



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. Čile spolupracujeme s českými i zahraničními výzkumnými a vzdělávacími institucemi v technických a přírodovědných oborech. Mezi našimi vědci je mnoho mladých lidí, především doktorandů a postdoktorandů, 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, v průběhu času však přibyly další – elektrotechnika, životní prostředí, biomechanika, mechatronika a další. S rozvojem vědních disciplín se zájem našich badatelů rozšířil o nová a perspektivní témata a ústav získal výrazně mezioborový charakter.

Naši vědci pracují v mezinárodních vědeckých organizacích, vedou doktorandy a vychovávají středoškolské talenty. V Ústavu termomechaniky AV ČR má sídlo několik vědeckých organizací: Česká společnost pro mechaniku, Česká společnost pro vlastnosti vody a vodní páry, Český národní výbor federace IFToMM a České pilotní centrum společnosti ERCOFTAC.



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, kde naleznete vše potřebné a k tomu zajímavosti navíc. Naše dveře jsou otevřené všem, kteří se zajímají o naši práci a to, jak si můžeme vzájemně pomoci k úspěchu. Nezapomínáme ani na širokou veřejnost, která může nahlédnout do našich laboratoří v Praze, Plzni a Novém Kníně během každoročně pořádaných Dnů otevřených dveří.

VÝZKUM KAPALIN A PLYNŮ





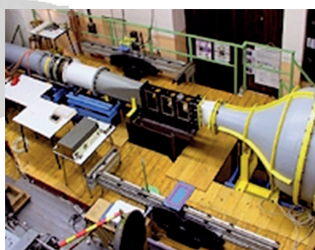
Vysokorychlostní aerodynamika

Experimentální výzkum vysokorychlostního proudění v parních a plynových turbínách, kompresorech, ejektorech a parních ventilech má v Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i., více než šedesátiletou 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. Tato spolupráce trvá od začátku 70. let minulého století, kdy tehdejší koncernový podnik ŠKODA Plzeň

uzavřel s Ústavem termomechaniky ČSAV smlouvu o dlouhodobé spolupráci. V 80. letech minulého století se pracovníci ústavu podíleli na získání medaile Mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně za realizaci turbíny 240 MW pro jaderné elektrárny. V posledních letech spolupracujeme s výrobcem kompresorů Doosan Heavy Industries z Jižní Koreje.

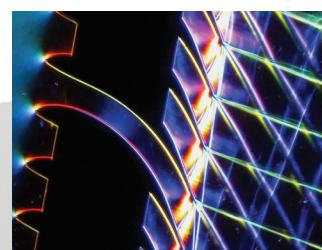
Dnes je v našich laboratořích k dispozici několik tunelů pro různá použití. Výzkum navazuje na bohatou tradici a soustřeďuje se nejen na moderní aplikace zejména v energetice, ale také otázky základního výzkumu.



Stavebnicový aerodynamický tunel s přímým měřicím prostorem a optickou lavicí v Aerodynamické laboratoři v Novém Kníně.



Interferogram proudění vzduchu v modelu parního ventilu.



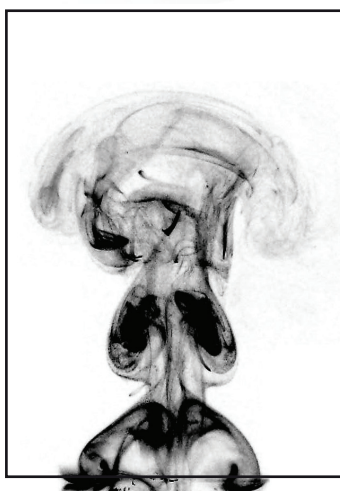
Barevný šlírový obraz proudění v modelu patního řezu oběžného kola posledního stupně parní turbíny velkého výkonu. Rychlost páry za modelem (na obrázku vpravo) je 1,9x vyšší než rychlost zvuku.



Přenos tepla a hmoty

Při výzkumu přenosu tepla a hmoty v plynech a kapalinách se zaměřujeme na pasivní a aktivní řízení proudových 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 možnosti uplatnění v oboru fluidiky a mikrofluidiky, při chlazení součástek 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 křidel 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, tepelná vodivost, 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 zákonů

vyvíjíme matematické 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.

