



ÚSTAV TERMOMECHANIKY AV ČR, v. v. i.



www.it.cas.cz



facebook.com/itcas.cz



youtube.com/utavcr



ÚSTAV TERMOMECHANIKY AV ČR, v. v. i.

je moderní vědeckovýzkumnou institucí s několika pracovišti po celé České republice. Aktivně spolupracujeme s českými i zahraničními výzkumnými a vzdělávacími institucemi v technických a přírodovědných oborech. Třetinu našich vědců tvoří mladí lidé ve věku do 35 let, především doktorandi a postdoktorandi, kterým poskytujeme příležitosti k profesnímu růstu. Ačkoliv se ústav zabývá především základním výzkumem, nezanedbatelnou část svého úsilí věnuje bohaté výzkumné spolupráci s velkými průmyslovými podniky, ale i dynamickými, technologicky orientovanými malými a středně velkými firmami.

Historie Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i., sahá do roku 1953, kdy byla v Praze Československou akademií věd založena Laboratoř strojnická ČSAV. Výzkum se od počátku orientoval na technické vědy s aplikací především ve strojírenství a energetice. Tyto základní směry ústav zachovává dodnes. S rozvojem vědních disciplín se však zájem našich badatelů rozšířil o nová, perspektivní témata z oblasti elektrotechniky, životního prostředí, biomechaniky, mechatroniky či vývoje nových materiálů a technologií, a ústav tak získal výrazně mezioborový charakter.

Naši vědci pracují v mezinárodních vědeckých organizacích, vedou doktorandy a vychovávají středoškolské talenty v rámci celostátních vzdělávacích projektů. V naší budově v Praze sídlí několik vědeckých organizací.

Od roku 2009 je Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i., garantem spolupráce Akademie věd ČR s Pardubickým krajem.



Chcete s námi spolupracovat? Zajímáte se o náš výzkum? Chcete navštívit naše vědecké konference a odborné přednášky, které pravidelně pořádáme? Hledáte odborná témata a příležitosti pro studenty a mladé talenty? Navštivte nás na webu, na Facebooku či na YouTube. Naše dveře jsou otevřené všem, kteří se zajímají o naši vědeckou práci i výzkumnou spolupráci. Přijďte nahlédnout do našich laboratoří v Praze, v Plzni a v Novém Kníně během každoročně pořádaných Dnů otevřených dveří.

VÝZKUM KAPALIN A PLYNŮ





Vysokorychlostní aerodynamika

Experimentální výzkum vysokorychlostního proudění v parních a plynových turbínách, kompresorech, ejektorech a parních ventilech má v Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i., bezmála 50letou tradici. V aerodynamických tunelech v Novém Kníně nedaleko Prahy se provádí studium proudění plynů uvnitř modelů proudových strojů pomocí Machova-Zehnderova interferometru a dalších optických a pneumatických metod.

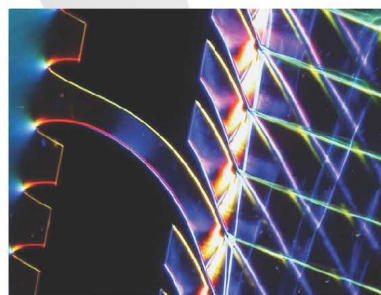
Naším nejvýznamnějším partnerem v aerodynamickém výzkumu je společnost Doosan Škoda Power s.r.o. Naše spolupráce

s tehdejším koncernovým podnikem ŠKODA Plzeň trvá již od 60. let minulého století a začátkem 70. let byla stvrzena uzavřením smlouvy o dlouhodobé spolupráci. V 80. letech minulého století se pracovníci ústavu podíleli na získání medaile Mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně za realizaci 240MW turbíny pro jaderné elektrárny.

Dnes je v našich laboratořích k dispozici několik tunelů pro různá použití. Výzkum navazuje na bohatou tradici a soustřeďuje se na moderní aplikace zejména v energetice.



Interferogram proudění vzduchu v modelu parního ventilu.



Barevný šlírový obraz proudění v modelu patního řezu oběžného kola posledního stupně parní turbíny velkého výkonu.



