

A close-up photograph of a vernier caliper measuring a thin wire. The caliper is made of metal and has a textured surface. The wire is held between the jaws of the caliper. The background is blurred, showing a warm, orange light source.

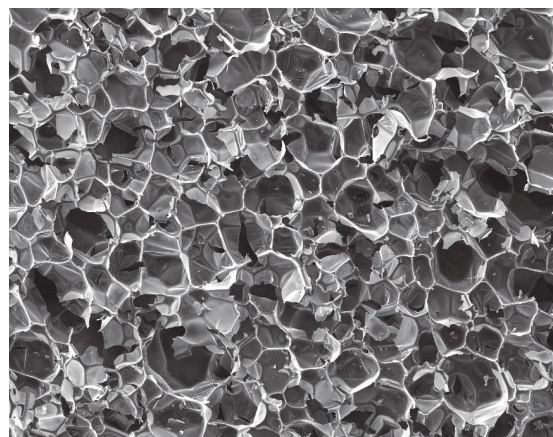
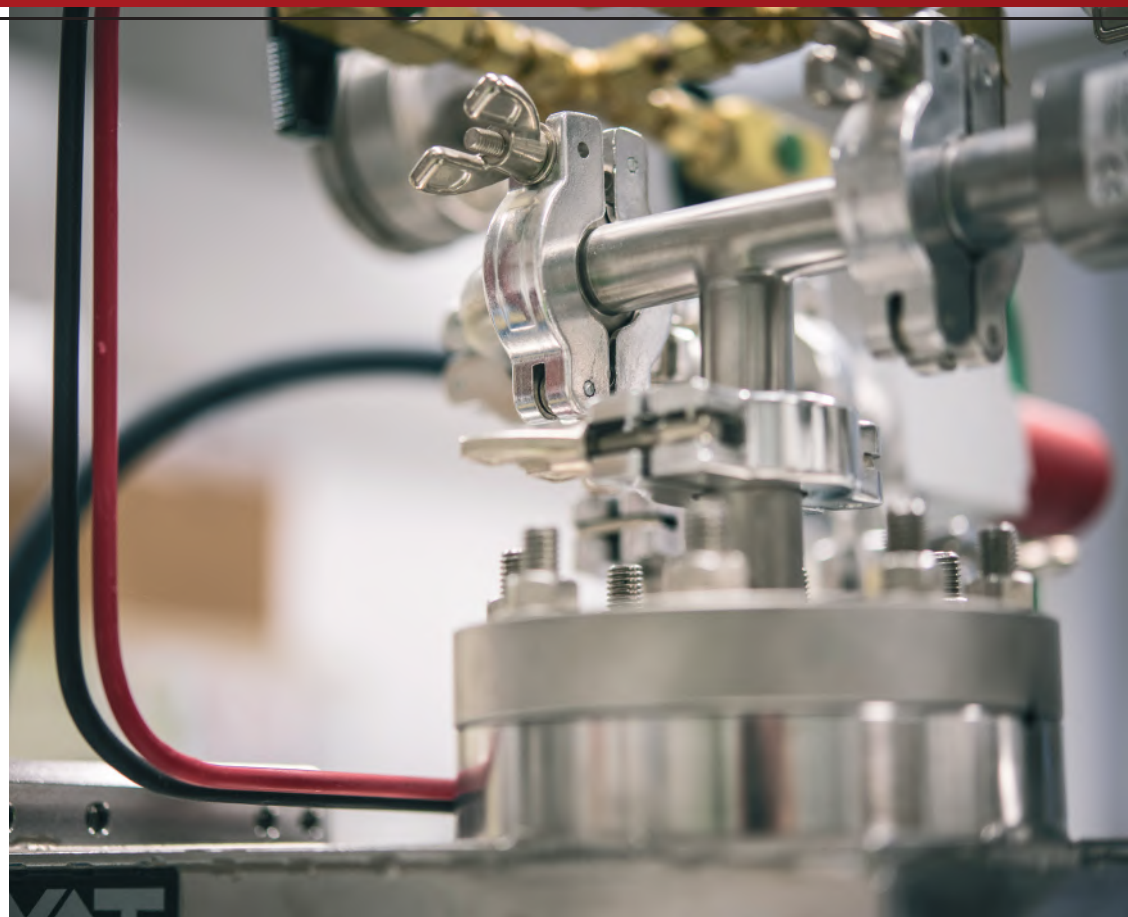
Ústav fyziky materiálů AV ČR, v. v. i.

