybem dle normy ASTM F382. Data byla vyhodnocena podle normy a výsledné vlastnosti byly porovnány s dříve získanými daty dlah kovaných.*

## **Sekce bakalářská – B2**

Předseda sekce: prof. Ing. Pavel Šafařík CSc.

Členové komise: Ing. Michal Schmirler Ph.D, Ing. Adam Peichl, Ing. Jiří Kuchař, Ph.D.,

### **Numerická simulace proudění krve u pacientů s koarktací aorty**

Jan Šimkovský, vedoucí: Hana Schmirlerová

Ústav: 12112 Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky

Jazyk prezentace: čeština

*Práce se zabývá analýzou proudění krve aortou u pacientů s koarktací aorty. Koarktace aorty je vrozené onemocnění, způsobující zúžení aorty nejčastěji za třetím obloukovým odstupem, tedy levé podklíčkové tepny (arteria subclavia). V případě závažného zúžení dochází k velmi brzké progresi onemocnění a pacienti jsou velmi často operováni ještě v kojeneckém věku. V případě menší závažnosti se operace plánuje do batolecího, popř. předškolního věku. Operace se provádí vystřížením postiženého místa a následně sešitím dvou zdravých konců. Tato operace má na stav pacienta okamžitý efekt a aorta se v tomto místě nějakou dobu chová téměř jako zdravá. V místě sešití ovšem vzniká namísto zdravé tkáně jizva. V tomto zjizvení u dětských pacientů roste aorta jinou rychlostí oproti zdravé tkáni, čímž vzniká téměř vždy alespoň částečná rekoarktace. U části pacientů se po několika letech provádí reoperace. Právě pro posouzení nutnosti reoperace momentálně není jednotných kritérií, jelikož používané měření pomocí ultrazvuku je velmi nepřesné, kdy dva pacienti s podobnými naměřenými hodnotami mohou mít úplně odlišný klinický obraz. V práci jsou prezentovány proudová a tlaková pole z numerické simulace. Porovnávány jsou hodnoty spočítané na dvou podobných modelech, které se liší právě výskytem zúžení.*

### **Aplikace technologie lsp na 3d tištěný povrch materiálu alsi10mg**

Zbyněk Soukup, vedoucí: Ing. Beránek Libor Ph. D.

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce je zaměřená na použití technologie Laser shock peening (LSP) na 3D tištěný povrch materiálu AlSi10Mg. Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část, kde v teoretické části se věnuje samotné technologii LSP, principu a využití v průmyslu. V praktické části byly vyhodnoceny vybrané parametry integrity povrchu 3D tištěných vzorků. Parametry byly porovnány před použitím a po použití technologie LSP. Cílem práce bylo zhodnocení vybraných parametrů a celkové možnosti využití technologie LSP na 3D tištěný materiál. V závěru se tato práce věnuje dalším možnostem využití v budoucnosti a aplikacím v aditivní výrobě.*

### **Manipulátor automatického skladu deskového materiálu**

Jakub Švadlena, vedoucí: Ing. Jan Pelikán, Ph.D.

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: čeština

*Práce řeší simulační model kartézského průmyslového manipulátoru pro automatický skladový systém deskového materiálu v nábytkářské výrobě. Jádro simulačního modelu je zpracováno pomocí Simscape Multibody a pohyb manipulátoru je určen programem pro plánování trajektorie. Vyvinutý trajektorový plánovač řeší bezkolizní manipulaci materiálu ve skladovém*

*prostoru a vlastní trajektorie pohybu je vygenerována v souladu s S-křivkou rychlostního profilu. Výsledný pohyb směřuje k časově optimálnímu řešení, které po vhodném naladění může eliminovat nežádoucí dynamické chování reálné mechanické struktury manipulátoru. Simulační model a trajektorový plánovač jsou parametrické.*

### **Vliv předúpravy povrchu pro technologie nanášení práškových povlaků**

Filip Tláškal, vedoucí: Jiří Kuchař

Ústav: 12133 Ústav strojírenské technologie

Jazyk prezentace: čeština

*Práce má za cíl demonstrovat význam předúprav povrchu na výslednou kvalitu povrchových úprav, konkrétně pro technologie nanášení práškových povlaků. V experimentální části se povlaky zkoušejí na přilnavost k základnímu materiálu a korozní odolnost. V této práci jsou zmíněny možné varianty předúpravy povrchu před práškovým lakováním. Porovnávají se vzorky zhotovené pouze mechanickou předúpravou, dále vzorky zhotovené pouze chemickou předúpravou se vzorky zhotovenými mechanickou předúpravou v kombinaci s chemickou předúpravou. Mechanická předúprava zajistí lepší kotevní profil na substrátu pro nanášený povlak. Jeden ze stupňů použité chemické předúpravy je vytvoření konverzní vrstvy, která zajistí vyšší korozní odolnost a přilnavost povlaku k substrátu. V práci se hodnotí dvě technologie vytvoření této vrstvy. Porovnávají se konvenční technologie fosfátování s novější technologií na bázi nanotechnologie, konkrétně nanopasivace na bázi zirkonu bez přítomnosti šestimocného chromu. Výsledky ukazují, jak je důležitá důkladná a vhodně zvolená předúprava povrchu.*

### **Vliv inhibitoru perineuronálních sítí na mechanické vlastnosti potkaního femuru**

Mikuláš Torkoniak, vedoucí: Ing. Kristýna Kubášová

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: čeština

*Cílem této práce je srovnat mechanické vlastnosti potkaních femurů po léčbě míšního poranění. Metodika testu se skládá z tříbodového ohybu a následné evaluace naměřených dat. Bylo vyhodnoceno několik parametrů: maximální síla, maximální ohybové napětí, tuhost, ohybový moment a deformační energie potřebná ke zlomení kosti. Celkem bylo testováno 56 vzorků z 29 zvířat. Analýza srovnávala vyhodnocené parametry u čtyř skupin. Dvě skupiny potkanů byly léčeny inhibitorem perineuronálních sítí (4MU) zbylé dvě nebyly a sloužily jako kontrolní vzorky. Vyhodnocená data byla statisticky analyzována.*

## **Verifikace vybraných in vitro enzymatických prostředí s in vivo podmínkami**

Vopálková Marika, vedoucí: Ing. Suchý Tomáš Ph.D.

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: čeština

*Cílem této práce je porovnat procesy degradace kolagenních scaffoldů (typ I, telecí kůže) vystavených enzymatickému prostředí in vitro s podmínkami in vivo. Pro prostředí in vitro se běžně používají pro simulaci tělesného prostředí a představují užitečné přiblížení tělnímu prostředí při navrhování biomateriálů. Testy in vitro jsou však pouze aproximací přirozeného tělesného prostředí. Nejsou totiž schopny komplexně napodobit všechny tělesné procesy. Jinými slovy, extrapolace výsledků in vitro na situaci in vivo, je velmi komplikovaná a může vést k nepřesným výsledkům. V této práci bylo vybráno enzymatické prostředí běžně používané pro simulaci tělesného prostředí, konkrétně fosfátový pufrový fyziologický roztok (PBS) se třemi různými koncentracemi kolagenázy. Scaffoldy byly inkubovány při teplotě 37 °C po dobu až 21 dní (1, 7, 14 a 21 dní). Současně se vložily kolagenní scaffoldy do peritonea pokusných zvířat (prase, *Sus scrofa domesticus*, 25 kg, schválení ID MSMT-33799-2021-4) na stejná časová období. Mechanické a strukturní účinky médií a podmínek in vivo byly stanoveny provedením tlakových zkoušek (podle ISO 13 314), stanovením hmotnostních úbytků a analýzou obrazu mikro-CT. Na základě pozorování degradačních procesů byla stanovena schopnost vybraných enzymatických prostředí napodobovat prostředí těla.*

## **Sekce magisterská – M1**

Předseda sekce: doc. Ing. Tomáš Hyhlík Ph.D.

