



FAKULTA ústav mechaniky
STROJNÍHO těles, mechatroniky
INŽENÝRSTVÍ a biomechaniky



TÉMATA PRO DOKTORSKÉ STUDIUM 2016/2017

Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky
Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně

Popis šíření creepové trhliny v polymerních materiálech

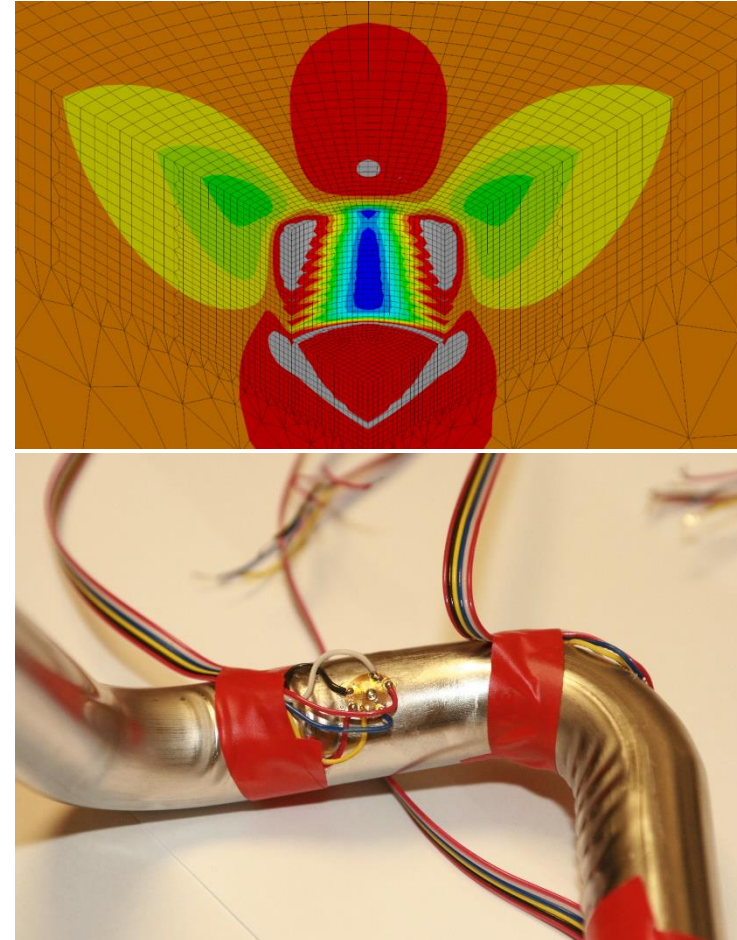
Díky stále většímu podílu polymerních materiálů určených pro dlouhodobé aplikace je proces pomalého růstu creepové trhliny jedním z významných výzkumných témat. Proto hlavním cílem této práce je relevantní popis šíření creepové trhliny v polymerních materiálech při komplexním mechanickém namáhání s uvážením residuálních napětí. Creepová trhlina je popsána lomovými parametry a na základě numerického výpočtu je určena zbytková životnost polymerní součásti. Výsledky numerických simulací budou v projektu konfrontovány s experimentálními daty v rámci spolupráce s Polymer Competence Center Leoben (PCCL) a Polymer Institute Brno.

Numerické modelování zavírání únavové trhliny

Mechanismus zavírání únavové trhliny je již popsán poměrně dobře v literatuře a potvrzen experimentálně. Většina prací se ale zabývá jednoduchou geometrií, která odpovídá 2D řešení. Detailní popis zavírání v případě složitějšího čela únavové trhliny je stále otevřený problém. Proto cílem této práce je numerické modelování zejména plasticky indukovaného zavírání trhliny v případě složitějších trojdimensionálních úloh. Numericky získané výsledky budou ověřeny pomocí cílených únavových experimentů v naší laboratoři. Důležitým bodem je také separace jednotlivých mechanismů podílejících se na zavírání trhliny.

Numerická simulace odvrtávací metody pro zjišťování zbytkové napjatosti

Zbytková napětí jsou napětí, která působí v součásti trvale bez vnějšího zatěžování jako důsledek předchozích technologických procesů. Při vnějším silovém působení mohou tato zbytková napětí mít škodlivý nebo i užitečný vliv. Jednou z nejpoužívanějších metod pro měření zbytkové napjatosti je metoda vrtání otvoru. Cílem práce je vytvořit výpočtový model simulující odvrtávací metodu pro určení zbytkových napjatostí s možností zahrnutí nejistot, které mohou v reálné situaci nastat.



Školitel: doc. Ing. Tomáš Návrat, Ph.D., školitel specialista: prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.

Výpočtové modelování nanoindentace

Princip nanoindentace spočívá v zatlačování miniaturního hrotu do různého materiálu a to na úrovni nanometrů až mikrometrů - výstupem z experimentu je závislost síla - posuv hrotu. Standardně používané přístupy pro vyhodnocení nanoindentčního testu byly primárně vyvinuty pro homogenní a izotropní objemové materiály za předpokladu celé řady okrajových podmínek. V případě aplikace těchto metod pro těleso s tenkou vrstvou však dochází k principiálnímu porušení těchto základních předpokladů. Je zřejmé, že v případě nano/mikro kompozitních tenkých vrstev se situace ještě více komplikuje.

V první fázi je cílem určit elasto-plastické materiálové charakteristiky pro různé materiály (kov, sklo, keramika) tak, aby byl zajištěn soulad mezi experimentálně a výpočtově (pomocí metody konečných prvků) určenou závislostí síla-posuv hrotu. Např. pro křemičité sklo je maximální velikost silového působení při zkoušce 200 mN a tomu odpovídající posuv hrotu je 1310 nm. Pro odladěný výpočtový model se bude v další fázi výpočtově modelovat proces nanoindentace pro tělesa s různými materiálovými vlastnostmi včetně těles s tenkými vrstvami.