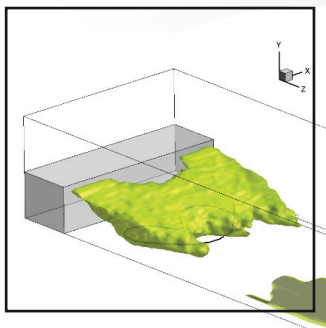
Významná část výzkumu vícefázových systémů a termofyzikálních vlastností tekutin se týká priorit Mezinárodní asociace pro vlastnosti vody a vodní páry (IAPWS), jejíž česká pobočka sídlí v Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i.



Turbulentní proudění

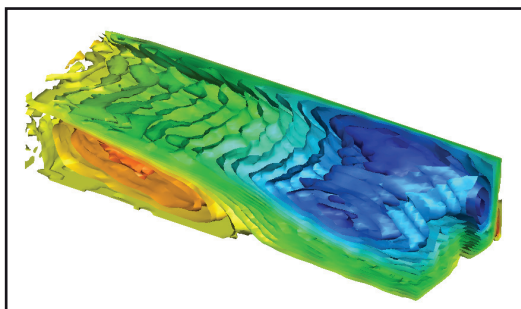
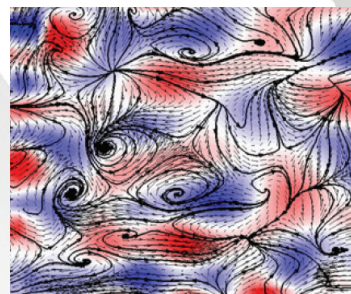
Navzdory stále lepší experimentální a výpočetní technice představuje studium zákonitostí turbulentního proudění velmi složitý úkol. Soustředíme se na experimentální výzkum a numerické modelování turbulentního proudění a přechodu do turbulence v prostorových geometriích, měření

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 ledvinovitěho tvaru na dně kanálu.

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



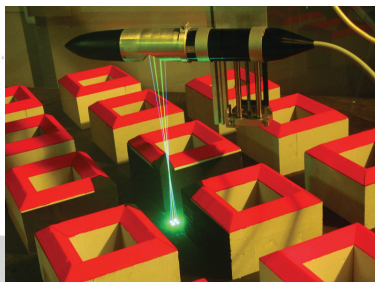
Proudění v kanále, soustava izoploch složky časově střední rychlosti kolmé ke dnu kanálu charakterizuje prostorovou topologii proudového pole.



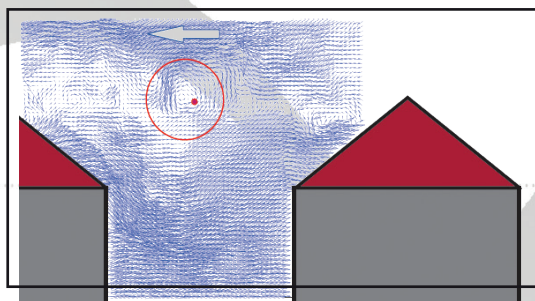
Aerodynamika životního prostředí

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.

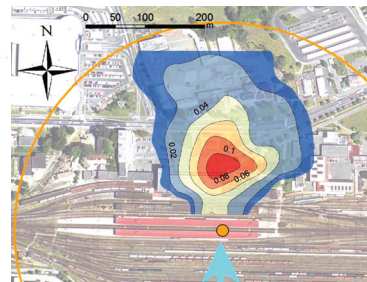
Výsledky našeho výzkumu byly využity například při sestavování evakuačních plánů měst a obcí (Praha, Pardubice). K výzkumu využíváme fyzikální a matematické modelování proudění a difúze v přízemní vrstvě atmosféry s vizualizací a měřením rychlostních charakteristik proudění ve specializovaném aerodynamickém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