Přenos tepla a hmoty

Při výzkumu přenosu tepla a hmoty v plynech a kapalinách se zaměřujeme na pasivní a aktivní řízení proudění a teplotních polí. Experimentálním studiem impaktních a syntetizovaných proudů a úplavů hledáme nové způsoby zintenzivnění přenosu tepla a hmoty při nucené konvekci.

Získané poznatky mají bohaté uplatnění v oboru fluidiky a mikrofluidiky, při chlazení součástí v elektronice nebo lopatek plynových turbín, při zefektivňování směšování v chemických reaktorech či ve vnější a vnitřní aerodynamice.



Kouřová vizualizace syntetizovaného proudu vzduchu.



Vizualizace zatopeného proudu vzduchu zachycuje koherentní vírové struktury na jeho okrajích a jejich rozpad.



Vizualizace proudění v úplavu za chlazeným válcem (Kármánova vírová řada).



Vícefázové nerovnovážné systémy

Změna skupenství látek (přesněji termodynamické fáze) v přírodě i technice probíhá konečnou rychlostí za podmínek více či méně vzdálených od termodynamické rovnováhy (např. od rovnovážného bodu varu). Příkladem je vznik (nukleace) kapek v parních turbínách, nukleace kapek v atmosféře, nukleace ledu v těchto kapkách, namrzání ledu na náběžných hranách křídel či

vznik kavitačních bublin v čerpadlech a kapalinových turbínách. Náš výzkum se zaměřuje na měření a modelování těchto nerovnovážných fázových přechodů, na určení vlastností tekutin v metastabilním stavu před fázovým přechodem (např. podchlazené kapaliny nebo přesycené páry) a na charakterizaci vícefázových systémů se spreji, aerosoly a bublinami.



Termofyzikální vlastnosti tekutin

Hustota, viskozita, povrchové napětí a jiné termofyzikální vlastnosti tekutin jsou vstupními parametry pro návrh energetických a chemických zařízení i pro modelování geofyzikálních a biologických procesů. Provádíme přesná měření termofyzikálních vlastností a na základě experimentálních dat a fyzikálních zákonitostí vyvíjíme mate-

matické modely těchto vlastností. Metodou konstantního objemu a pomocí vibrační trubice měříme závislost tlaku, objemu a teploty pro ekologicky přijatelná chladiva a pro nové iontové kapaliny. Tenziometrickými metodami a metodou kapilární elevace určujeme jejich povrchová napětí.

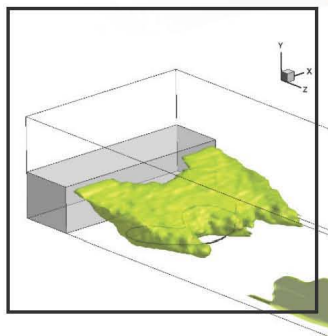
Významná část výzkumu vícefázových systémů a termofyzikálních vlastností tekutin se týká priorit Mezinárodní asociace pro vlastnosti vody a vodní páry (IAPWS), jejíž česká pobočka sídlí v Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i.



Turbulentní proudění

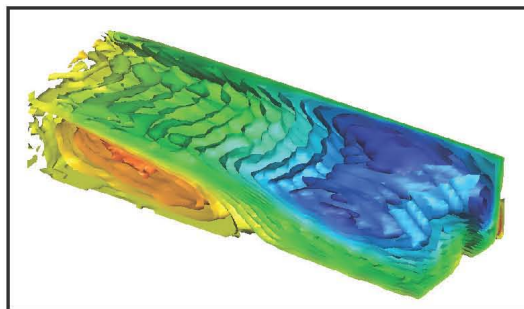
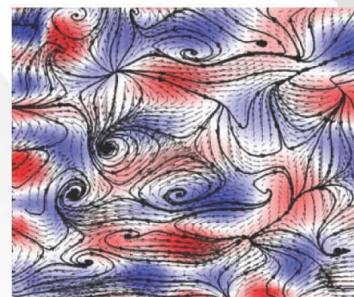
Navzdory stále lepší experimentální a výpočetní technice představuje studium zákonitostí turbulentního proudění velmi složitý úkol. Soustředíme se na experimentální výzkum a numerické modelování turbulentního proudění a přechodu do turbulence v prostorových geometriích, měření

rychlostních polí a turbulentních charakteristik proudění a studium vzájemného působení proudu tekutiny a těles. Získané poznatky uplatňujeme například při optimalizaci obtékání těles (letadel či automobilů) nebo vylepšování proudových strojů (turbín či kompresorů).