www.ipm.cz

ODBORNÁ ČINNOST ÚSTAVU FYZIKY MATERIÁLŮ (ÚFM)

přispívá k objasnění vztahu mezi chováním a vlastnostmi materiálů a jejich strukturními a mikrostrukturními charakteristikami, přičemž prioritní je výzkum pokročilých materiálů na bázi kovů, keramik a kompozitů ve vztahu k jejich mikrostruktuře a způsobu přípravy. Smyslem výzkumné činnosti je objasnění a popsání fyzikálních vlastností zkoumaných materiálů s potenciálem optimalizace jejich užitných vlastností a predikce jejich provozní životnosti. Výsledky základního a aplikovaného výzkumu ÚFM obohacují české i celosvětové vědecké poznání více než **60 let**. Dosažené výsledky jsou sdíleny se světovými odborníky a jsou rovněž implementovány do vzdělávacího procesu a do praxe, a to skrze spolupráci s univerzitami a firmami.

V současnosti se na výzkumné činnosti ústavu podílí **170** zaměstnanců,
z toho je **65** vědeckých pracovníků
a **30** studentů doktorského studia.



ÚSTAV FYZIKY MATERIÁLŮ

je jedním z ústavů Akademie věd České republiky. Je spolehlivým partnerem akademickým institucím či průmyslovým podnikům při realizaci jak základního, tak aplikovaného výzkumu.

OBOROVÉ ZAMĚŘENÍ

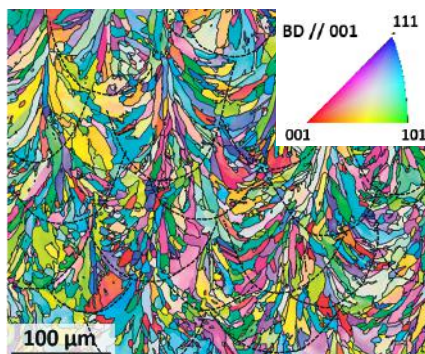
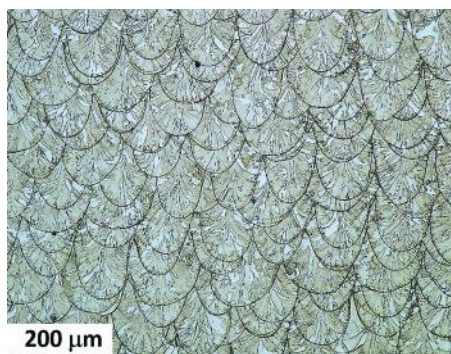
- HUTNICTVÍ A STROJÍRENSTVÍ
- DOPRAVA
- LETECKÝ PRŮMYSL
- ENERGETIKA
- AUTOMOBILOVÝ PRŮMYSL
- KONSTRUKCE A STAVEBNICTVÍ
- POLYMERY
- FARMACIE A ZDRAVOTNICTVÍ

V současnosti se na ÚFM věnuje pozornost například materiálům pro bezpečnou a ekologickou výrobu elektrické energie, novým materiálům pro automobilový a letecký průmysl, vývoji vysokoteplotních materiálů, nanomateriálům s unikátními vlastnostmi, keramickým materiálům, kompozitům či polymerům. Na dalších stranách jsou podrobněji popsána některá významná témata našeho výzkumu.