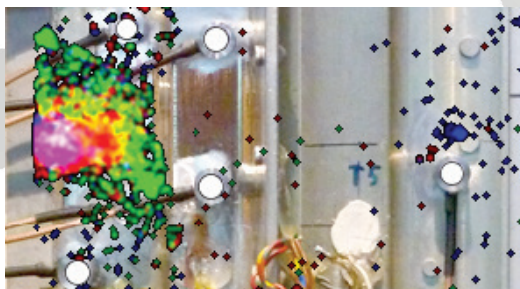
VÝZKUM PEVNÝCH TĚLES A MECHANICKÝCH SOUSTAV





Diagnostika materiálů a konstrukcí

Spolehlivost a bezpečnost letadel, jaderných elektráren, chemických provozů, stavebních konstrukcí, potrubních systémů, zásobníků i některých strojů vyžadují pravidelné inspekce a monitorování a hodnocení stavu a životnosti materiálů i celých konstrukcí. Moderní metody nedestruktivního (neinvačního) testování a hodnocení míry jejich poškození a přítomnosti defektů vyvíjené na našem pracovišti k tomu využívají především šíření zvukových a ultrazvukových vln v pevných tělesech společně s nejmodernějšími postupy analýzy signálů (např. časově reverzní zrcadla) a zpracování dat (umělé neuronové sítě apod.). Meto-



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

dami detekce akustické emise, nelineární ultrazvukové spektroskopie a dalšími dokážeme lokalizovat vady a určit míru poškození vlivem namáhání, únavy, koroze či opotřebení a odhadnout další vývoj a životnost jednotlivých konstrukčních dílů, nebezpečí havárie budov, úniky plynů či kapalných médií z tlakových nádob a potrubí. Dokážeme jimi ale také měřit mechanické vlastnosti a anizotropii lidské kůže a její změny při namáhání či v důsledku působení vnějších vlivů, jako je UV záření. Speciální sonda vyvinutá naším pracovištěm umožňuje určit optimální směr chirurgického řezu při operacích.

Zajímavým oborem diagnostiky na našem pracovišti je měření probíhajících změn 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. Jsme také schopni vyhodnotit postupné změny mechanických vlastností a chování materiálů při nízkocyklovém a vysokocyklovém únavovém zatěžování s kombinovaným zatížením tahem, tlakem a případně krutem.

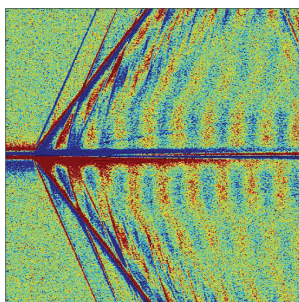


Elastické a termomechanické vlastnosti materiálů a tenkých vrstev

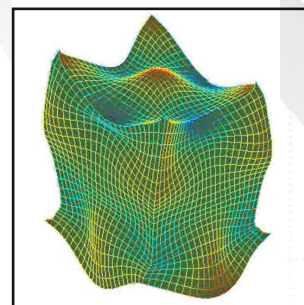
Studiem elastických a termomechanických vlastností pevných materiálů a vrstev můžeme pochopit jejich chování a najít uplatnění pro moderní a funkční materiály, jako jsou feromagnetika a ferroelektrika, vláknové kompozity, keramické materiály, slitiny s tvarovou pamětí či žárové nástřiky. Metodou bezkontaktní 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), elasticitou 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.



Šíření elastické vlny v křemikové desce v čase.



Vlastní mód prostorového kmitání prizmatického tělesa (měření metodou RUS).

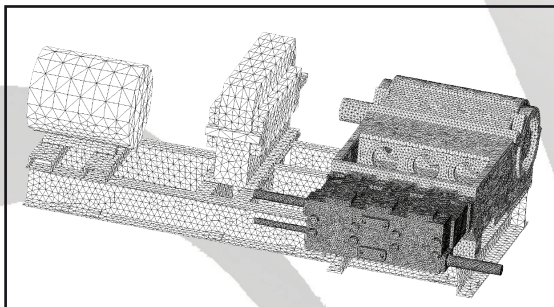


Výpočetní mechanika těles a konstrukcí

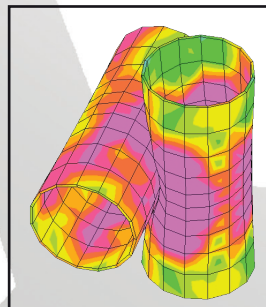
Naše pracoviště se zabývá vývojem, implementací a testováním moderních numerických a analytických metod v mechanice poddajných těles. Hlavní pozornost věnujeme řešení lineárních, nelineárních statických a dynamických úloh, šíření vln napětí, úlohám kontaktu a rázů deformovatelných těles či vývoji a implementaci konstitutivních modelů popisujících chová-