Izoplocha svislé složky časově střední rychlosti v proudění za schodem v úzkém kanále. Impaktní útvar ledvinovitého tvaru na dně kanálu.

Turbulentní proudění vzduchu v kanále obdélníkového průřezu. Energetický dynamický mód charakterizující fluktuaci pole rychlostí.



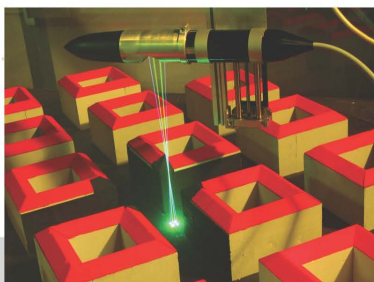
Proudění v kanále, soustava izoploch složky časově střední rychlosti kolmé ke dnu kanálu charakterizuje prostorovou topologii proudového pole.



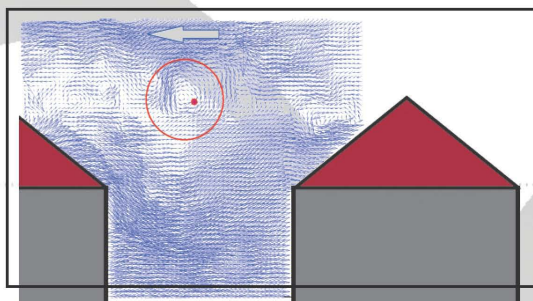
Aerodynamika životního prostředí

Šíření znečišťujících a nebezpečných látek v ovzduší z bodových a plošných zdrojů, z automobilové dopravy nebo při chemických haváriích a teroristických útocích se dotýká zdraví, bezpečnosti a pohodlí celého obyvatelstva. Simulace znečištění a studium interakce městské zástavby s atmosférickým prouděním má proto zásadní význam pro životní prostředí a společnost.

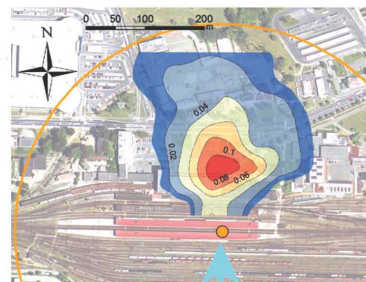
Výsledky našeho výzkumu byly využity například při sestavování evakuačních plánů měst a obcí (Praha, Pardubice). K výzkumu využíváme fyzikální a matematické modelování proudění a difúze v mezní vrstvě atmosféry s vizualizací a měřením rychlostních charakteristik proudění ve specializovaném aerodynamickém tunelu.



Detekce turbulence nad městskou zástavbou metodou laser-dopplerovské anemometrie (LDA). Měřítko 1:200.



Proudění v uličním kaňonu v atmosférické mezní vrstvě. Měření metodou PIV (Particle Image Velocimetry).



Simulace úniku chlóru z vagónu na pardubickém nádraží. Koncentrace ve výšce 10 m nad zemí.

VÝZKUM PEVNÝCH TĚLES A MECHANICKÝCH SOUSTAV

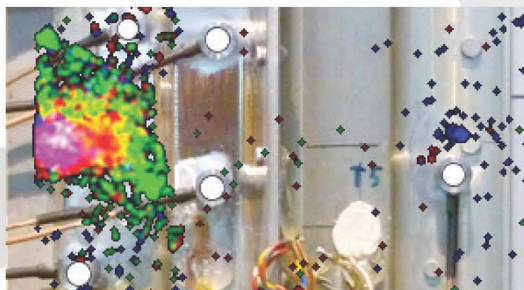




Diagnostika materiálů a konstrukcí

Spolehlivost a bezpečnost letadel, jaderných elektráren, chemických provozů, stavebních konstrukcí, potrubních systémů, zásobníků i některých strojů vyžaduje pravidelné monitorování a hodnocení jejich stavu. Metody nedestruktivního testování a hodnocení defektů vyvíjené na našem pracovišti jsou založené na šíření elastických vln. Využíváme nejmodernější postupy analýzy signálů (např. časově reverzní zrcadla) a zpracování dat (např. umělé neuronové sítě). Metodami detekce akustické

emise, nelineární ultrazvukové spektroskopie a dalšími metodami dokážeme lokalizovat vady v materiálu, určit míru poškození vlivem namáhání, únavy, koroze či opotřebení a odhadnout životnost materiálů a konstrukčních dílů, nebezpečí havárie budov či úniky médií z tlakových nádob a potrubí. Dokážeme jimi měřit mechanické vlastnosti a anizotropii lidské kůže a její změny při namáhání či v důsledku působení vnějších vlivů, jako je UV záření.