Počítačová simulace plošného tváření ve vývoji nástrojů a procesů lisování karosářských dílů

Téma je vypsáno a řešeno v úzké spolupráci s firmou Škoda Auto, která nabízí studentům finanční podporu během studia v prezenční i kombinované formě s nabídkou zaměstnání po jeho úspěšném ukončení. Jedná se o širokou problematiku, na které může paralelně pracovat větší množství studentů (až 5) a která zahrnuje dílčí otázky optimální volby geometrie výlisků, nástrojů, materiálu, procesních parametrů a jejich vliv na odpružení, rozměrovou stabilitu, tvařitelnost a porušování produktů a nástrojů. Každý ze studentů bude zpracovávat jedno z dílčích témat, jejichž společným jmenovatelem bude zpřesnění výpočtových modelů a jejich plná integrace do virtuálního navrhování inovovaných výrobků a procesů.

Školitel: prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.

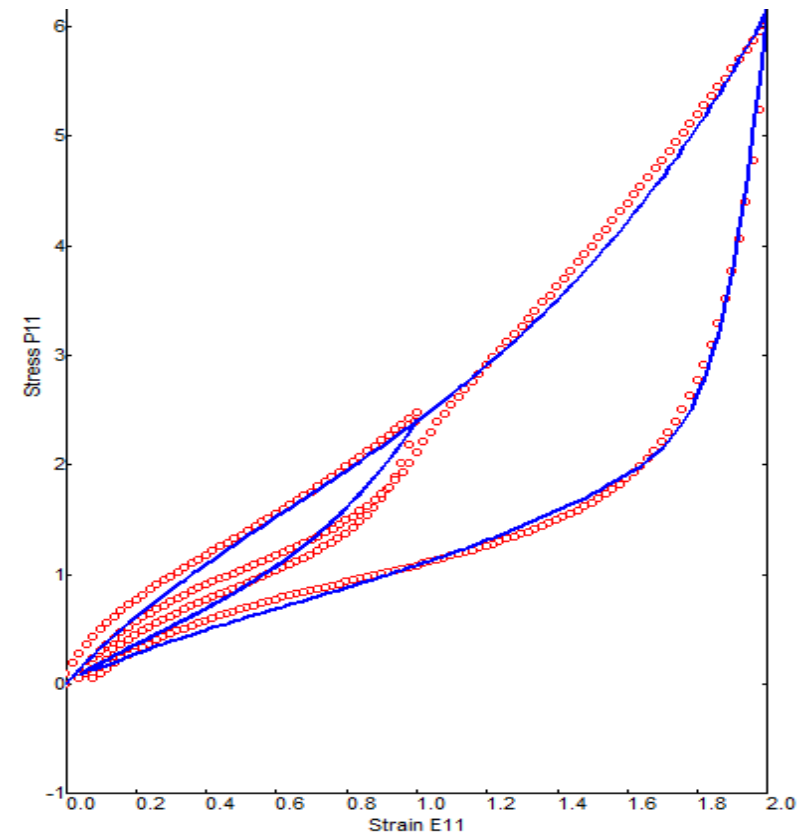
Spolehlivost keramické hlavice kyčelní endoprotézy při víceosé napjatosti

Pro posouzení pravděpodobnosti porušení keramické hlavice totální kyčelní endoprotézy se využívá Weibulova teorie nejslabšího článku. V keramické hlavici vzniká při zatížení dle ISO 7206-5 obecná 3-osá napjatost s výraznou tahovou složkou ve směru obvodovém (první hlavní napětí). Dosavadní výzkum zahrnoval do výpočtové modelu pouze toto v tahové napětí a zbývající složky nebyly uvažovány. Cílem je rozšířit výpočtové modelování pravděpodobnosti porušení hlavice o zbývající dvě hlavní napětí.

Modelování neelastických efektů elastomerů

Přůž a ostatní elastomery v oblasti extrémně vysokých deformací (stovky procent) vykazují neelastické efekty (Mullinův efekt, plasticita, viskoelastická), které způsobují významné odchylky hyperelastických modelů od reality a vyvolávají rovněž druhotnou anizotropii vlastností elastomeru.

Téma se bude věnovat především anizotropnímu chování elastomerů v důsledku Mullinsova efektu, implementaci a využívání příslušných konstitutivních modelů s případnou aplikací i pro vláknové kompozity s elastomerovou maticí (guma vyztužená textilními a jinými vlákny).



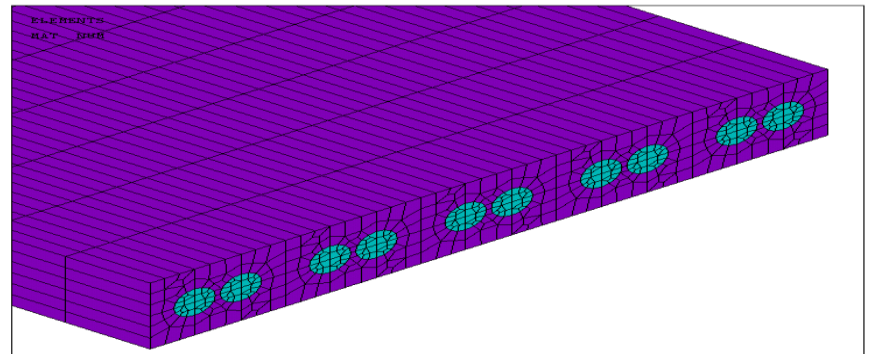
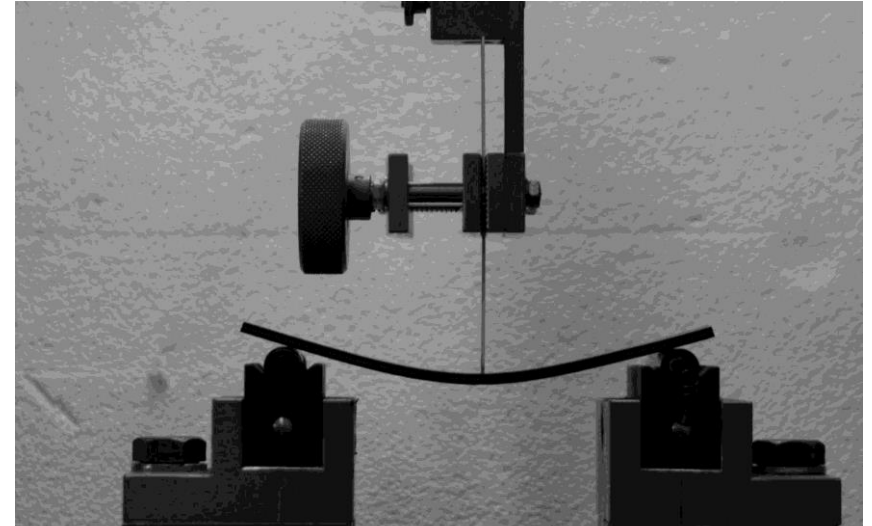
Vývoj MKP řešiče pro vláknové kompozity s hyperelastickou maticí a ohybovou tuhostí vláken