ní materiálů. Vyvíjíme také vlastní výpočetní systém PMD (Package for Machine Design) založený na metodě konečných prvků, který je držitelem atestu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Program PMD je využíván k řešení průmyslových úloh v nejrůznějších odvětvích inženýrské praxe.

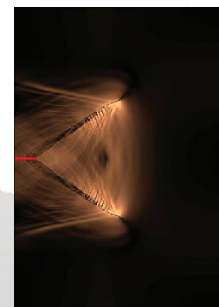
Studujeme také defekty, mechanismy porušení a šíření trhlin v krystalických materiálech metodou molekulární dynamiky a metodami víceškálového modelování a spolupracujeme na výpočtech elektronových struktur a celkových energií neperiodických systémů metodou konečných prvků a pseudopotenciálem.



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.

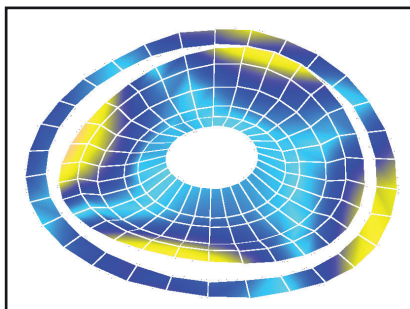


Vibrodiagnostika a rotorová dynamika

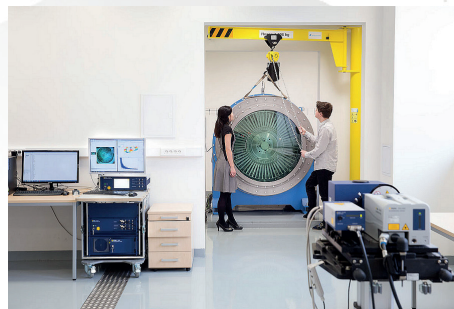
Bezdotykové vyšetřování vibrací, stavu a možného poškození složitých strojních systémů za provozu umožňuje v předstihu plánovat opravy strojů během pravidelných odstávek. Systém vyvinutý na našem pracovišti zjišťuje pohyb, vibrace a zatěžování strojních součástí při rotaci (například lopatek turbín a kompresorů). Systém byl úspěšně provozována 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. Lze tak například potlačit hluk způsobený železniční nebo tramvajovou dopravou, který negativně ovlivňuje kvalitu života. 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.



Vlastní tvar kmitů pryži odpruženého železničního kola.

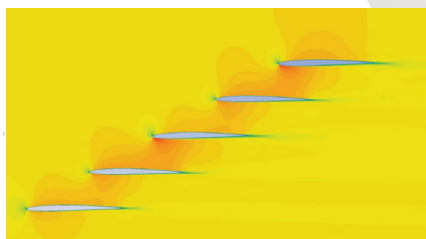


Laboratoř laserové rotační vibrometrie se zkušebním lopatkovým kolem.



Interakce proudící tekutiny a pevných těles a aeroelasticita

Studujeme aeroelastické chování lopatkových kol v turbínách pro energetiku a axiálních kompresorech a také aeroelastickou stabilitu při tzv. lopatkovém flutteru (vibracích vyvolaných prouděním). Pro tento účel využíváme nejmodernější experimentální vybavení a vyvíjíme efektivní redukované numerické metody, které výrazně zkracují simulaci interakce proudící tekutiny s lopatkami turbínových strojů, a tím urychlují návrh lopatek.