Zdroje akustické emise (vlevo) a zóny s trhlinami, zjištěné nelineární ultrazvukovou spektroskopií s časově reverzními zrcadly při únavové zkoušce nosníku křídla dopravního letounu.

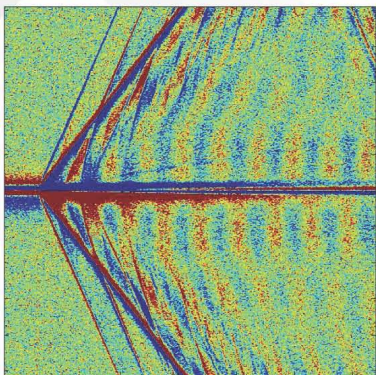
Provádíme také měření změn v materiálu, ke kterým dochází při teplotním stárnutí po cyklickém tepelném zatěžování (např. stárnutí polymerní izolace elektrických kabelů), nebo nanoindentační měření změn tvrdosti a poměru elastické a plastické deformace materiálu. Dokážeme vyhodnotit postupné změny mechanických vlastností a chování materiálů při nízkocyklovém a vysokocyklovém únavovém zatěžování s kombinovaným zatížením tahem, tlakem a případně krutem.



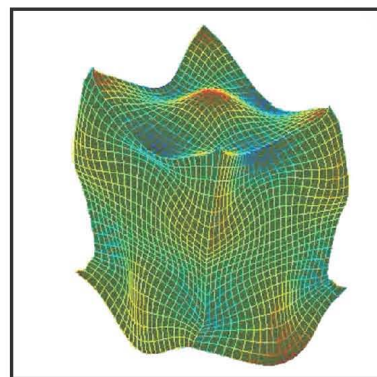
Elastické a termomechanické vlastnosti materiálů a tenkých vrstev

Studiem elastických a termomechanických vlastností pevných materiálů a vrstev můžeme pochopit jejich chování a najít uplatnění pro moderní a funkční materiály, jako jsou feromagnetika a feroelektrika, vláknové kompozity, keramické materiály, slitiny s tvarovou pamětí či žárové nástřiky. Metodou bezkontaktní rezonanční ultrazvukové spektroskopie (RUS) vyvinutou na našem pracovišti měříme elastické vlastnosti materiálů. Používáme laserové metody ultrazvuku, pulzně-odrazivou ultrazvukovou metodu, skenovací akustickou mikroskopii a metodu povrchových vln. Pomocí

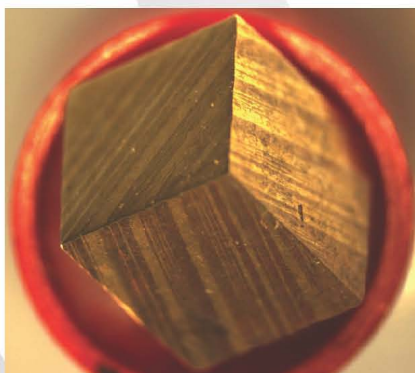
těchto metod měříme a charakterizujeme elastické vlastnosti materiálů, měříme rovinnou elasticitu tenkých povlaků a povrchových vrstev (jako jsou například plazmové nástřiky), elastickou anizotropii extrémně jemnozrnných materiálů a mechanické vlastnosti a změny teplot pevných látek in-situ během jejich zatěžování a charakterizujeme fázové transformace v pevných látkách. Analyzujeme také vztahy mezi mikrostrukturou a makroskopickými vlastnostmi materiálu a modelujeme termomechanické vlastnosti materiálů v teplotním rozmezí -263 až $+600$ °C.