Členové komise: doc. ing. Luděk Beneš, PhD, doc. Ing. Pavel Souček, DrSc., Ing. Petr Denk, Ph.D., PhDr. Michaela Schusova, Michaela Škrdletová - Mondí Štětí

### **Modelování akumulátoru tepla v openmodelice**

Marek Belda

Ústav: 12112 Ústav mechaniky tekutin a termodynamiky

Jazyk prezentace: čeština

*Tento příspěvek se zabývá tvorbou modelu akumulátoru tepla s fázovou přeměnou v softwaru OpenModelica. Modelovací jazyk Modelica používaný softwarem OpenModelica má tu výhodu, že se jedná o akauzální, objektově orientovaný modelovací jazyk, tudíž schémata zůstávají přehledná i u složitých problémů. Konstrukčně je modelovaný akumulátor válcová nádoba vyplněná trubkami obsahujícími akumulační médium, mezi nimiž proudí voda. Model popisovaný v tomto příspěvku byl odvozen jakožto přibližný model, jehož účelem byla minimalizace výpočtového času při zachování přijatelné přesnosti*



*výsledků. Tento model je vzhledem ke své výpočetní nenáročnosti a dobré přesnosti zvláště vhodný pro návrh řízení akumulátorové stanice s více akumulátory nebo pro simulaci velkých celků obsahujících tyto akumulátory tepla. Při porovnání s experimentem použitým pro naladění modelu je vidět velmi dobrá shoda modelu s měřenými daty. Dobrá shoda modelu s experimentálními daty zůstává zachována i pro porovnání modelu s validačním měřením, i když zde samozřejmě není tak dobrá jako v prvním případě. Celkově lze shodu modelu s experimentem hodnotit jako velmi dobrou a plně postačující pro zamýšlené použití modelu.*

### **Parametrický 3d model kompresorové lopatky nasa rotor 37**

Jaroslav Cibulka, vedoucí: doc. Ing. Ivana Linkeová, Ph.D.

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: čeština

*NASA rotor 37 je letadlový trans-sonický axiální kompresor sestavený ze 36 lopatek vytvořený a testovaný ve výzkumném středisku NASA Lewis Research Center v 70. letech. Geometrie lopatek a experimentální měření aerodynamických vlastností provedené v NASA se později staly základem pro vytvoření testovací úlohy pro ověření vlastností numerických metod v aerodynamice. Předmětem práce byla matematická analýza geometrie lopatky a následné použití vhodného softwaru pro sestavení parametrického 3D modelu lopatky, včetně implementovaných geometrických modifikací 3D geometrie, vhodného jako testovací geometrie pro numerické analýzy.*

### **Matematický model univerzální vřetenové hlavy a jeho aplikace**

Bc. Martina Cimpová, vedoucí: doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D.

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Vřetenové hlavy jsou důležitou součástí obráběcích strojů. Jsou konstrukčně složité a při jejich konstrukci je nutno provést řadu návrhových a kontrolních výpočtů pro různá spektra zatížení od rezného procesu. Klíčové je zohlednit parametry uvažovaných ložisek, požadované maximální otáčky vřetena a základní konstrukční rozměry. Cílem práce je tedy sestavit vhodný simulační nástroj zátěžných sil a jejich vlivů na vřetenovou hlavu, který by sloužil k rychlému a přehlednému porovnání různých variant návrhu vřetenové hlavy, zejména z hlediska trvanlivosti ložisek a maximálních deformací hřídelů. První část prezentované práce ukazuje možná kinematická provedení vřetenových hlav. Návazně je uveden přehled základních výpočtových oblastí a existujících simulačních softwarů. Další část práce obsahuje vlastní návrh a sestavení simulačního modelu univerzální vřetenové hlavy v Matlabu. Tento model používá jako vstupní data výpočtu zátěžná technologická spektra a hlavní rozměry hlavy. Výsledkem výpočtu jsou v první řadě reakce v ložiskách, které jsou návazně využity pro výpočet jejich trvanlivosti. Výpočet pokračuje*

stanovením deformací hřídelů, třecího momentu v ložiskách, statické tuhosti a dynamické poddajnosti na čele vřetene. V ukázkovém případě je sestavený model využit k ověření rozsahu technologických podmínek zátěžných spekter pro existující vřetenovou hlavu.

### **Vliv okrajových podmínek v metodě sph při proudění s volnou hladinou**

Tomáš Halada, vedoucí: doc. Ing. Luděk Beneš Ph.D.

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: čeština

*Průspěvek se zabývá vlivem okrajových podmínek v bezsíťové částicové metodě Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) při řešení problémů proudění s volnou hladinou. Práce vychází z třírozměrných simulací na komplexních geometriích výtokových objektů čerpacích a turbínových stanic řešených pomocí metody SPH. Problémy spojené s realizací okrajových podmínek motivovaly studium provedení pevných stěn i vstupů a výstupů. Práce se na několika testovacích příkladech zabývá porovnáním a vlastnostmi pokročilých realizací okrajových podmínek pro pevné stěny a provedením vstupních a výstupních okrajových podmínek. Zkoumán je především jejich vliv na umělý nefyzikální pohyb částic a poruchy v blízkosti hranice. Mimo to jsou rozebírány alternativní formulace SPH metody, provedení využívající částečně Lagrangeovského a částečně Eulerovského popisu (ALE-SPH) a formulace pracující s řešením Riemannových problémů (R-SPH, R-ALE-SPH), které jsou rovněž testovány a které odstraňují některé z nedostatků klasické varianty SPH metody.*

### **Rocket with plane landing capability**

Daniel Hořejší

Ústav: 12122 Ústav letadlové techniky

Jazyk prezentace: english

*This project aims to develop and build a rocket that can compete in Czech Rocket Challenge competition and utilizes wings and propeller for cruise flight and controlled landing. The goal of this challenge is to reach the highest possible altitude with given rocket engine. Other criteria, like innovation, execution, documentation, and prediction of reached altitude are also being scored. Extra criteria were set by project leaders from our faculty. Those are: The vehicle must be able to controllably land and redo the landing if the first approach fails. Our team is responsible for both design and manufacturing of this rocket with a given budget. The concept we selected uses among other things unfordable wings with mechanism we created, 3D printed components and tools and composite materials in extensive amounts.*

**Bounding box matching: a sparse object-centric correspondence method for stereo vision**

Tomáš Šindel, vedoucí: Prof. Michael A. Saliba

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: english

*In this work a simplified method for sparse, object-centric disparity estimation is proposed. It combines the state-of-the-art object detector YOLOv4 with image rectification to produce a disparity map with high speed suitable for real-time applications. Similarly, as other methods based on convolutional neural networks, this approach uses contextual and semantic image information and is robust to ill-posed image regions such as reflective, textureless and occluded regions, but requires less computational resources at the expense of detail and estimation accuracy. The method has been implemented on the Tensorflow platform and has been consequently deployed with the LabVIEW graphical programming language. It has been shown that the method works best at large distances, small object depth to distance ratios and moderate eccentricities. The source code can be found at: <https://github.com/tsindel-bbox-matching>.*

**Numerical assessment of stratification influence in simple algebraic turbulence model**

Vít Uhlíř, vedoucí: doc. Ing. Tomáš Bodnár Ph.D.

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: english

*This work presents first few results obtained using a newly developed test code aimed at validation and cross-comparison of turbulence models to be applied in environmental flows. A simple code based on finite difference discretization is constructed to solve steady flows of incompressible non-homogenous (variable density) fluids. For the first tests a simple algebraic turbulence model was implemented, containing stability function depending on the stratification via the gradient Richardson number. Numerical tests were performed in order to explore the capabilities of the new code and to get some insight into its behaviour under different stratification. The two-dimensional simulations were performed using immersed boundary method for the flow over low smooth hill. The resulting flow fields are compared for selected Richardson numbers ranging from stable up to unstable stratification conditions.*

**Lightweight eddy current coupling for high-speed machines**

Kengo Nagashima, vedoucí: Ing. Zdeněk Novák, Ph.D.