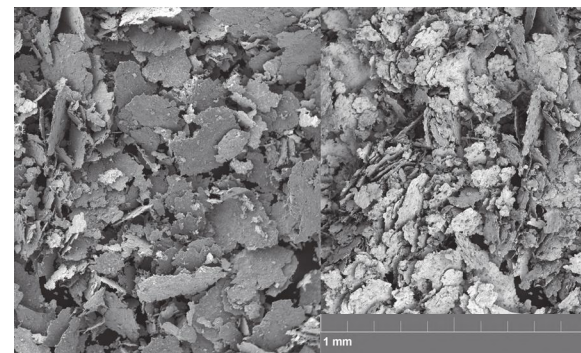
ADITIVNĚ VYRÁBĚNÉ MATERIÁLY

Rozvoj aditivních technologií přináší nové, bezprecedentní možnosti nejen v oblasti designu, ale také z pohledu materiálů a jejich vlastností. Znalosti základních mechanismů porušení umožňují navrhovat materiály se specifickými strukturami, multikomponentní a gradientní materiály se zlepšenou odezvou vůči zatěžování a s novými funkčními vlastnostmi. V rámci výzkumu jsou na ÚFM využívány metody 3D tisku kovů, keramik i polymerních kompozitů. Zabýváme se například vývojem kovových materiálů se schopností absorpce značného poškození bez strukturálního porušení. Přizpůsobením parametrů výrobního procesu je možné lokálně modifikovat mikrostrukturu, krystalografickou orientaci nebo dokonce uplatňující se deformační mechanismy, čímž je možné lokálně ovlivnit a zlepšit odolnost vůči kritickému zatížení. Tyto poznatky pak mohou být aplikovány při návrhu jednotlivých komponent s cílem vyrobit součásti s výrazně vyšší odolností vůči poškození a dlouhodobou životností. Podařilo se například vytvořit materiál AISI 304L s optimalizovanou gradientní strukturou, která byla vytvořena postupnou změnou procesních parametrů SLM technologie powder bed fusion.



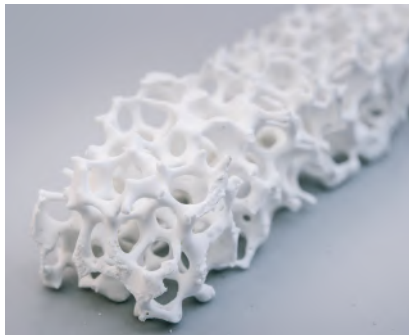
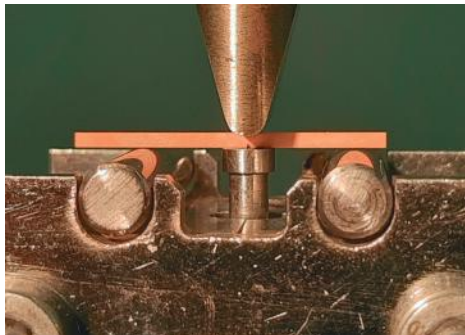
MATERIÁLY ZPEVNĚNÉ OXIDICKOU DISPERZÍ

Materiály zpevněné nano-disperzí oxidických částic, nejčastěji na bázi Y_2O_3 , jsou známy od 70. let minulého století pod zkratkou ODS. Chemická a teplotní stabilita některých oxidů a jejich unikátní odolnost proti hrubnutí umožňují dlouhodobou mechanickou zátěž ODS materiálů při velmi vysokých teplotách. Takto lze výrazně zvýšit provozní teplotu stroje a tím zlepšit jeho tepelnou účinnost, což přímo snižuje i množství vyprodukovaných emisí. Vynikající mechanické vlastnosti ODS slitin, včetně vysoké odolnosti vůči creepu, jsou dány přitažlivou interakcí mezi oxidy a dislokacemi. Na ÚFM byl vyvinut materiál Fe-10Al-4Cr-4Y₂O₃ nazvaný FeAlOY. Výsledkem naší špičkové technologie je ODS slitina, která předčí ve vysokoteplotní odolnosti většinu známých kovových materiálů. Materiál je již aplikován např. na táhla vysokoteplotních creepových strojů, kde umožňuje testování až do 1200 °C. Další skupinou vyvíjených materiálů, zpevněných nano-disperzí, jsou slitiny s vysokou entropií. V neposlední řadě připravujeme také feritické oceli zpevněné komplexními oxidy, které vedou k ještě lepším vlastnostem ocelí, než při použití konvenčního Y_2O_3 .