*Šíření elastické vlny
v křemíkové desce v čase.*



*Vlastní mód prostorového
kmitání prizmatického
tělesa (měření metodou rezonanční
ultrazvukové spektroskopie – RUS).*



*Vzorek inteligentní slitiny
mědi, hliníku a niklu
pro měření metodou RUS.*

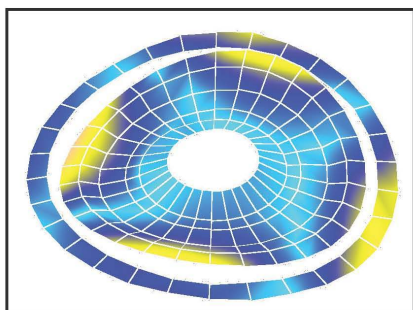


Vibrodiagnostika a rotorová dynamika

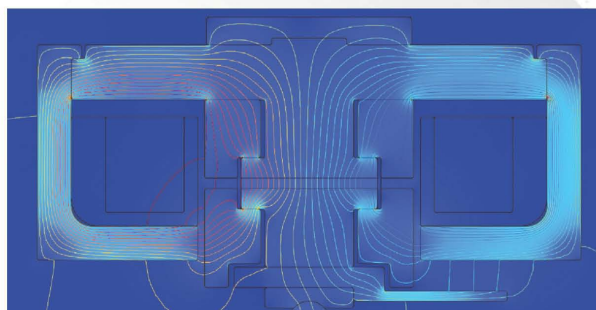
Bezdotykové vyšetřování vibrací, stavu a poškození složitých strojních systémů za provozu umožňuje v předstihu plánovat opravy strojů během pravidelných odstávek. Systém vyvinutý na našem pracovišti zjišťuje pohyb, vibrace a zatěžování strojních součástí při rotaci (například lopatek turbín a kompresorů). Systém je instalován na turbínách v elektrárnách Prunéřov, Počerady a Temelín, kde pomohl docílit mnohamilionových úspor.

Pomocí vibrodiagnostiky rotačních strojů a vibroakustiky lze také vyšetřovat vibrace železničních kol, ložisek, hřídelů, brzd, válcovacích stolic, drtičů a jiných strojů. Tyto

metody mají široké praktické využití – pomáhají například potlačit hluk způsobený železniční nebo tramvajovou dopravou, který negativně ovlivňuje kvalitu života lidí a životního prostředí. Jednomu z největších výrobců železničních kol v Evropě proto pomáháme vyvíjet technologii optimálního tlumení železničních kol. Měříme také dynamické charakteristiky pryžových materiálů a vyvíjíme modely vibrací a interakce nelineárních dynamických systémů. V neposlední řadě zkoumáme vliv nových typů ložisek, jako jsou magnetická ložiska nebo ložiska s magnetoreologickými tlumiči, na rotorovou dynamiku.



Vlastní tvar kmitů pryží odpruženého železničního kola.



Rozložení hustoty magnetického toku v tělese magnetoreologického hydrodynamického tlumiče s vytlačovanou mezní vrstvou.

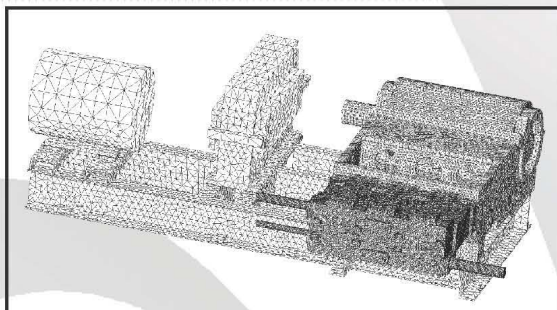


Výpočetní mechanika těles a konstrukcí

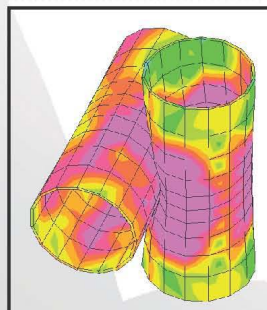
Naše pracoviště se zabývá vývojem, implementací a testováním numerických a analytických metod v mechanice poddajných těles. Hlavní pozornost věnujeme lineárním a nelineárním statickým a dynamickým problémům, termomechanickým úlohám, šíření vln napětí, úlohám kontaktu a rázů deformovatelných těles či vývoji modelů, které popisují chování materiálů. Vyvíjíme také výpočetní konečněprvkový systém PMD (Package for Machine Design),