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: english

*This paper deals with a design of a lightweight eddy current coupling, intended to be used for a transfer of torque between a high-speed permanent magnet*

synchronous motor (PMSM) and a small turbine engine. The low weight requirements are based on a necessity of a low mass located at the end of the turbine engine shaft. The design of the coupling is presented. To evaluate the performance of the coupling, Ansys Electronics Desktop with a finite-element method for electromagnetics is used. The theoretical performance is then compared with real measured data using the coupling prototype.

## Sekce magisterská – M2

Předseda sekce: prof. Ing. Josef Zicha CSc.

Členové komise: Ing. Bc. Šárka Němcová Ph.D., doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc., Ing. Aleš Kratochvíl, Ph.D., Ing. Ondřej Svoboda, Ph.D. - Misan

### **Analýza geometrie lopatky kompresorového kola pro zvyšování produktivity výroby.**

Dominik Čech, vedoucí: Ing. Petr Vavruška, Ph.D.

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce se zabývá analýzou geometrie lopatky kompresorového kola pro možnost aplikace postupů zvyšování produktivity výroby. Součástí je rešerše aktuálního stavu funkcí pro dynamické řízení technologických podmínek pro obrábění tvarově složitých ploch. Dále je proveden rozbor možných matematických popisů křivek určujících lopatku z hlediska přesnosti aproximace a následného využití pro matematické operace automatizovaného řešení funkce pro zvyšování produktivity výroby. Automatizované řešení je připravováno pro dosažení rovnoměrných dynamických závislostí při pohybu nástroje po povrchu lopatky. Vstupními daty pro výpočet je matematický popis tvaru šhroudkřivky, dráha nástroje a vektor osy nástroje. Z těchto dat je dopočten kontakt mezi nástrojem a lopatkou pro každou polohu nástroje na dráze. Poté jsou určovány oblasti podél dráhy nástroje pro možnou optimalizaci posuvové rychlosti. Dále jsou vypočteny přírůstky dráhy na špičce nástroje a změny vektoru osy nástroje. Data jsou získána z CAM systému na úrovni CL dat a také pomocí vlastní uživatelské funkce pro zjištění bodů křivky na 3D modelu kola. Řešení je koncipováno tak, aby bylo využitelné v postprocesoru při generování NC programu z CAM systému. Výsledkem bude algoritmus, který predikuje a optimalizuje posuvovou rychlost podle zjištěných závislostí při analýze geometrie lopatky a dráhy nástroje.*

### **Přehled a porovnání pla materiálů pro plastový 3d tisk**

Vojtěch Krůta, vedoucí: Ing. Vladislav Andronov

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce se zabývá problematikou plastového 3D tisku metodou FDM. Cílem práce je vytvoření přehledu a porovnání PLA materiálů dostupných na českém trhu. Rešeršní část práce popisuje historii a vývoj aditivních technologií, technologii FDM tisku a materiál PLA. U materiálu PLA se práce primárně zaměřuje na běžné chyby během tisku. Dále poté specifikuje zkušební artefakty pro aditivní výrobu a popisuje jejich historii a vývoj, zmiňuje taktéž užití artefaktů u hobby 3D tisku. Poslední kapitola rešeršní části jmenuje a specifikuje optimální tiskové parametry pro technologii FDM. Experimentální část obsahuje komplexní testování materiálu PLA od více výrobců v různých cenových kategoriích. Jedná se o výrobce Prusament, Devil Design, Sunlu, C-Tech, Verbatim, Tronxy, Plasty Mladeč a Gembird. Nejdříve je popsána metodika testování, ve které je za-hrnuto tištění vzorků na tiskárně Original Prusa i3 MK3S+, tahová zkouška vzorků probíhající dle normy ČSN EN ISO 527-1 a analýza zkušebních artefaktů pomocí průmyslového tomografu Zeiss Metrotom 1500. Dále jsou poté shrnuty výsledky testování a je provedeno jejich konečné vyhodnocení. U vzorků tištěných v ose X dosáhl největší pevnosti se 48,23 MPa výrobce Devil Design, který disponoval nejvyšší pevností taktéž u vzorků v ose Y, a to 57,48 MPa. Nejnižší pevnosti disponovaly vzorky tištěné v ose Z, kde se jako nejlepší ukázal Prusament s hodnotou 34,80 MPa. U měření rozměrové přesnosti vnitřních otvorů dosáhli nejlepších výsledků Prusament a Plasty Mladeč s odchylkami pouhých 0,01 mm, naopak u analýzy vnějších rozměrů byla naměřena nepřesnější hodnota výrobcí Devil Design, a to 14,91, respektive 24,91 mm. Nejlepším převísem disponoval vzorek od výrobce C-Tech, který dokázal vytisknout 75° převís naprosto přesně. Dle celkových výsledků se jako nejlepší filament ukázalo PLA od C-Techu, které taktéž dosáhlo nejlepších výsledků po započtení cenového kritéria neboli poměru čena-výkon:*

## **Vliv perimetrů na mechanické vlastnosti plastových 3d tištěných dílů**

Petr Milsimer, vedoucí: Ing. Vladislav Andronov

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce se zabývá problematikou plastového 3D tisku, konkrétně metody FDM. Cílem práce je zjistit vliv množství perimetrů na mechanické vlastnosti 3D tištěného dílu. Teoretická část se zaměřuje na vývoj aditivních technologií s důrazem na FDM 3D tisk a jeho historii. Dále se porovnává rozšířenost a využití 3D tisku v roce 2015 a v roce 2020. Následně se v teoretické části rozebírá rozdělení FDM 3D tiskáren na kartézské, delta, polar a speciální typy. Součástí teoretické části jsou vlivy vybraných jednotlivých tiskových parametrů na mechanické vlastnosti a v závěru teoretické části je uveden vlastní průzkum ohledně tisku mechanicky namáhaných dílů a úpravách v programu pro přípravu tisku (ve sliceru) pro zhotovení namáhaných dílů. Experimentální část se nejprve zaměřuje na metodiku testování, konkrétně na zkoušku tahem*

dle normy ČSN EN ISO 527-1. V další části je testován obecný díl (nástěnný háček), který demonstruje součást z reálného života. Je zkoumán vliv množství perimetrů na mechanické vlastnosti vzorků, které jsou tištěné z materiálu PLA a dále porovnání výsledků z tiskáren Original Prusa i3 MK3S+ a Creality Ender 3. Oba typy testovaných vzorků mají rostoucí tendenci pevnosti s přibývajícím počtem perimetrů. Ze zkoušky tahem byl prokázán lineárně vzrůstající trend s rostoucím počtem perimetrů na pevnost vzorku. U vzorků s 15% infillem (výplní) při použití 12 perimetrů byla pevnost o 87,8 % vyšší než u vzorků s 2 perimetremy z tiskárny Ender 3 a o 101,4 % z tiskárny MK3S+. U vzorků se 100% infillem (výplní) při použití 12 perimetrů byla pevnost o 5,9 % vyšší než u vzorků s 2 perimetremy z tiskárny Ender 3 a o 12 % z tiskárny MK3S+. Testování obecného dílu (nástěnného háčku) ukazuje podobný lineární nárůst s přibývajícím perimetremy u vzorků s 15% infillem, avšak u vzorků se 100% infillem vykazuje nejlepší mechanickou odolnost vzorek s 8 perimetremy z tiskárny MK3S+ a vzorek s 12 perimetremy z tiskárny Ender 3. Důvodem pro nejlepší výsledek s 8 perimetremy u tiskárny MK3S+ je neschopnost tiskárny vytisknout vzorky s 10 a 12 perimetremy bezchybně.

#### **Rhinoscript pro určení odchylky tvaru**

Jakub Müller, vedoucí: doc. Ing. Ivana Linkeová, Ph.D.