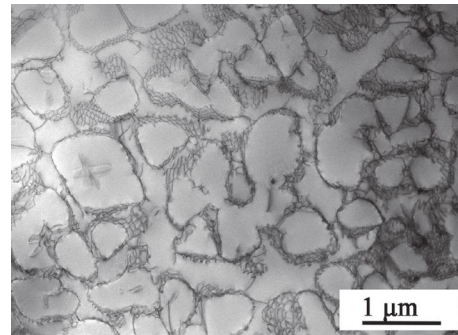
POKROČILÉ PIEZO-KERAMIKY

Dlouhodobě se zabýváme také vývojem, přípravou a zejména pak mikrostrukturní a mechanickou charakterizací pokročilých keramických materiálů a z nich odvozených kompozitů. Vedle studia vlastností monolitických keramických materiálů, nebo vláknů vyztužených keramických kompozitů, se nyní zaměřujeme zejména na funkční, k přírodě šetrné keramické materiály, které vykazují piezoelektrické chování. Příkladem jsou materiály s perovskitovou strukturou založené na BaTiO_3 , které, na rozdíl od v současnosti používaných materiálů, neobsahují toxické olovo. Nevýhodou těchto materiálů je zatím menší účinnost přeměny deformace na energii, nižší teplota stability struktury a křehkost a jí způsobená relativně nízká pevnost. Proto je vývoj zaměřený na zlepšení užitečných vlastností tak potřebný. Piezokeramické materiály mohou být s úspěchem aplikovány v generátorech energie z jalových kmitů vyvolaných například provozem strojů. Mohou také sloužit v „chytrých“ multimateriálních kompozitech jako funkční složka, která řídí lokální mechanickou odezvu na působící vnější zatížení a mohou tedy vyztužit či změkčit materiál v dané oblasti dle aktuální potřeby.



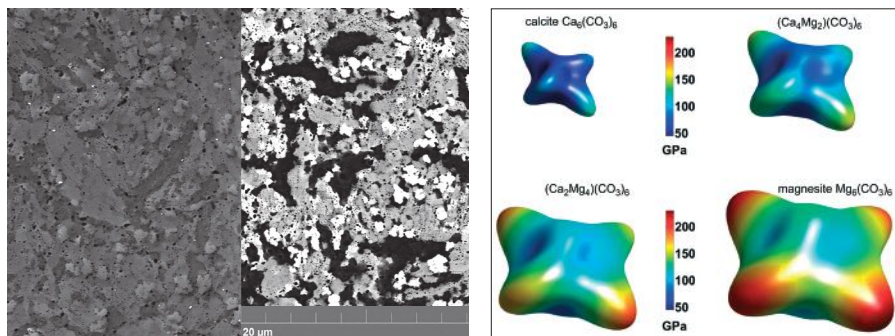
MECHANISMY DLOUHODOBÉHO POŠKOZENÍ VYSOKOTEPLOTNÍCH MATERIÁLŮ

Neustálá poptávka po výkonnějších stacionárních a leteckých turbínách, nebo turbodmychadlech se zvýšenou účinností a spolehlivostí je výzvou pro materiálový výzkum. Nejexponovanější součásti procházejí během provozu několika odlišnými pracovními podmínkami a výsledné poškození lze zjednodušeně charakterizovat jako únavové a creepové. První ze jmenovaných vzniká v důsledku pravidelných startů a odstávek turbínových motorů a superponovaných vibrací. Creepová deformace naproti tomu je časově závislé poškození, které degraduje materiál při téměř stabilních teplotních a zátěžových podmínkách během dlouhodobého provozu vysokoteplotních zařízení. Interakce obou degradačních mechanismů obvykle vede k výraznému snížení životnosti a tudíž je pochopení jejich synergického účinku nutnou součástí materiálového výzkumu s přímým aplikačním dopadem. To lze dokumentovat na úspěšné spolupráci s PBS Velká Bíteš, která vedla k optimalizaci struktury přesných odlitků lopatek plynových turbín a turbodmychadel ze superslitin na bázi niklu.