který je držitelem atestu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

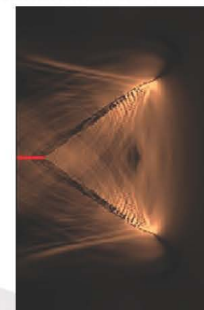
Značné úsilí věnujeme také studiu defektů, mechanismů porušení a šíření trhlin v krystalických materiálech metodou molekulární dynamiky a metodami víceškálového modelování a také spolupráci na výpočtech elektronových struktur a celkových energií neperiodických systémů metodou konečných prvků a pseudopotenciálem.



Ukázka konečněprvkové výpočtové sítě pro mechanickou analýzu složitějšího konstrukčního celku.

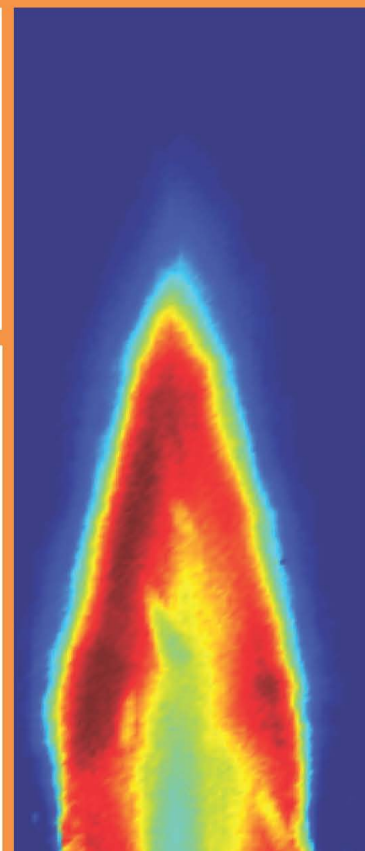
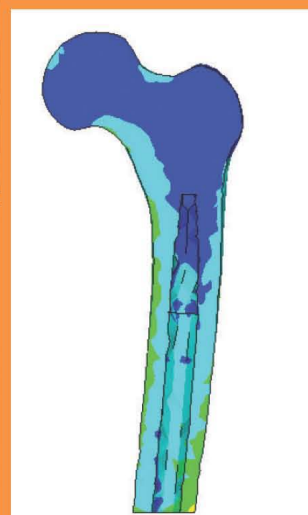
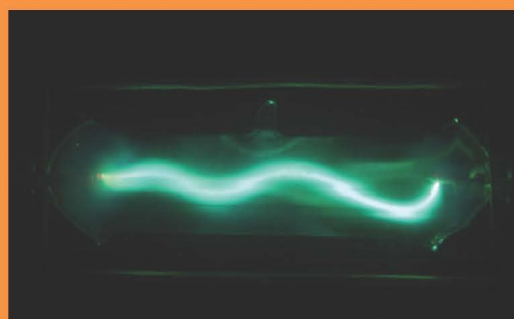
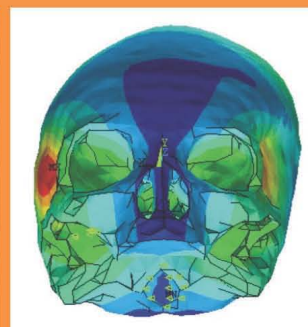
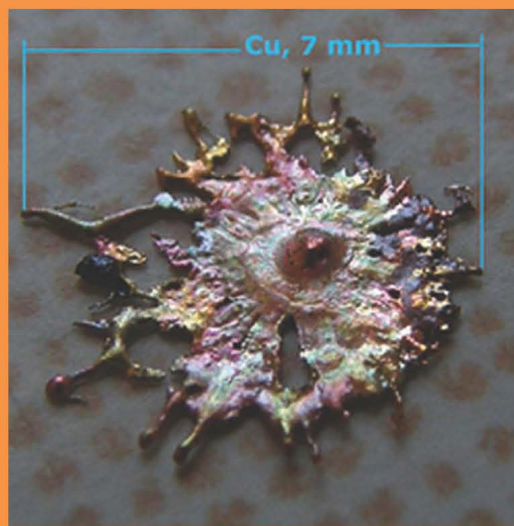


Stav napjatosti při nárazu dvou tenkostěnných trubek.