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: čeština

Program Rhinoceros patří mezi CAD softwary, které umožňují uživateli velmi precizní práci s modelem, zejména pak s jeho povrchem. Jedním z hlavních prvků analýzy povrchu je funkce „Point Deviation“ sloužící k určení odchylek mezi dvěma geometriemi, např. bodů měřených na reálně vyrobeném modelu od nominálního CAD modelu. Výsledkem je vizualizace odchylek měřených bodů od CAD modelu. Problémem této vizualizace je její nejednoznačnost způsobená nerozlišením kladné a záporné orientace odchylek a tím viditelné rozlišení na podříznutí, nebo přídavek materiálu. Cílem skriptu, tvořeného v programovacím jazyku Python, je tak vytvoření vlastní funkce, schopné výpočtu jednotlivých odchylek bodů reálného modelu s následným určením jejich orientací na základě normál sledované plochy. Výsledkem je textový a grafický výstup zahrnující vizualizaci na CAD modelu, základní statistické hodnoty a histogram.

#### **Návrh rotoru pro multikoptéru**

Pavel Růžička, vedoucí: Ing. Jan Klesa, Ph.D.

Ústav: 12122 Ústav letadlové techniky

Jazyk prezentace: čeština

Práce se zabývá návrhem rotoru pro multikoptéru. Na základě studia a porovnání jednotlivých aerodynamických teorií, které se využívají k návrhu vrtulí či rotorových listů, je v práci pro návrh rotoru vybrána teorie

*izolovaného elementu listu v kombinaci s teorií ideálního propulzoru. Za účelem získání vstupních hodnot je provedena analýza parametrů rotorů dostupných na trhu. Celý proces je implementován do výpočetního prostředí MATLAB. V rámci práce je nejprve zhotoven výpočtový skript pro realizaci optimálního rotoru pro vis. Tato konfigurace je následně využita při návrhu a optimalizaci konstrukčně realizovatelných rotorů. Je řešen obdélníkový a lichoběžníkový list s různým typem zkroucení. Závěrem práce je tvorba modelu lineárně zkrouceného lichoběžníkového rotorového listu o průměru 12 palců, který je podroben pevnostnímu výpočtu dle certifikační specifikace pro vrtule CS-P od agentury European Union Aviation Safety Agency (EASA).*

### **Tvorba kalibračního postupu optického robotického pracoviště pro rozměrovou kontrolu karoserií**

Josef Steklý, vedoucí: Jan Urban

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tématem práce je stručné shrnutí normativních požadavků vztahujících se na laser trackery, analýza stávajícího kalibračního postupu a návrh nového kalibračního postupu. Nový kalibrační postup by měl zajistit větší možnost automatizace kalibrace, více korespondovat s normativními požadavky a usnadnit i urychlit celý proces kalibrace měřicího zařízení. Práce je vztahena na společnost ŠKODA AUTO a.s. a její robotická měřová stanoviště a kalibrační artefakty. Cílem je navrhnout kalibrační postup, který bude možné použít na více typů robotizovaných pracovišť díky využití stejného principu funkce jednotlivých součástí.*

### **Holografický mikroskop**

BC. Ondřej Včelák, vedoucí: ING. BC. Šárka Němcová, PH.D.

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: čeština

*V rámci prezentace bude nastíněn princip digitální holografické mikroskopie a jeho výhodné využití v některých medicínských aplikacích. Krátce bude popsán matematický aparát, sloužící k rekonstrukci obrazu ze zachyceného hologramu. Poté bude představena experimentální sestava holografického mikroskopu. Autor popíše jaké prvky byly pro návrh klíčové a okomentuje výhody a nevýhody výsledné sestavy. Následně budou předneseny výsledky reálného měření. Bude okomentován postup jejich vyhodnocení. Nakonec v rámci shrnutí bude popsána další možná práce na daném projektu.*

### **3d tisk kompozitu**

Václav Voltr, vedoucí: prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.

Ústav: 12132 Ústav materiálového inženýrství

Jazyk prezentace: čeština

*Práce se zabývá tématem 3D tisku kompozitních materiálů. Cílem této práce byla příprava a zpracování kompozitní směsi, jejíž matrici tvořil lineární nízkohustotní polyethylen a jako výztuž byla použita recyklovaná uhlíková vlákna. Povrch obou fází byl ještě před jejich smícháním modifikován nízkoteplotním plazmatem s různými časovými řadami za účelem navýšení adheze. Tato kompozitní směs byla podrobena tavením v peci, granulaci a následně vyextrudována na filament, který byl zpracován 3D tiskem. Na 3D tiskárně byla z vlastního kompozitního filamentu tištěna zkušební tělíska, která byla posléze mechanicky analyzována zkouškou tahem a zkouškou rázem v ohybu.*

## Sekce magisterská – M3

Předseda sekce: doc. Ing. Martin Novák Ph.D.

Členové komise: Ing. Jan Klesa, Ph.D, Ing. Pavel Vybíral, Ph.D., Ing.

Jaroslav Bušek Ph.D., PhDr. Hana Volejníková, Ing. Petra Majerová - SIDAT

### **Control systems and electronics for a 2.9 kw internal combustion engine and battery hybrid multicopter based on power tracking method**

Kengo Nagashima

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: english

*This paper introduces control systems and power electronics for a MultiCopter (MC) equipped with a Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) unit. The MC itself is powered by two batteries and the PMSG, coupled with a 2.9 kW Internal Combustion Engine (ICE). The Hybrid MC (HMC) comes from the combination of the batteries and PMSG unit that supports the MC for extending its flight time and range significantly. Such a hybrid system is called a serial hybrid system". The required power is measured by several sensors and calculated which gives feedback back to the control systems. And the power output is optimised. The method is named as power tracking method". The application for the HMC is considered mainly for emergency environments when electricity is not supplied. The chapter starts with designing and constructing the HMC body taking account into efficiency and safety. Afterwards, overviews of block connections for the HMC's power electronics are introduced. Also, suitable electronic components and related parts are selected to meet various requirements. Next, the PMSG unit's control systems are designed with their simulations on MATLAB-Simulink and they are implemented on a microcomputer. In the end, all works are validated experimentally.*



### **Úprava konstrukce šestikolové platformy pro autonomní navigaci**

Martin Hasal, vedoucí: Ing. Cyril Oswald, Ph.D.

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: čeština

*Práce je přípravnou částí k diplomové práci a zabývá se úpravou konstrukce šestikolové platformy pro autonomní navigaci. Pro úpravu je použit projekt Exomy od European Space Agency. Cílem bylo provést úpravy, aby konstrukce byla co nejuniverzálnější a mohla být využita i na jiné budoucí práce. Jako úpravy jsem zmenšil rozměry šasi, změnil polohu a rozměry vypínačů a vytvořil univerzální stohovatelné podlaží. Následně jsem přidal servomotorem naklápěný senzor RealSense, který bude využit v pokračování diplomové práce. Výsledkem je realizovaná úprava, která by se dala z hledově popsat jako šestikolová obdoba robotické platformy turtlebot.*

### **Virtuální laboratoř v javascriptu**

Martin Hubáček, vedoucí: Stanislav Vrána

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: čeština

*V příspěvku je popsán postup přetvoření a aktualizace virtuálních úloh z fakulního webu <http://vlab.fs.cvut.cz/>. Původní úlohy jsou psané v jazyce Java a spouštěny v samostatných appletech, které již nemají podporu v moderních internetových prohlížečích. Z důvodu modernizace a uživatelské dostupnosti se tyto úlohy transformovaly pomocí jazyku JavaScript. Nová podoba je kompatibilní se současnými prohlížeči a nevyžaduje žádné další uživatelské zásahy, jako nastavování firewallů apod. Důraz byl kladen zejména na zachování všech funkcí původních úloh a podobného vzhledu. I přes tuto snahu se nová verze v mnoha ohledech od původní odlišuje a tyto rozdíly jsou podrobněji zdůvodněny a vysvětleny.*

### **Bezsenzorové vektorové řízení synchronního motoru s permanentními magnety realizované na dsp**

Simon Kalombo, vedoucí: Ing. Zdeněk Novák, Ph.D.