Motivace – výpočtové modelování mechanického chování kompozitů pro výrobu pneumatik, jejichž výztužná vlákna (dráty) vykazují ohybovou tuhost.

Byl navržen způsob, jak zahrnout ohybovou tuhost vláken do konstitutivního modelu s využitím Cosseratovy teorie elasticity.

Vytvořený MKP řešič je schopen řešit některé jednoduché modely těchto kompozitů, ale má významná omezení ve velikosti modelu a problémy s konvergencí.

Cílem práce by mělo vytvořit vlastní MKP implementaci této teorie, která by byla schopna rozšířit okruh problémů, pro něž lze tuto teorii prakticky aplikovat.



Navigace mobilních robotů v prostorově omezeném vnějším prostředí s neupravenými komunikacemi využívající přirozených orientačních bodů

Navigace ve vnějším prostředí s neupravenými komunikacemi patří k aktuálně řešené problematice v oblasti autonomních mobilních robotů. Cílem práce je vyvinout sadu navigačních algoritmů pro mobilní robot, která umožní pohyb ve vnějším prostředí o velikosti řádově v hektarech. Lokalizační subsystém by měl být založen na fúzi dat ze sensorů různých fyzikálních principů s ohledem na robustnost lokalizace a nízké ekonomické náklady. Důraz je kladen na schopnost detekce a využití orientačních bodů přirozeně se vyskytujících v prostředí.

Odhadování parametrů a stavu dynamického modelu pomocí optimalizačních metod

Práce se bude zabývat výzkumem a aplikací metod pro odhadování stavu a parametrů dynamického modelu v reálném čase. Tato problematika nachází uplatnění např. v systémech jízdní stability.

Předpokládá se simulační modelování v prostředí Matlab+ a experimentální práce s využitím Real-Time Rapid Prototyping hardware dSPACE, které je současným de facto standardem v automobilovém průmyslu.

Teoretické výsledky budou prakticky ověřeny na konkrétním reálném modelu čtyřkolového vozidla.

Adaptivní řízení dynamických systémů s využitím lokálních lineárních modelů

Práce se bude zabývat výzkumem v oblasti řízení a identifikace nelineárních dynamických systémů s využitím metod založených na myšlence lokálních lineárních modelů (Lazy Learning, LWR, RFWR). Identifikovaný inverzní dynamický model bude použit jako feedforward kompenzátor ve struktuře kompozitního regulátoru.

Výsledky výzkumu budou experimentálně ověřeny na reálných soustavách dostupných v Mechatronické laboratoři (výukové modely, automobilové aktuátory, apod.) s použitím výpočetního prostředí Matlab/Simulink a dostupných hardwarových prostředků. Následně se předpokládá implementace vhodných algoritmů ve formě samostatné řídicí jednotky s mikrokontrolerem.

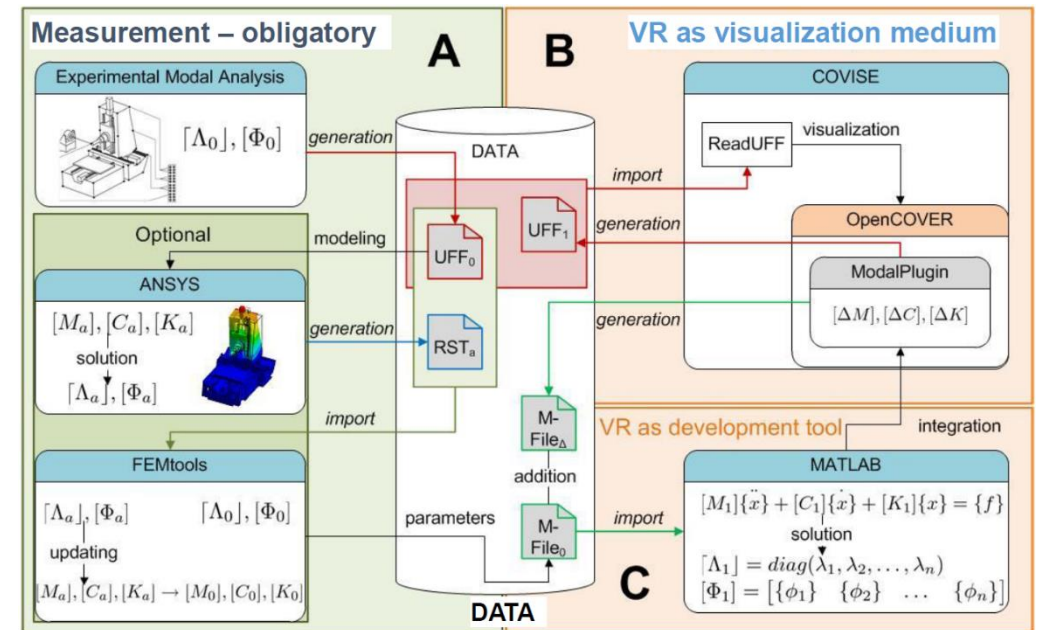
Detekce a izolace poruch pro nelineární systémy s využitím lokálních lineárních modelů

Aplikace stále výkonnějších mikroprocesorů při řízení mechatronických systémů umožňují implementovat výpočetně náročné doplňkové funkce. Jednou z velmi důležitých oblastí, která se stále rozvíjí, jsou algoritmy detekce, izolace a řešení chyb v systémech. Práce se bude zabývat vývojem nových algoritmů založených na lokálních lineárních modelech a metodách soft computing.