Transsonické šíření krystalové poruchy v kubické prostorově středěné struktuře (BCC) železa s rázovými vlnami modelované metodou molekulové dynamiky.

ELEKTROTECHNICKÝ A MEZIOBOROVÝ VÝZKUM

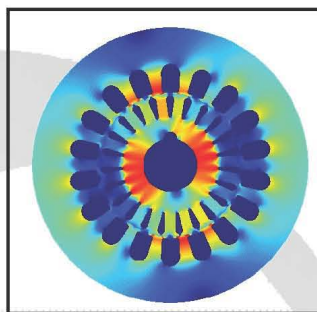




Elektrické pohony a výkonová elektronika

Aktuální problémy energetiky, jako jsou například stabilita elektrické sítě s velkým podílem obnovitelných zdrojů energie a kvalita elektrické energie, kladou na výzkum v elektrotechnice nové požadavky. V našich laboratořích se zabýváme výzkumem elektrických pohonů, elektrických točivých strojů a výkonové elektroniky a dalšími elektro-mechanickými přeměnami energie. Výsledky naší práce mohou najít uplatnění v návrzích elektrických generátorů pro větrné nebo vodní elektrárny. Při výzkumu polovodičových výkonových měničů zkoumáme jejich obvodovou strukturu, studujeme vzájemné působení polo-

vodičových měničů, elektrických strojů a napájecí sítě a vyvíjíme moderní algoritmy řízení a diagnostiky měničů. Ve spolupráci s firmou ČKD Elektrotechnika vyvíjíme střídavé pohony pro náročné průmyslové aplikace napájené z vícehladinových vysokonapěťových měničů. Sestava výkonového měniče pro pohon těžních strojů nové generace, vyvinutá ve spolupráci se společností ČKD Elektrotechnika, získala na veletrhu AMPER 2011 ocenění ZLATÝ AMPER. Naše pracoviště je centrem kompetence Evropského centra pro výkonovou elektroniku.



Numerický model magnetického pole v indukčním stroji.



Mezioborový výzkum

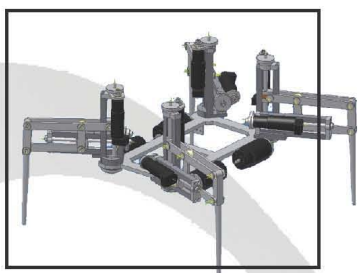
Značný podíl výzkumu prováděného v našem ústavu má výrazně mezioborový charakter. Mezi naše obory zájmu patří biomechanika, biofyzika, mechatronika, robotika či interakce tuhé a tekuté fáze.

Náš výzkum v oboru biomechaniky a biofyziky nachází uplatnění v lékařství či dermatologii. Modelujeme například změny v kostní tkáni v důsledku dynamického zatěžování, proudění mozkomíšního moku

nebo proudění tekutiny v elastických trubicích (např. krve v srdci a krevním řečišti). Hledáme optimální mazání kloubních náhrad, studujeme biomechaniku lidského hlasu či biofyziku srdečních buněk.

Naše společné pracoviště s Vysokým učení technickým v Brně vyvíjí metody umělé inteligence v inženýrství, které jsou testovány a využívány v mechatrických a robotických systémech vlastní konstrukce.

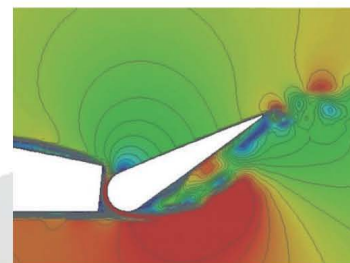
Vyvíjíme teoretické modely pro studium interakce proudící tekutiny a poddajného tělesa. Zajímají nás zejména vibrační charakteristiky a hranice stability aero-hydroelastických systémů, především leteckých profilů.



Čtyřnohý kráčivý robot určený k ověření automaticky vytvářených stylů chůze.



Keramiká hlavice totální kyčelní endoprotézy destruovaná in vivo.



Numerická simulace flutteru leteckého profilu.



Dolejšková 1402/5
182 00 Praha
Česká republika

Tel.: 266 052 021, 266 053 022

Fax: 286 584 695

E-mail: secr@it.cas.cz

www.it.cas.cz