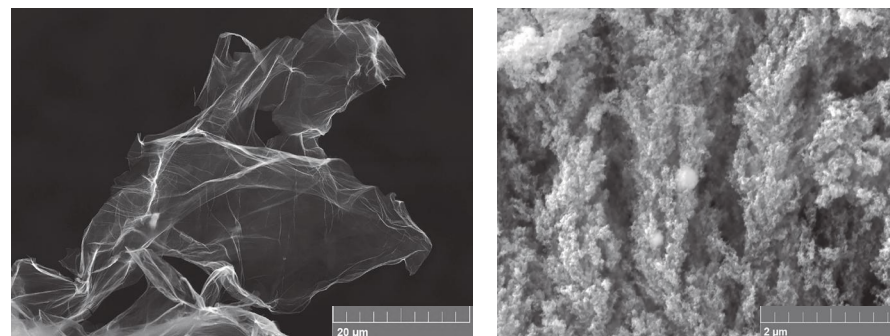
TEORIÍ VEDENÝ VÝVOJ MATERIÁLŮ

Moderní alternativou k tradičnímu vývoji materiálů, který je založen na čistě experimentálních postupech, je využití počítačových simulací. Efekt různého chemického složení materiálu je nejprve predikován pomocí teoretických metod, je vybráno několik nejslibnějších složení a pouze tato jsou následně připravena. Vývoj nových materiálů se tak značně zrychluje a zefektivňuje. Zásadní je použití spolehlivých výpočetních metod, jako jsou kvantově-mechanické výpočty (ab initio), na atomární úrovni. Jako velmi perspektivní směr se ukazuje propojení ab initio výpočtů s metodou CALPHAD používanou při studiu termodynamických vlastností a tvorbě fázových diagramů složitých vícesložkových materiálů. Metoda CALPHAD je založena na modelování binárních a ternárních systémů s využitím vysoce kvalitních experimentálních dat získaných pro jednodušší systémy. Když experimentální data chybí, např. při studiu vícesložkových rovnovážných stavů deseti a více prvků, pomohou právě kvantově-mechanické výpočty. V rámci široké mezinárodní spolupráce jsou vyvíjeny různé třídy pokročilých materiálů (např. bezolovnaté pájky, termoelektrické materiály, nové magnety, nebo materiály pro ukládání vodíku).



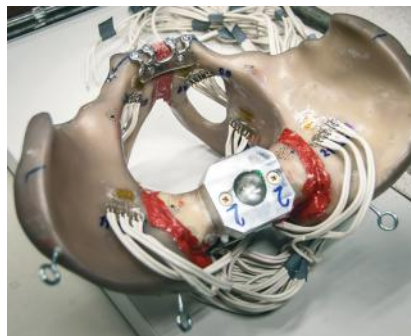
MATERIÁLY PRO UKLÁDÁNÍ VODÍKU

Významnou oblastí našeho výzkumu jsou možnosti ukládání vodíku v pevných látkách, což představuje alternativu k ukládání vodíku v kapalné nebo plynné formě. Soustředíme se na zlepšení kinetiky a termodynamiky sorpce vodíku ve studovaných materiálech. V současné době je výzkum směřován na studium sorpce vodíku v materiálech na bázi nanokofinovaných metal hydridů či 2D karbonových struktur a dále na vliv nanokatalyzátorů na kinetiku sorpce a studium La-Ni-M a La-Ni-M-H slitin. Uvedené slitiny jsou studovány teoreticky (metoda CALPHAD) i experimentálně (studium termodynamického a kinetického chování slitin a samotných hydridů). Příkladem experimentálního měření je např. p-c-T studie termodynamického chování vodíku v komplexních hydridech v adsorpčních / desorpčních režimech, včetně kinetických cyklických experimentů. Snahou je vysvětlit důležité vztahy mezi studovanými sorpčními vlastnostmi a chemickým složením materiálu, jeho strukturou a fází, a to i v závislosti na teplotě. Vysvětlení těchto jevů umožní najít nevhodnější materiál pro ukládání vodíku v pevných látkách, které jsou z pohledu bezpečnosti nejvhodnější alternativou.



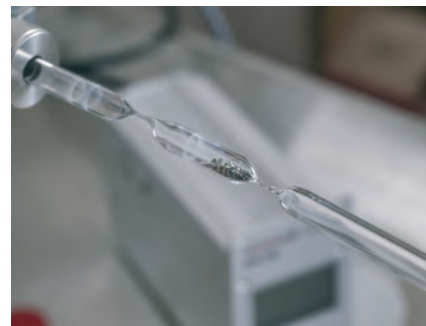
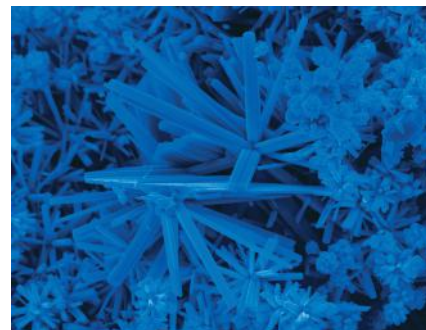
MATERIÁLY PRO BIO-APLIKACE

Zabýváme se také problematikou materiálů pro bio-aplikace. Jsou zkoumány jak konvenční materiály (např. Ti-6Al-4V) používané v medicínské praxi, tak i nekonvenční materiály z pohledu chemického složení nebo procesu výroby. U konvenčních materiálů jsou zpravidla využívány pokrokové metody na úpravu jejich struktury (kupříkladu metody intenzivní plastické deformace) a povrchu (např. opracování vodním paprskem nebo tvorba speciálních povrchových vrstev), což má velký dopad na jejich výsledné mechanické a biologické vlastnosti. To umožní například úpravu geometrie a povrchu výsledného implantátu s cílem minimalizovat zátěž pro lidský organismus. Nekonvenční materiály jsou připravovány kupříkladu moderními technologiemi 3D tisku, kde lze pomocí procesních parametrů měnit strukturu výsledného materiálu, jeho povrchové vlastnosti a porozitu umožňující lepší biokompatibilitu. Rovněž je studována interakce materiálu s biologickým prostředím a zpětný vliv působení tohoto prostředí na mechanické vlastnosti a životnost. Výzkum je také zaměřen na stanovení životnosti biomedicinských implantátů v etapě jejich návrhu, nebo pro odhalení příčin jejich selhání.