Teoretické a simulační výsledky budou ověřovány na reálných soustavách dostupných v Mechatronické laboratoři (výukové modely, automobilové aktuátory apod.). Předpokládá se tedy simulační modelování v prostředí Matlab+ a experimentální práce s využitím moderního vybavení Real-Time Rapid Prototyping firmy dSPACE, které je současným de facto standardem v automobilovém průmyslu.

Predikce dynamického chování mechatronických soustav

V moderním světě průběžných inovací a globálního vývoje musí být výrobci a vývojové centra schopni predikovat dynamické chování svých výrobků již v předvýrobní fázi. Zvláště při vývoji mechatronických výrobků s vysokým propojením multidisciplinárních prvků je vytvoření virtuálního prototypu nezbytné pro určení parametrů a chování budoucího výrobku. Tradiční metody sestavování komplexních multidisciplinárních modelů mechatronických soustav, jako je MKP, jsou pracné a ve fázi vývoje a inovace produktu i časově náročné. To vede k nezbytnosti použití efektivních výpočetních metod pro integraci jednotlivých multidisciplinárních modelů do jednoho celku. Cílem práce je aplikovat a vyhodnotit navržené přístupy a metody integrace multidisciplinárních modelů do jednoho celku mechatronického modelu, který efektivně a na odpovídající úrovni dokáže predikovat dynamické vlastnosti vyvíjeného mechatronického produktu.