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: čeština

*Předložená práce má za cíl vytvořit řídicí systém pro synchronní motory s permanentními magnety (PMSM) bez použití senzoru polohy rotoru. Nejdříve je věnována pozornost popisu a návrhu vektorového řízení PMSM, jenž je v dnešní době standardem řízení moderních elektrických pohonů. Následně je popsán a implementován algoritmus bezsenzorového řízení. Pro tento účel je zvolen rozšířený Kalmánův filtr, který slouží jako robustní estimátor polohy a rychlosti rotoru. Pro dosažení nižší výpočetní náročnosti byl algoritmus Kalmánova filtru optimalizován. Vektorové řízení společně s Kalmánovo filtrem bylo implementováno v rámci simulace v softwaru Matlab Simulink.*

*Jelikož algoritmus estimace neposkytuje validní odhad při nízkých otáčkách motoru, bylo nutné implementovat také algoritmus rozběhu motoru. Jako další krok je plánována realizace řešení na digitálním signálovém procesoru (DSP) TMS320F28379D od firmy Texas Instruments. Simulačně ověřený systém řízení PMSM tak bude implementován do výše zmíněného procesoru pro validaci s reálným hardwarem.*

## **Digitální dvojče stroje pro podporu monitorování procesu obrábění**

Tomáš Makar

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Digitální dvojčata strojů a procesů představují jeden z prostředků digitální podpory přípravy a realizace výroby v kontextu strategie Průmyslu 4.0. Konkrétněji bude představeno procesně orientované digitální dvojče, a to ve smyslu využití v rámci obráběcích strojů a obráběcího procesu, jeho struktury (co všechno takové digitální dvojče obsahuje) a jak ho lze uchopit jako zdroj dat pro podporu procesu obrábění. Procesně orientované digitální dvojče tedy slouží k predikci výsledků obrábění, druhým cílem je využití pro monitorování procesů. Model procesně orientovaného digitálního dvojčete stroje je složen z celého řetězce na sebe navazujících částí. První je využit propojený model mechaniky stroje společně s modelem pohonů včetně regulace a samozřejmě nechybí samotné CNC. Takto připravený model je schopen skutečně reprezentovat obráběcí stroj a cyklus obrábění dílce. Procesně orientovaná digitální dvojčata jsou pak využívána pro simulaci a optimalizaci NC technologií obrábění. To znamená, že díky přesnému digitálnímu dvojčeti lze analyzovat a eliminovat zdroje chyb obrábění a celý proces tak optimalizovat. Zároveň lze pomocí simulací a porovnání dat optimalizovat parametry nastavení stroje. Například se může jednat o nastavení parametrů pohonů, nastavení interpolátoru nebo dokonce o optimalizaci samotného NC kódu.*

## **Řízení robotu pro zajištění kvalitní technologie navařování**

Martin Novák, vedoucí: Jan Brajer

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce se zabývá laserovým navařováním z drátu. Pro navařování je využito hlavy CoaxPrinter od firmy Precitec. Hlava je výjimečná svou optickou cestou, která přetvoří laserový paprsek na prstenec, jehož středem je koaxiálně přiváděn drát. Hlava je polohována pomocí robotu KUKA KR 60 HA, který je externě řízený pomocí systému Sinumerik. Práce je motivována požadavkem na kvalitní, rychlé, cenově dostupné a zároveň bezpečné navařování ve výrobním průmyslu. Navařovat je možné buďto tvary s využitelností například pro letecký průmysl, nebo vyvařovat například dutiny a vady. To může být zajímavé například pro automobilový průmysl. V práci je provedeno porovnání*

*aditivních technologií pro výrobu z kovu, jako jsou SLM, WAAM, EBAM a LMD. Je provedeno porovnání vlastností robotů a výrobních strojů. Praktická část je věnována nastavení vlastního navařovacího procesu na základě vizuální kontroly kvality návaru.*

### **Využití digitálního dvojčete stroje**

Marcel Pražák, vedoucí: Michal Stejskal

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Průspěvek přibližuje možnosti využití digitálního dvojčete obráběcího stroje, dále DT. V příspěvku jsou porovnány výstupy z CAM a z DT na úrovni řídicího systému (řs). V CAM jsou generovány dráhy nástroje bez hlubší znalosti procesních parametrů (např. řezné síly, MRR, aj.) a dynamiky obráběcího stroje (např. zrychlení a ryvy pohybových os, aj.). Navíc od CAM po fyzické obrábění na stroji je nutné provést další operace (např. postprocessing). Tyto operace mohou také výsledné obrábění výrazně negativně ovlivnit. Z těchto hlavních důvodů se výstupy z CAM simulace oproti reálnému obrábění mohou lišit. Pomocí DT lze provést věrohodné simulace obrábění. Na základě výstupů z DT lze preprocesně upravovat technologii a dráhy nástroje, a tím dosáhnout lepšího výsledku při obrábění. Tím odpadá nákladné ladění výroby na stroji stylem pokus-omyl:*

### **Identifikace tito systému**

Luboš Vach, vedoucí: prof. Ing. Milan Hofreiter, CSc.

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: čeština

*Průspěvek je věnován reléové zpětnovazební identifikaci lineárního časově invariantního TITO systému. V příspěvkou jsou popsány dvě zvolené metody reléové identifikace. Uvedené metody budou ověřeny Matlab-Simulinkským prostředím.*

### **Simulační model obráběcího stroje v cam systému siemens nx s verifikací strojního času**

Jan Zbírál, vedoucí: Ing. Petr Vavruška, Ph.D.

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Práce se zabývá problematikou predikování strojních časů při simulaci obrábění řízené NC programem s využitím modelu obráběcího stroje. Takový model je vytvořen pro soustružnicko-frézovací centrum Kovosvit MAS SP 430 s řídicím systémem Sinumerik 840D. Simulační model je vytvořen v CAD-CAM systému Siemens NX, který umožňuje simulovat obráběcí procesy s celými modely*

strojů, přičemž tyto simulace jsou založeny na NC programu, nikoli na vnitřních CL datech. To je možné díky obecnému emulátoru řídicího systému, jenž je v Siemens NX implementován pro hlavní typy řídicích systémů, dostupných na trhu, avšak emulátor řídicího systému je vždy nutno upravit podle konkrétního řídicího systému stroje. Emulátor řídicího systému je proto v této práci upraven tak, aby odpovídal co nejvíce reálnému stroji SP 430. Krom konfigurace kinematiky a nastavení kinematických parametrů jednotlivých os, je emulátor rozšířen o funkce popisující kinematické parametry řízení včetně, a to za účelem zvýšení přesnosti predikovaných strojních časů. Upravený emulátor řídicího systému je otestován porovnáním predikovaných strojních časů, získaných na základě verifikace NC programů pomocí simulačního modelu stroje, vůči naměřeným strojním časům, získaných při odbavení NC programů na reálném stroji SP 430. Zjištěné odchylky predikovaných strojních časů oproti skutečným jsou zanedbatelné a díky tomu bylo potvrzeno, že použití tohoto způsobu verifikace strojních časů je vhodné pro použití v praxi.

## Sekce magisterská – M4

Předseda sekce: doc. Ing. Jan Horejc, Ph.D.

Členové komise: Ing. Hana Schmirlerová Ph.D, Ing. Zdeněk Novák Ph.D., ing. Ctirad Novotný, Ph.D.,

### **Vývoj nového typu implantátu pro rekonstrukci drobných kraniotomických vrtných defektů vyráběného pomocí technologie 3d tisku**

Júlia Bodnárová, vedoucí: prof. RNDr. Matej Daniel, Ph.D.