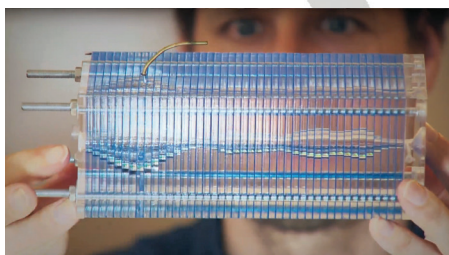


Proudění okolo lopatkové mříže.



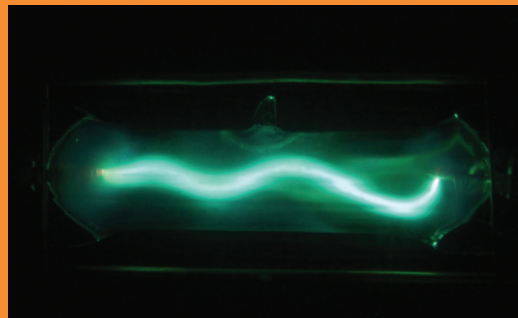
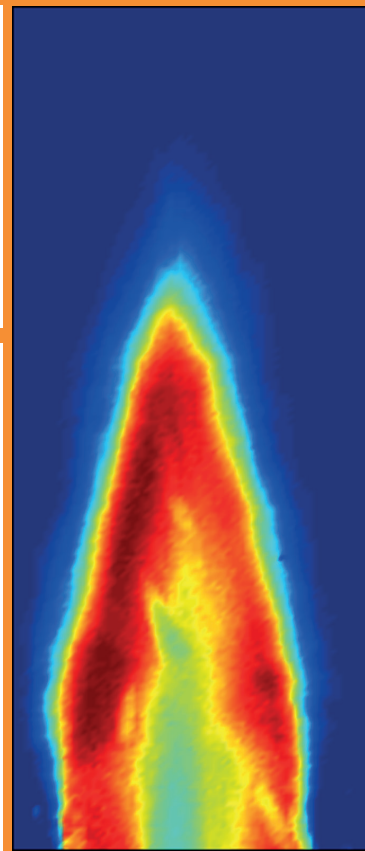
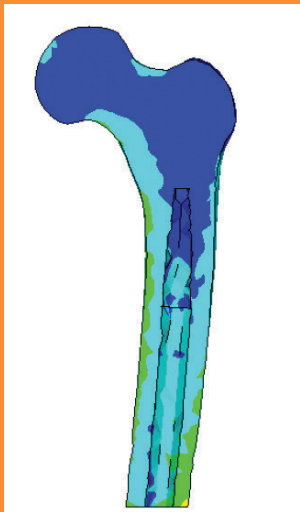
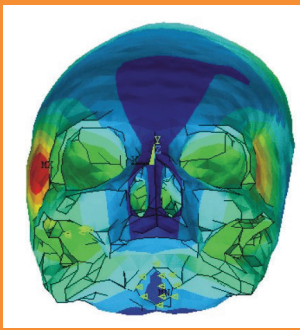
Biomechanika lidského hlasu

Zlepšujeme výpočetní a fyzikální modely produkce lidského hlasu, které jsou využívány při vývoji individuální hlasivkové náhrady určené pacientům s vážnými hlasovými problémy. V rámci společného projektu čtyř institucí jsme v roce 2016 získali Cenu předsedy Grantové agentury České republiky.



Zjednodušený model vokálního traktu.

ELEKTROTECHNICKÝ A MEZIOBOROVÝ VÝZKUM

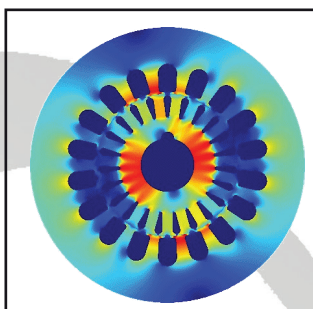




Elektrické pohony a výkonová elektronika

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 například při návrhu elektrických generátorů pro větrné nebo vodní elektrárny. Při výzkumu polovodičových výkonových měničů zkoumáme jejich obvodovou strukturu, studujeme vzájemné

působení polovodičových měničů, elektrických strojů a napájecí sítě a vyvíjíme moderní algoritmy řízení a diagnostiky měničů. Ve spolupráci s firmou Elektrotechnika a.s. (dříve 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 veletrzích AMPER 2011 a AMPER 2015 ocenění ZLATÝ AMPER. Naše pracoviště je centrem kompetence Evropského centra pro výkonovou elektroniku.