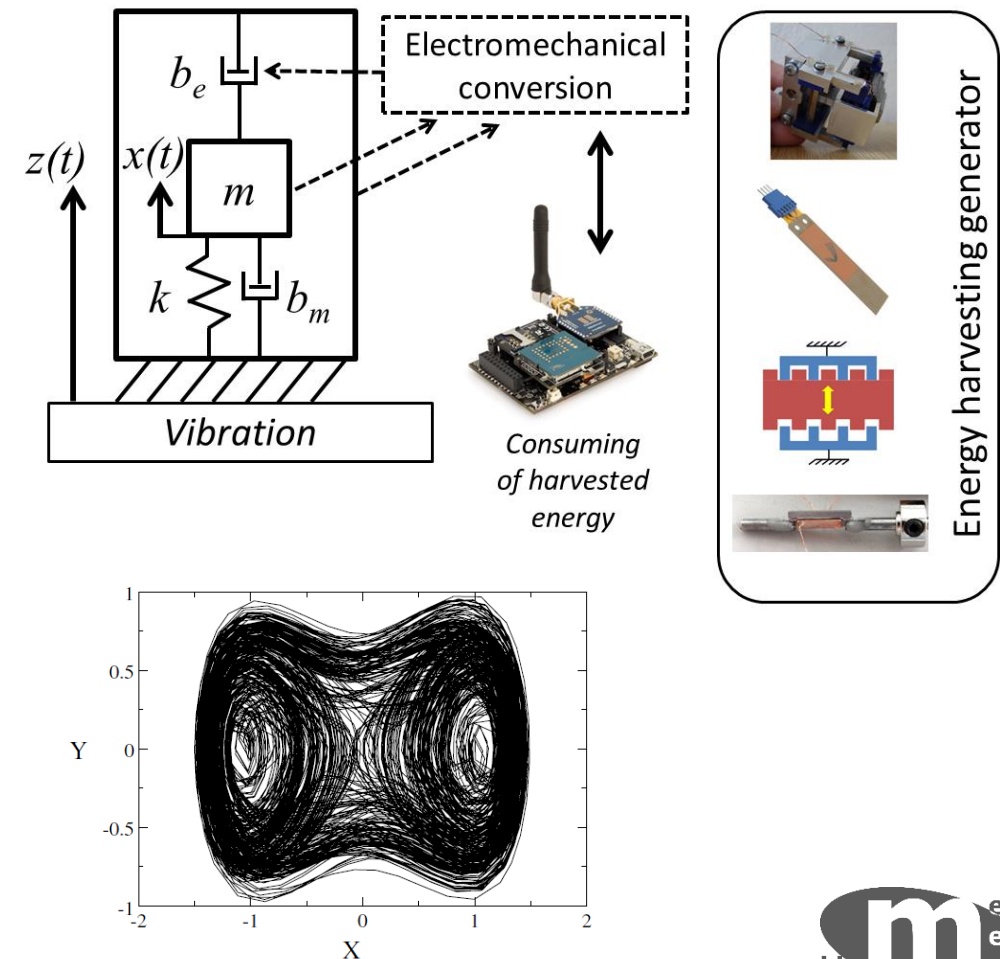


Zdroj: Fraunhofer IWU

Nelineární alternativní zdroje energie

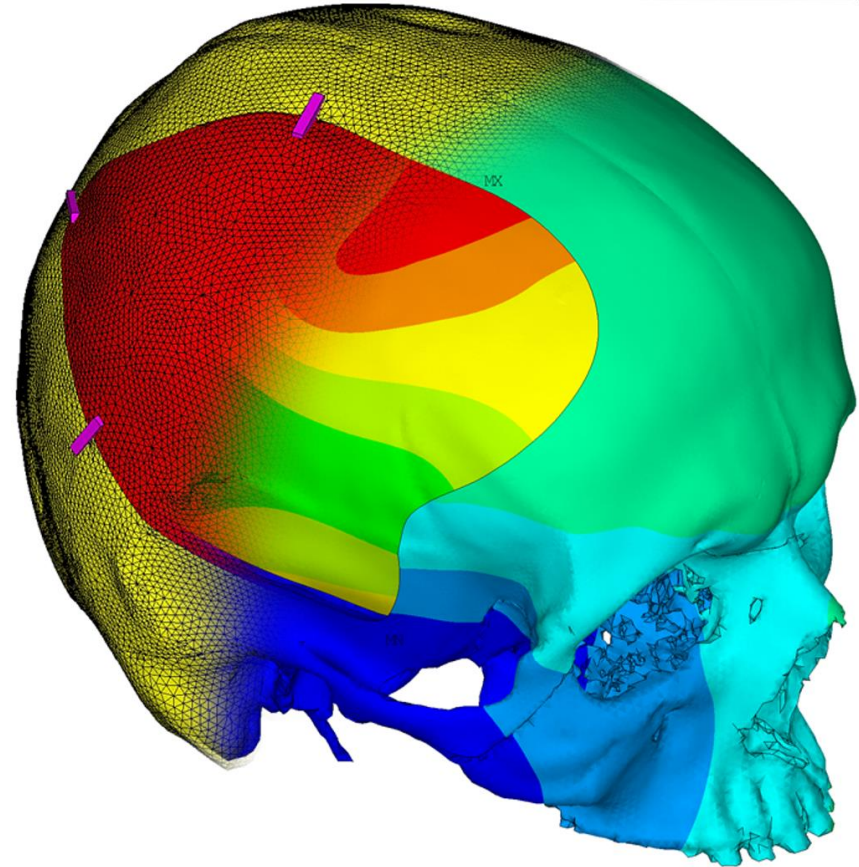
Generování elektrické energie z mechanických vibrací je již řadu let v popředí mezinárodního výzkumu. Především s rozvojem nízkopříkonové elektroniky je nutné najít alternativní zdroj energie, který nahradí stávající baterie v bezdrátových technologiích. Lineární energy harvesting zařízení, které využívají resonance, jsou závislé na stálosti budící frekvence vibrací. Nelineární zařízení mají potenciál pracovat v širokém frekvenčním spektru vibrací nebo využívat pracovní režimy při přechodech nestabilního chování. V práci bude využito mechatronického přístupu při vývoji daných zařízení, které budou generovat dostatečné množství elektrické energie pro moderní bezdrátové aplikace.

Školitel: doc. Ing. Zdeněk Hadaš, Ph.D.



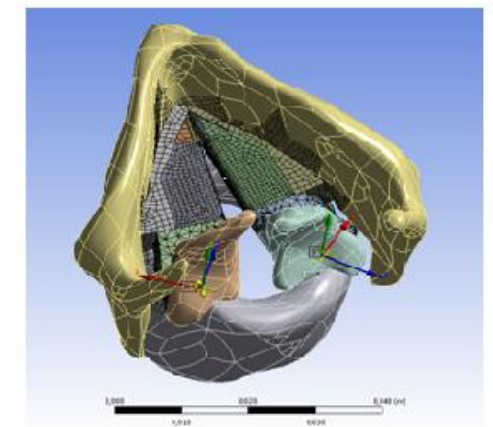
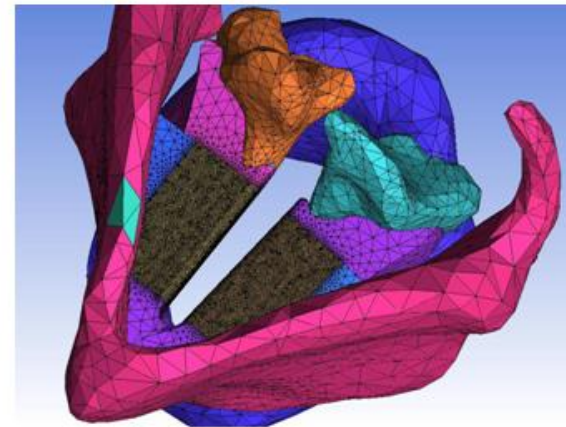
Biomechanická studie lebečních implantátů

Kranioplastika se provádí po osteoklastické trepanaci (kraniektomii) lebky nebo v traumatologických případech se ztrátou kostní tkáně lebky. Dekompresní kraniektomie je typ neurochirurgické operace, která se provádí za účelem radikálního snížení nitrolebečního tlaku. K tomuto chirurgickému zákroku je nutné přistoupit u těžkých traumat mozku nebo u nádorových onemocnění. Ke kranioplastice je nutné přistoupit z důvodu mechanické ochrany mozku, zamezení kolísání nitrolebečního tlaku a psychického stavu pacientů po provedené kraniektomii. V kranioplastice se používají kostní štěpy vytvořené z žebra nebo kalvy. V současné době je možné také použít implantáty z biokompatibilních pryskyřic nebo kovových slitin. Implantáty jsou navrhovány a vyráběny s využitím nejnovějších výpočtových a technologických metod, včetně rapid-prototypingu. Uvedený přístup umožňuje vytvoření individuálního implantátu pro konkrétního pacienta (tzv. "patient-specific" přístup). Součástí návrhu implantátu je biomechanická analýza. Vzhledem ke geometrii, materiálu, zatížení a uložení implantátu při jeho návrhu a realizaci je nutné řešit řadu dílčích biomechanických problémů. Řešení problémů zaměřených na mechanickou interakci lebky s implantátem v souvislosti s tvarem, materiálem a uložením implantátu bude předmětem této dizertační práce.



Výpočtové modelování pohybu a napjatosti hlasivek při nastavování do fonačního postavení

Nastavení hlasivek do fonačního postavení je základním prvkem kontroly tvorby lidského hlasu. Detailní studium tohoto mechanismu je důležité pro pochopení tvorby hlasu u zdravých lidí a především pak u pacientů trpících hlasovými poruchami. Cílem práce je s využitím metody konečných prvků vytvořit prostorový výpočtový model hrtanových chrupavek a měkké tkáně hlasivek pro analýzu pohybu a napjatosti hlasivek při nastavování do fonačního postavení. Pohyb hrtanových chrupavek bude aktivován působením svalstva hrtanu. Výpočtové modely budou využity pro deformačně-napěťové analýzy patologických změn hlasivek jako je jednostranná paréza hlasivky.