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: čeština

*Moderným prístupom pre evakuáciu subdurálneho hematómu je operačný zákrok v podobe drobnej kraniotómie. Po chirurgickom zákroku zostáva v lebečnej kosti defekt až do priemeru 30 mm. Defekt bez rekonštrukcie predstavuje pre pacienta riziko. Súčasné možnosti riešenia rekonštrukcie sú limitované na kraniálne dlahy s obmedzenou životnosťou a funkciou. Bioresorbovateľné implantáty zase neposkytujú dostatočné mechanické vlastnosti a nezaručujú výsledný tvar povrchu lebky. V poslednej dobe sa pre riešenie špecifických anatomických problémov presadzujú aditívne technológie. 3D tlačené porézne štruktúry preukázali výbornú biokompatibilitu. Táto práca rieši problematiku návrhu, výroby a testovania koncepcie nového typu titanového implantátu pre rekonštrukciu drobných kraniotomických vrtných defektov. Zjednodušený analytický model vychádza z klasickej úlohy pružnosti a pevnosti, ktorú predstavuje krivý prút rovnomerne zaťažený tlakom. Virtuálny 3D model je vstupom do konečno-prukovej analýzy (MKP) a následne do výroby. MKP analýza odhaľuje nedostatky analytického riešenia. Mechanické*

*testovanie je zamerané na preukázanie bezpečnosti a overenie MKP modelu. Metodika testov je navrhnutá na základe dostupných štandardov pre obdobné aplikácie. Výstupom je axiálna vytrhávacia a vytlačovacia sila. Pre vytlačovacie skúšky je testovaná aj možnosť zaťaženia mimo osu implantátu. Výsledkom práce je prvotný návrh implantátu vrátane inštrumentária a postupov implantácie a extrakcie.*

### **Optimalizace hoření v zážehovém motoru řady ea211 s ohledem na použití v hybridním vozidle**

Ing. Vojtěch Dolejší, vedoucí: Ing. Libor Červenka, Ph.D.

Ústav: 12120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Jazyk prezentace: čeština

*Tématem diplomové práce je optimalizace hoření v zážehovém motoru MPI řady EA211 společnosti ŠKODA AUTO a.s. použitím zapalovací komůrky v pracovní oblasti spalovacího motoru typické pro provoz v hybridním vozidle. Pro posouzení vhodnosti použití komůrky je využita kombinace 1D a 3D výpočetních přístupů. Práce se v první části zabývá tvorbou prediktivního výpočetního modelu motoru s pasivní komůrkou za účelem popsání vlivu pasivní komůrky na hoření a měrnou spotřebu paliva. Výsledky jsou poté ověřeny pomocí měření na skutečném motoru. V druhé části jsou vytvořeny 1D a 3D modely motoru s aktivní komůrkou, na jejichž základě je diskutována použitelnost takového řešení pro MPI jednotky.*

### **Leštění pomocí ultra krátkopulzního laseru s využitím burst módu**

Jakub Fousek

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Leštění je často závěrečný technologický proces a je ve velké míře realizován mechanicky, což přináší řadu omezení, jako jsou časová náročnost, vysoké požadavky na zkušenost pracovníků, nízká opakovatelnost či tvarová složitost dílů. Jejím cílem je primárně redukce drsnosti povrchu charakterizovaná měřitelnými parametry jako jsou např. průměrná aritmetická odchylka profilu drsnosti  $R_a$  a jí podobný parametr  $S_a$ , který reprezentuje odchylku na celé měřené ploše. O leštění využívající laserová zařízení pojednává již mnoho vědeckých článků. Laserový zdroj Carbide, který je dostupný v laboratoři ČVUT disponuje nastavitelným burst módem. Burst mód rozděluje jeden laserový pulz do několika dalších pulzů s menší energií, ale zároveň tyto pulzy produkuje v kratších periodách. Tento jev má za následek podstatné zvýšení opakovací frekvence laseru a využívá velice krátkých period mezi jednotlivými pulzy. Tento fakt mění také fyzikální princip leštění. Pulzy lze rozdělit v takzvaném GHz módu, který vysílá pulzy s periodou nižších stovek pikosekund a MHz módu s periodou několika nanosekund. GHz a MHz módy lze také kombinovat. Pokud tedy laser rozdělí pulz až do deseti GHz a do deseti MHz*

*burstů, jejich kombinací vznikne až stonásobné navýšení opakovací frekvence laseru. V provedených experimentech byly zkoumány jednotlivé vlivy nastavení burst módu, výkonu a skenovací strategie laseru na drsnost povrchu, kterou se v některých případech podařilo snížit až o 53 % z referenční drsnosti 0,45 m na 0,21 m.*

### **Honocení struktury a mechanických vlastností 3d tištěné slitiny alsi10mg v závislosti na parametrech tepelného zpracování**

Bc. Eliška Galčíková, vedoucí: doc. Ing. Jana Sobotová, Ph.d.

Ústav: 12132 Ústav materiálového inženýrství

Jazyk prezentace: čeština

*Cílem předložené práce je hodnocení vlivu tepelného zpracování na strukturu a mechanické vlastnosti 3D tištěné slitiny AlSi10Mg. U vzorků vyrobených metodou DMLM byly porovnávány 4 režimy žíhání při teplotách 240 °C a 300 °C s variantním časovým průběhem se stavem as-built. Mechanické vlastnosti byly zkoumány zkouškou tahem a měřením tvrdosti, ve všech případech se jednalo o vzorky s obrobeným povrchem. Metalografická analýza byla provedena pomocí světelné a rádkovací elektronové mikroskopie. Zkoumaná slitina má v rámci sledovaných stavů nejvyšší pevnostní charakteristiky ve stavu as-built. Žíhané vzorky mají nižší pevnostní charakteristiky než stav as-built s tím, že při vyšší teplotě žíhání je tento pokles výraznější a je způsoben rozpadem křemíkového síťoví.*

### **Optimalizace hrubovacího obrábění grafitových elektrod v cam**

Bc. Michal Jarkovský, vedoucí: Ing. Jan Tomíček, Ph.D.

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tato diplomová práce řeší problematiku obrábění grafitových elektrod. Tyto elektrody jsou následně využívány při elektroerozivním obrábění vstřikovacích forem. Cílem práce je snížit obráběcí čas hrubovacích operací na konkrétním stroji ve firmě Bronas s.r.o. Teoretická část práce se zabývá problematikou výroby vstřikovacích forem a konkrétními příspěvky elektroerozivního obrábění. Dále popisuje problémy při obrábění grafitových dílů. Následně porovnává výhody CAD-CAM a CAD + CAM softwarů. Z praktického experimentu byl vyhodnocen vliv změny rezných parametrů, změny obráběcích strategií a změny nástroje na celkový hrubovací čas u specifických typů elektrod. Následně byl proveden teoretický experiment, kdy se frézka se třemi osami nahradila za frézku s pěti osami. Jako poslední je vytvořeno ekonomické vyhodnocení optimalizací pro jednotlivé typy elektrod a následně vybrány nejlepší varianty. V závěru práce jsou zformulovány konkrétní doporučení pro obrábění těchto elektrod a zhotoveny poznatky, které pomohou při výběru nového stroje.*

### **Analýza současného stavu digitalizace a business intelligence průmyslových podniků v české republice**

Bc. Václav Kalina, vedoucí: Ing. Jan Lhota, Ph.D.

Ústav: 12138 Ústav řízení a ekonomiky podniku

Jazyk prezentace: čeština

*Tato diplomová práce je věnována analýze stavu digitalizace průmyslových podniků v České republice, zejména pak použití nástrojů Business intelligence při podnikovém rozhodování. Vyhodnocení probíhalo na základě elektronického dotazníkového šetření u 71 respondentů a telefonicky u 3 respondentů. Datový pool obesaných se skládal z 2872 společností zpracovatelského průmyslu C 24 až C 30 dle kódů NACE. Šetření probíhalo od 21.02.2022 do 21.03.2022.*

*Provedeným výzkumem jsem zjistil, v jakém stavu je digitalizace daných podniků, jaké nástroje podniky používají, v jakých oblastech nástroje aplikují, zdali využívají Business Intelligence a případně proč BI nástroje neimplementují. Hlavním zjištěním jsou důvody pro nepoužívání, které se odlišují dle velikosti podniku i kódu NACE. Obecně můžeme říct, že podnikům často chybí strategie informačních technologií nebo kvalifikovaný pracovník. Důležitými důvody jsou i neznalost těchto nástrojů a vysoké náklady na implementaci. Na rozdíl od SME vidíme u velkých podniků důvodem spíše nedostatečné přínosy nástrojů BI a paradoxně jejich stále vysoké náklady, zatímco u menších podniků mají problém s kvalitou dat nebo chybějícím pracovníkem. Závěrem popisují potvrzení nebo vyvrácení předem stanovených hypotéz s návrhem dalšího postupu zkoumání této oblasti vědy.*

### **Vývoj a experimentální ověření trysky pro vysokotlaké tryskání do úzkých štěrbin**

Bc. Ondřej Lerach, vedoucí: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Ústav: 12133 Ústav strojírenské technologie

Jazyk prezentace: čeština

*Tato práce se zabývá vývojem a experimentálním ověřením trysky pro vysokotlaké tryskání do úzkých štěrbin. Pro experiment byla navržena trysková sestava splňující specifické parametry pro tryskání do štěrbin mostních konstrukcí. Efektivita tryskové sestavy byla následně odzkoušena na zkušebních vzorcích.*

### **Experimentální analýzy procesních podmínek pro efektivní mletí cvrččí mouky**

Jan Pipek, vedoucí: doc. Ing. Lukáš Krátký, Ph.D.