Numerický model magnetického pole v indukčním stroji.



Elektrofyzika

Studium složitých jevů v elektrotechnice vyžaduje přesah do jiných oborů, například elektrofyziky či elektroenergetiky. Experimentálními metodami například studujeme dynamické jevy v elektrickém oblouku a volném proudu termického plazmatu (proudění vysoce ohřátého plynu), který se v praxi využívá například k nanášení

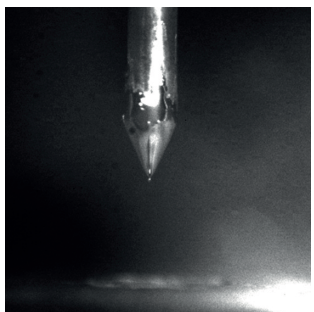
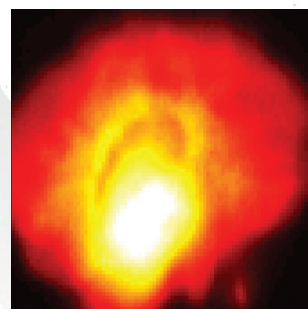
tvrdých povrchových vrstev, řezání kovů či likvidaci odpadu.

Pro technologie aditivní výroby (tzv. 3D tisk kovů) vyvíjíme nové metody elektrostatické tvorby a usměrňování pohybu kapiček kovů (tzv. drop-on-demand) použitelné pro reaktivní a vysokotavitelné kovy.



Prostorová rekonstrukce viditelného záření v proudu termálního plazmatu.

Mikrofotografie roztavené hafniové lázně na špičce katody řezacího plazmatronu. Barvy označují různé teploty roztaveného povrchu hafnia.



Elektrostatické formování kapičky kovu.

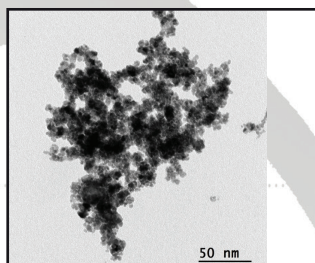


Technologie pro účinnou přeměnu a skladování energie

Od roku 2015 je Ústav termomechaniky AV ČR koordinátorem výzkumného programu Účinná přeměna a skladování energie Strategie AV21 Akademie věd České republiky. V programu se asi desítky vědeckých ústavů Akademie věd zaměřuje na perspektivní směry výzkumu využitelné v energetice. V rámci tohoto programu se v Ústavu termomechaniky AV ČR vyvíjí metoda *přímé přeměny kinetické energie termického plazmatu na elektrickou energii* bez pohyblivých součástí a nová metoda *výroby nanomateriálů pro účinnější a levnější přeměnu chemické energie vodíku na elektrinu* v palivových článcích. Jednou z možností uchovávání a uvolňování elektrické

energie je použití *vysokootáčkových setrvačníků*. Moderní technickou realizací těchto zařízení je levitující setrvačník využívající interakci permanentních a vysokoteplotních supravodivých magnetů.

Ke snížení spotřeby primární energie a vyrovnání kolísavé spotřeby a produkce elektrické energie lze využít *skladování tepelné energie* – nízkoteplotní úložiště pro dávkové technologie a elektrárny využívající koncentrovanou sluneční energii. Zabýváme se výzkumem vlastností materiálů a systémů dosahujících vysoké hustoty skladované energie.



Platinové nanočástice pod elektronovým mikroskopem.



Model supravodivého ložiska setrvačnicku.



Magnetokumulativní implozivní generátor plazmatu pro přímou přeměnu kinetické energie plazmatu na elektrinu.



Dolejšková 1402/5
182 00 Praha
Česká republika

Tel. (ústředna): 266 053 022

Fax: 286 584 695

E-mail: secr@it.cas.cz

www.it.cas.cz

2018, Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.