Výpočtové modelování samobuzeného kmitání lidských hlasivek

Tvorba lidského hlasu je založena na interakci proudem vzduchu rozkmitaných hlasivek s akustickými procesy ve vokálním traktu. Detailní studium tohoto mechanismu je důležité pro pochopení tvorby hlasu u zdravých lidí a především pak u pacientů trpících hlasovými poruchami. Cílem práce je vytvořit s využitím metody konečných prvků výpočtový model interakce samobuzeného kmitání hlasivek s akustickým prostředím vokálního traktu. A dále, po ověření výsledků modelu porovnáním s experimentálními daty, na tomto modelu dále analyzovat vliv některých patologických změn tkáně hlasivek (Rinkeho edém, Sulcus vocalis apod.) na kmitání hlasivek a produkovaný hlas.

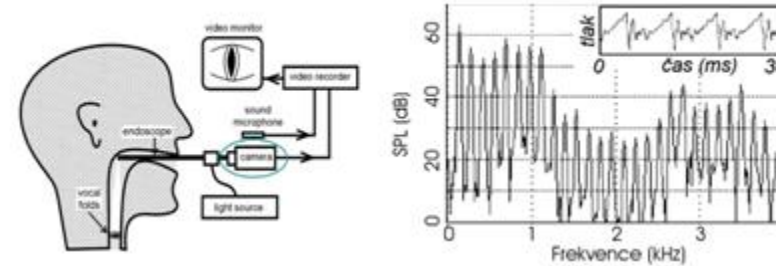
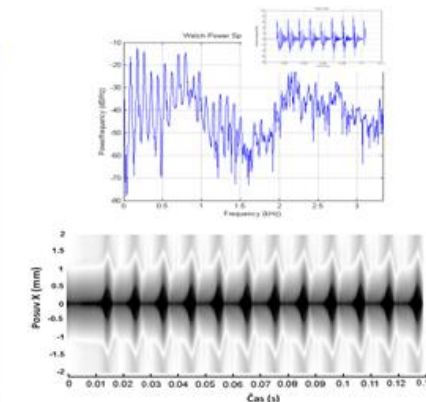
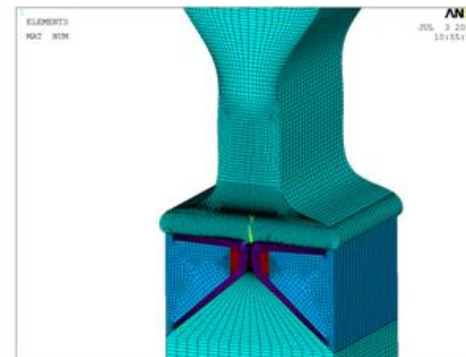


Figure 8: a) Laryngoscopic, b) laryngostroboscopic and c) videokymographic images of the vocal folds with Reinke's edema.



Školitel: Ing. Pavel Švancara, Ph.D.

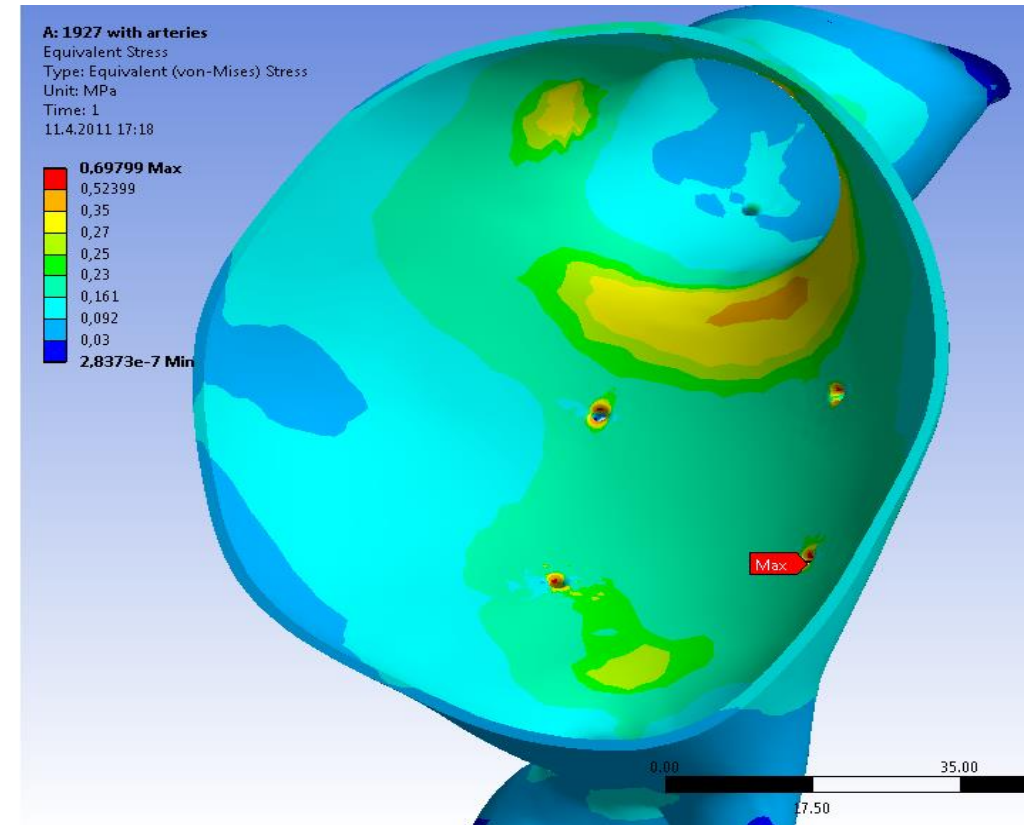
Vliv mechanických vlastností intraluminálního trombu na riziko ruptury výdutě břišní aorty

Téma práce je zaměřeno na výpočtové modelování deformačně-napěťových stavů vznikajících ve výdutích břišní aorty.