Ústav: 12118 Ústav procesní a zpracovatelské techniky

Jazyk prezentace: čeština

*Diplomová práce se zabývá experimentálním určením optimálních provozních podmínek strojů při zpracovávání cvrčka domácího. Blíže je pak zaměřena na proces mletí, kde mezi hlavní pozorované veličiny patří velikost sít a otáčky*

rotoru. Cílem je najít vyhovující nastavení mlýnů tak, aby bylo dosaženo co největší jemnosti výsledného produktu. Dále je pozorován vliv provozních podmínek na energetickou náročnost na rozdrůžování částic.

### **Generování dat z cam systému siemens nx pro realizaci výroby na cnc stroji**

Petr Sklenička, vedoucí: Petr Vavruška

Ústav: 12135 Ústav výrobních strojů a zařízení

Jazyk prezentace: čeština

*Bakalářská práce se zabývá rozбором stávajících řešení v oblasti automatizovaného generování výrobních dat pro CNC stroje, především pak generováním návodů pro obrábění a seřizovacích listů nástrojů v návaznosti na postprocesor. Po provedeném rozboru stávajících řešení následuje zpracování vlastní funkce v prostředí CAM systému Siemens NX, která automaticky generuje návodku pro obrábění a seřizovací listy nástrojů spolu s NC programem. Provázáním tvorby těchto doprovodných výrobních dokumentů s generováním NC programu se poukazuje na jejich souběžnou aktualizaci ve výrobním procesu. Výsledné řešení bylo provedeno pomocí nástrojů NXOpen, s jejichž pomocí se podařilo vytvořit vlastní prostředí v CAM systému Siemens NX. Navržené automatizované generování návodky pro obrábění disponuje třemi variantami grafických výstupů, mezi které patří výkres upnutí, obrázkový náhled na upnutý dílec a v neposlední řadě interaktivní 3D PDF sestava pro elektronické zobrazení. Řešení se zaměřuje také na využití aktuálního nového trendu v podobě využití tzv. PMI (Product and Manufacturing Information) kót. Programovacími metodami nástrojů NXOpen byly implementovány do vytvořeného prostředí i funkce Shop Documentation pro tvorbu seřizovacích listů nástrojů či funkce postprocesoru, díky které lze současně se zmíněnými dokumenty vygenerovat i NC program. Tímto postupem je zajišťována aktualizace všech potřebných dat pro výrobu najednou, čímž se snižuje riziko chyby v procesu přípravy technologické přípravy výroby.*

## **Sekce doktorská – D1**

Předseda sekce: doc. Ing. Jan Skočilas, Ph.D.

Členové komise: prof. Ing. Ladislav Rus, DrSc., prof. Ing. Bohumil Šulc CSc.,  
ing. Libor Beránek Ph.D., , Mgr. Veronika Kratochvílová , Petra Nosková -  
Mondi Štětí

### **Research of the process of additive manufacturing of nickel-based super alloys regarding surface integrity**

Lucie Hlavůňková



Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: english

*The process of additive manufacturing consists in the gradual laying of individual layers - cross-sections until the complete creation of the given part. An indisputable advantage of production using additive technologies is the possibility to produce geometrically complex parts with a minimum amount of consumed material. Today, these qualities are valued mainly in the aerospace and automotive industries. Where it is a matter of speeding up the overall production process of prototypes and functional parts without the need to produce moulds and tools. The development of new materials emphasizes a detailed understanding of the influence of key process parameters, which are closely related to structural integrity, anisotropic behaviour and residual stress caused by influences during printing. Nickel-based superalloys are materials that have effective capabilities to withstand high temperatures, stresses, and corrosive environments. Knowledge of the correct setting of process parameters increases the possibilities of application in a wider range of applications.*

#### **Real time inspection of foil welds**

Daniel Hykl, vedoucí: Milan Hofreiter

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: english

*In the product packaging process, the product is compressed so that the trucks are maximally loaded during transport to the end customer. It is a product of glass insulating cotton wool of various thicknesses and densities. During this compression, the product is wrapped in a 50 or 80 micron film and the film is welded. Variables such as compression pressure, cleanliness and adjustment of welding bars and rubber bands, knife quality for cutting foil, ambient temperature, set welding bar temperature, weld cooling time and foil quality and homogeneity enter into this process. Bale cracking bears high costs for handling and repackaging into new foil and for complaints. The first phase of the solution will be devoted to the analysis of the welding process, which will later be used for the design and implementation of SW and HW solutions leading to a reduction in weld cracking.*

#### **Shape optimization of blade cascade using adjoint method**

Pavel Mačák

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: english

*The aim of this paper is to present an adjoint method for shape optimisation in turbomachinery with the goal to change flow angle at outlet from a blade cascade. Firstly, the concept of adjoint optimization method is introduced and briefly explained. Afterwards, the methodology is applied on chosen compressor blade cascade GHH 1-S1. Different formulations of cost function are*

*introduced and compared in their capability to change the flow angle at outlet from the cascade.*

### **Femtosecond laser ablation of ultra-hard cutting materials**

Tomáš Primus, vedoucí: Pavel Zeman, František Holešovský

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: english

*Diamond, boron-nitride or ceramics are well known as ultra-hard cutting tool materials. The development of this ultra-hard materials has been recorded in last few years due to its high hardness and wear resistant which allows to machine new alloys with very high productivity. While due to that unique properties, there are difficult to machine. Therefore, the femtosecond laser ablation seems to be a reliable tool. However, before production of cutting tools by laser machining, the process of laser ablation and its effect on the material has to be described. This paper brings a complex comparison of the ablation behaviour of the two different PCBN materials (high content of CBN, low content of CBN), PCD and silicon-nitride based ceramics under femtosecond laser irradiation. The lowest ablation threshold ( $F_{th} = 0.21 \text{ J-cm}^2$ ) was found for PCD. Simultaneously, the lowest removal rate was found for the same material. While the highest ablation was measured for Ceramics due to its low thermal conductivity. In addition, the surface roughness measurement shows that the Ceramics can be ablated with constant surface roughness even for higher fluences. Finally, the theoretical curves of removal rates were validated according to the measured data.*

### **Hydro-thermal power reserve optimization.**

Michal Roubalík, vedoucí: doc. Ing. Václav Dostál, Ph.D.

Ústav: 12115 Ústav energetiky

Jazyk prezentace: english

*Due to increasing significance of renewable sources of energy, volatility of power energy market and network is strongly affecting our decision making processes in terms of power generation. We propose formulation of mixed integer linear programming (MILP) model of power plant portfolio containing thermal and hydro power units. Correct decision making while determining unit commitment, energy dispatch and power reserve is crucial in achieving economic and environmentally friendly power plant operation. We show that the model is able to perform optimization to price as well as optimization to contracted load, while fulfilling constraints such as power ranges, starting costs and ramping sequences, ramping speed limits, etc. The model also formulates power reserve criterion shared among all power sources in the generating company's portfolio.*

### **The use of laser shock peening in additive manufacturing**

Ondřej Stránský

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: english

*Laser shock peening (LSP) offers a unique set of effects on the metallic materials, especially useful as a tool for combating detrimental effects typical for additive manufacturing. The LSP process is typically producing deep compressive residual stresses, which are usually beneficial in many technical applications. The combination of LSP+AM has the potential to drastically change the part performance under load, fatigue life, roughness and many more either as a post-process or as a subprocess incorporated into additive manufacturing.*

### **A geometrical interpretation of obtaining multiaxial fatigue data from surfaces**

Ing. Bc. Nicolette Tiekuová, vedoucí: prof. Ing. Milan Růžička, CSc.