Modelování interakce kapaliny (přibližně newtonské) se stěnou aneurysmatu, která je zčásti pokryta porézním intraluminálním trombem (remodelovaná krevní sraženina).

Permeabilita (propustnost) trombu by měla být určována experimentálně.

Výpočtové modely budou využity k predikci ruptury aneurysmat břišní aorty.

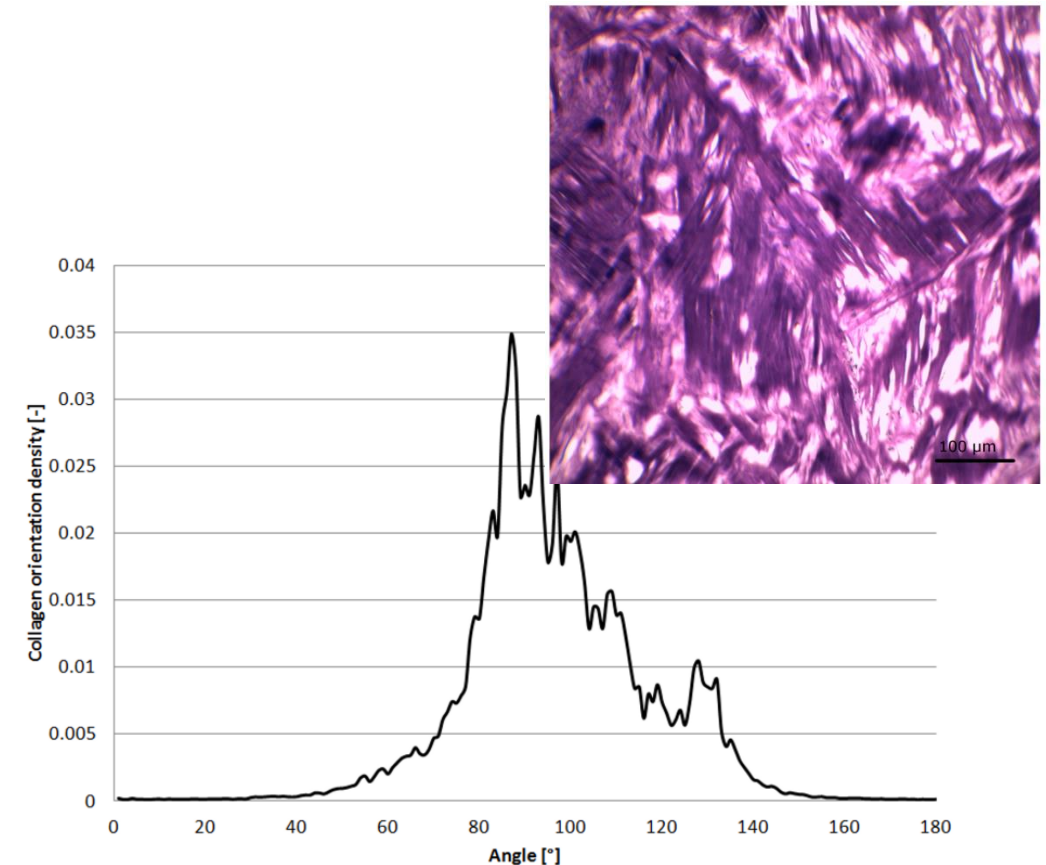


Vliv struktury stěny tepny na její mechanické vlastnosti

Složení stěny tepny rozhoduje o jejích mechanických vlastnostech. Přestože jsou známy jednotlivé podstatné složky stěny tepny (elastin, kolagen, hladkosvalové buňky), jejich uspořádání ve stěně tepny je stále předmětem výzkumu.

Získání poznatků ohledně orientace a zvlnění kolagenních vláken pomůže k přesnějšímu popisu mechanického chování stěny tepny, což je klíčové např. při vyšetřování rizika ruptury aortálních výdutí.

Znalost rozložení hladkosvalových buněk ve stěně tepny zase umožní lépe modelovat růstové a remodelační procesy ve stěně, což v konečném důsledku pomůže při predikci vzniku aterosklerózy nebo vývoje už existující arteriální výdutě.

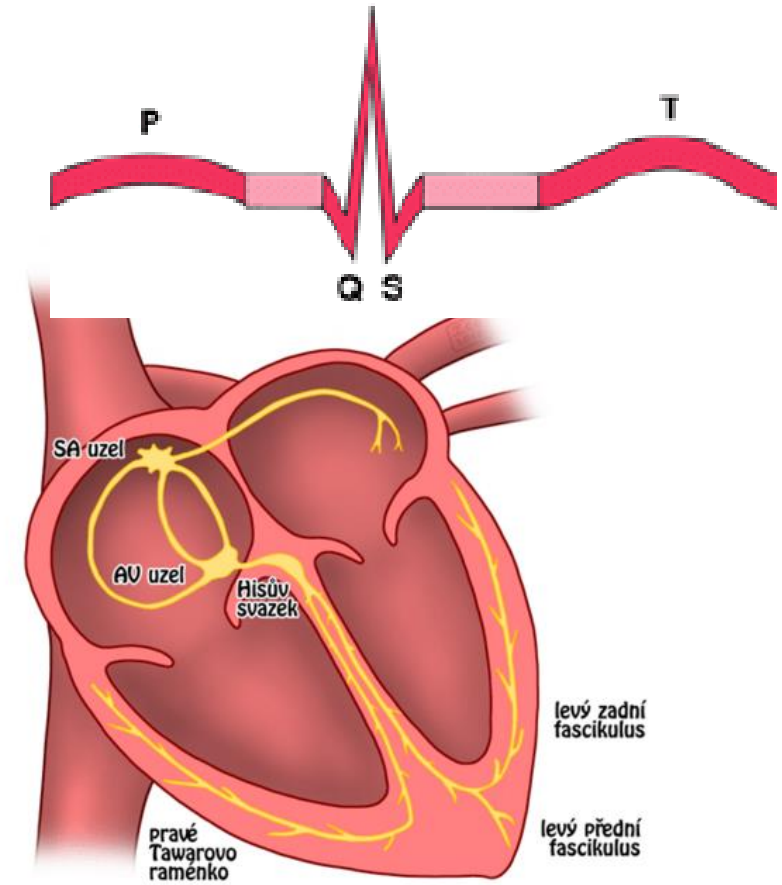


Výpočtové modelování účinků metabolické inhibice na elektromechanickou aktivitu srdečních buněk