Ústav: 12105 Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Jazyk prezentace: english

*A matter of damage cumulation under multiaxial loading is investigated in relation to obtaining fatigue data from surfaces by algorithm of critical plane approach, integral approaches and other types of criteria. The computer algorithm of processing and closing random (stochastic) nonproportional multiaxial variable amplitude load signal in high cycle regime, statistical hypothesis testing, spectral method and comparison between time and frequency domain are analysed.*

### **Cooperation of active steering control of wheelsets with subsystems of an autonomous urban rail vehicle**

Jan Vrba, vedoucí: Josef Kolář

Ústav: 12120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Jazyk prezentace: english

*The paper presents the motivations for the application of actively controlled elements in the running gear of a rail vehicle and the challenges that need to be addressed before deploying vehicles with actively controlled elements in real operation. Furthermore, the paper presents the design of an active element concept and its control for steering the axles of an urban rail vehicle to improve the vehicle's passage through small radius curves. The design takes into account the fundamental issues of cost and safety of the application of active elements, which are addressed in the presented control design by using data from autonomous driving subsystems such as the environmental database or the anti-collision system.*

## Sekce doktorská – D2

Předseda sekce: prof. Ing. Jiří Fürst, Ph.D.

Členové komise: prof. Ing. František Freiberg, CSc., Ing. Marie Martinásková Ph.D., Ing. Miloš Lain, Ph.D., , Nina Procházková Ayyub, Jakub Hamerník - Continental

### **Fatigue behavior of filament wound composite coupons**

Jan Hostaša, vedoucí: Milan Růžička, Tomáš Vampola

Ústav: 12203 Centrum leteckého a kosmického výzkumu

Jazyk prezentace: english

*The paper is concentrating on experimental measuring of fatigue behaviour of filament wound composite. Coupon specimen manufactured from pipes (Toray T700) were tested under cyclic tension-tension loads. Present work evaluates data acquired from first series of coupon tests with focus on stiffness degradation in time. Various measuring methods and stand modifications are presented as well as different approaches in production of coupon specimen. The paper is focused on overview of experience gained during tests rather than presenting results.*

### **A methodology of nozzle shape optimization based on machine learning using higher order neural units**

Patrik Kovář, vedoucí: Jiří Fürst

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: english

*In this contribution, a methodology of plane nozzle shape optimization based on machine learning is introduced. Higher order neural units (HONUs) with various activation functions are considered as approximator of strongly nonlinear Navier-Stokes equations which govern the flow. Shape of well-known NASA nozzle is chosen as initial geometry which is approximated with 5-th order Bezier curve. Different geometrical shapes, derived from initial geometry, are employed in order to obtain training data set. Thus, the task consists of multi-variable optimization with defined cost function as a target which is calculated using computational fluid dynamics (CFD) performed on fully structured meshes. The goal of this optimization is obtain geometry which meets desired conditions at the outlet of the nozzle e.g. flow field uniformity, specified flow regime etc. Finally, performance of different approximators is compared and best candidates of optimization are validated through CFD calculation.*

### **Effect of process parameters on 3d metal printing**

Šimon Petrášek

Ústav: 12134 Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Jazyk prezentace: english

*Research in the field of 3D metal printing is very broad, focusing on both the machines and the printing process itself. For the end-user of a 3D printer, knowledge concerning the setup of process parameters is of particular importance. The content of the paper is a summary of the knowledge of their influence from the perspective of the properties of the manufactured part and the printing process. The values of the process parameters directly influence the mechanical properties of the part, errors in the material structure, as well as the production time and reliability. Knowledge of these effects is central to optimizing the printing process in terms of the quality of the parts produced or the efficiency of the production process. The aim is to create a comprehensive picture of the current state of the art, to determine the future direction of research. Following the information found, experimental optimization of one or more parameters can be followed up.*

#### **Adjusting of the wire cutter to the centre of the predrilled hole.**

Martin Procházka, vedoucí: doc. Ing. Jan Hošek, Ph.D.

Ústav: 12110 Ústav přístrojové a řídicí techniky

Jazyk prezentace: english

*WEDM (Wire Electro Discharge Machining) machines are very precision machining devices that can make a workpiece with a high accuracy. However, workpiece have to be adjusted and clamped precisely. It wouldn't be a problem when 2D shapes are machined and all works are made on the same machine under the same angle. The problem comes when 3D objects are machined and-or some places are machined before, or in more different positions. This paper deals with the problem of adjusting the wire of the wire cutter to the centre of the predrilled hole in some workpiece. School EDM machine with wire cutter attachments is used as a model device for developing and testing the adjusting algorithm. In this paper, the problem, method of developing, testing and optimizing the adjusting algorithm and the algorithm itself is described. At the end the applicability of solution is evaluated.*

#### **The influence of the construction of tram fronts on the consequences of accidents with passenger cars**

Ing. Jakub Seidl, vedoucí: doc. Ing. Josef Kolář, CSc.

Ústav: 12120 Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Jazyk prezentace: english

*This article deals with the issue of how the construction of the front of tram vehicles designed according to the requirements of the standard EN 15227 will affect the consequences of tram's accidents with passenger cars. The first part of the article describes the requirements of the standard EN 15227 for newly designed trams. Than it describes the creation and evaluation of tram accident statistics in the Czech Republic for the years 2016 to 2018 with regard to the*

*types of collision vehicles, collision directions and consequences of accidents. From the results of the evaluation of the accident statistics, a collision scenario was determined, in which the passengers were most often injured inside passenger cars. The last part of the article is devoted to the creation of simulation models of accidents of trams ŠKODA 15T, ŠKODA 39T and Stadler Tango NF2 with a car and evaluation of simulation calculations with regard to the risk of injury to car's driver in an accident with trams using human biomechanical criteria.*

### **Computational fluid dynamics study of the natural convection cooling process in 3d double annulus**

Adam Tater

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: english

*This work deals with natural convection as a phenomenon that accompanies nearly every engineering application. Sometimes it is a desirable part of the process, but it can often cause problems as well. This study is focused on problem of nonuniform temperature fields during shutdown cooling of a gas turbine which causes undesirable displacements of the drive shaft and stationary casing. The gas turbine is geometrically simplified to 3D double annulus. This geometry is discretized with high quality structured meshes, which should minimize discretization errors. Finite volume method and RANS approach is adopted with schemes of second order accuracy in space and time. Turbulence is modeled by two-equation model with additional transport equation for intermittency. In addition, radiation model is coupled with turbulent flow model as it is dominant phenomenon in the beginning of simulations. Sequences of natural convection cooling simulations are then performed and the influence of the middle tube diameter is investigated.*

### **Finite element solution of incompressible navier-stokes equations: comparison of projection method to the coupled approach for taylor-hood finite element**

Karel Vacek, vedoucí: doc. RNDr. Petr Sváček, Ph.D.

Ústav: 12101 Ústav technické matematiky

Jazyk prezentace: english

*This article focuses on a discretization of the incompressible Navier-Stokes equations using the finite element method. Here, either the coupled approach or the de-coupled approach, projection method, are used. In both cases, the Taylor-Hood element is used for the approximation of the flow velocity and pressure. This couple of velocity-pressure finite element spaces satisfies the Babuska-Brezzi inf-sup condition, which guarantees the stability of the method. Although using BB stable elements is not necessary in projection methods (one can use e.g. the equal order finite element), its use can be still beneficial - as*

*for example the choice of the time step is not limited from below in this case. The realization of the numerical method is done by an in-house code. The arising systems of linear equations are solved by the direct solver (UMFPACK). The numerical results are compared to the reference data for the case of flow around the cylinder. It is shown how the quality of the mesh and the choice of the time step involve results obtained by each method.*