Redukce průtoku krve v koronárních cévách srdce snižuje dodávku kyslíku a nutričních látek k srdečním buňkám, což ovlivňuje chemicky jejich kontraktilitu. Cílem práce je pomocí matematických simulací objasnit vliv na buněčnou elektromechanickou aktivitu.

Matematické modely (soustava diferenciálních a algebraických rovnic) obsahující kvantitativní popis podstatných buněčných mechanismů (membránové proudy, membránové napětí, koncentrační změny iontů aj.).

Jednotlivé matematické formulace jsou odvozeny z experimentů realizovaných na izolovaných srdečních buňkách laboratorních zvířat (potkan, morče).

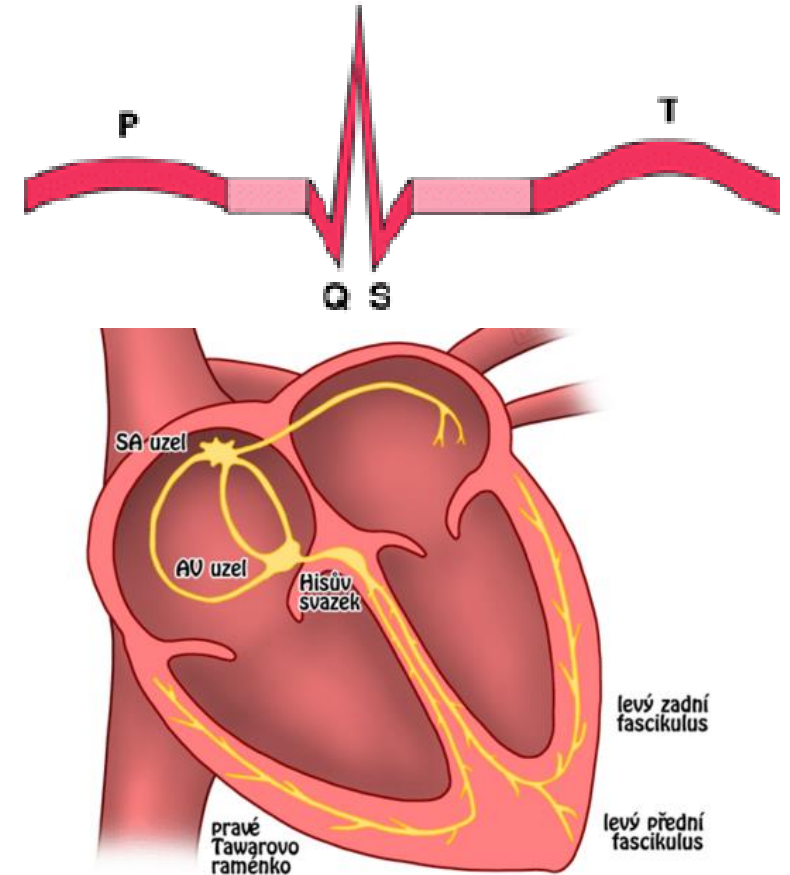


Výpočtové modelování elektromechanické aktivity srdečních buněk při srdečním selhání

Cílem práce je matematicky formulovat ovlivnění membránových transportních dějů a vazby excitace-kontrakce u buněk selhávajících srdcí a pomocí simulací objasnit důsledky těchto změn pro buněčnou elektromechanickou aktivitu.

Hlavní částí výpočtových modelů pro simulaci elektrické, chemické a mechanické aktivity srdečních buněk jsou matematické modely (soustava diferenciálních a algebraických rovnic) obsahující kvantitativní popis podstatných buněčných mechanismů (membránové proudy, membránové napětí, koncentrační změny iontů aj.).

Jednotlivé matematické formulace jsou odvozeny z experimentů realizovaných na izolovaných srdečních buňkách laboratorních zvířat na Fyziologickém ústavu lékařské fakulty MU v Brně a v laboratořích našich zahraničních partnerů (UK, FR).



Finanční podpora doktorandů v prezenčním studiu

- Základní stipendium 1.-4. ročník: 6.900 – 8.400 Kč/měs.
- Projekty specifického výzkumu – zapojení všech doktorandů, aktuální výše dodatečného stipendia je cca. 45 až 60 tis. Kč/osobu/rok
- Jednoleté projekty Fondu vědy FSI: každoročně vypisována soutěž na podporu doktorských projektů, jejichž součástí je i stipendium ve výši 20.-30.000 Kč/rok
- Zapojení a financování z dalších VaV aktivit školitele (podpora z projektů NETME+, TAČR, GAČR, atd.)
- Další honorované aktivity v rámci ústavu: řešení přímých zakázek z průmyslu, výuka nad rámec základních povinností, účast na školicích a propagačních akcích apod.

Kontakt

Program: **Aplikované vědy v inženýrství**

Obor: **Inženýrská mechanika**

Podobory:

- **Inženýrská mechanika**

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc. (petruska@fme.vutbr.cz)

- **Biomechanika**

prof. Ing. Jiří Burša, Ph.D. (bursa@fme.vutbr.cz)

- **Mechatronika**

doc. Ing. Robert Grepl, Ph.D. (grepl@fme.vutbr.cz)

<http://www.umt.fme.vutbr.cz/cz/>

<https://www.facebook.com/UMTMB>