VÝZKUMNÁ INFRASTRUKTURA ÚFM

je zaměřena zejména na studium pokročilých materiálů používaných v inženýrských aplikacích. Svým experimentálním vybavením pokrývá oblast mechanických zkoušek (únava materiálů, creep a jiná selhání materiálu v širokém rozsahu teplot), charakterizaci struktury materiálu a její změny během zatěžování, stanovení termodynamických, magnetických, elektrických a transportních vlastností materiálů. V oblasti matematického modelování pokrýváme celou škálu metod od ab initio výpočtů přes molekulární dynamiku, až po metodu konečných prvků.

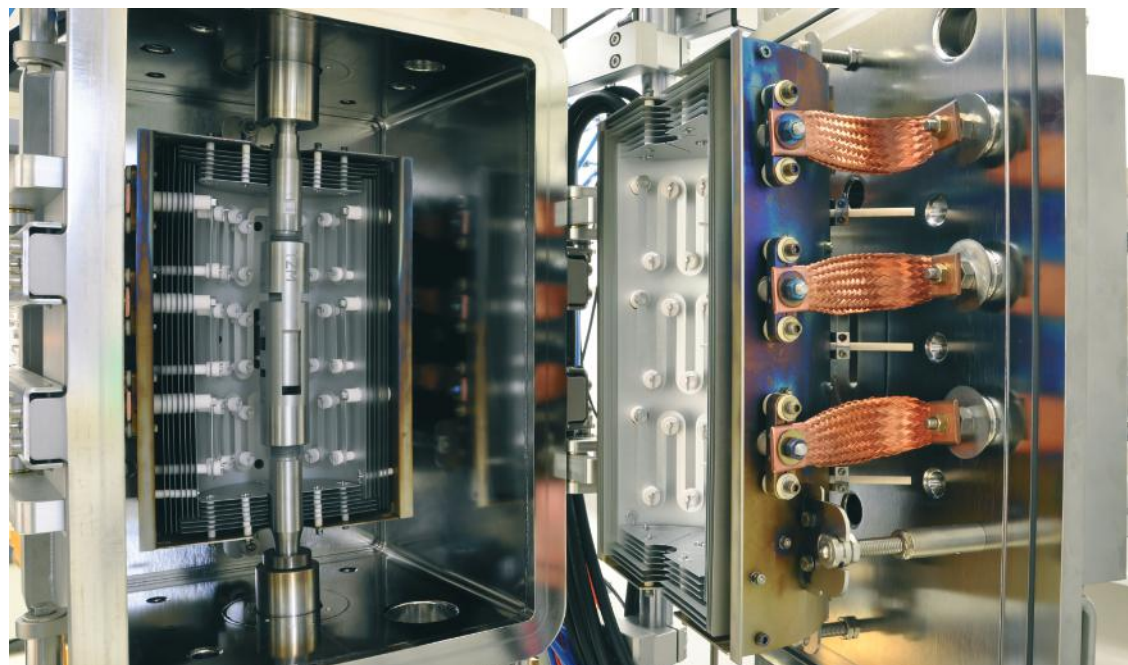


CREEPOVÉ ZKOUŠKY

- Creepové zkoušky materiálu s kontinuálním záznamem deformace v rozsahu od pokojové teploty do 1 000 °C v ochranné atmosféře / vzduchu.
- Creepové zkoušky materiálu s kontinuálním záznamem deformace ve vakuu nebo v ochranné atmosféře Ar v rozsahu od 100 °C do 1 400 °C.
- Creepové zkoušky s extrémně nízkou rychlostí creepu 10^{-13} s^{-1} (typické pro technickou praxi) s teplotním rozsahem do 1 000 °C.
- Torzní namáhání těles s teplotním rozsahem do 1 200 °C.

VYBAVENÍ:

- 35 creepových strojů umožňujících kombinaci dvou typů mechanické zátěže (tah/tlak), každý z nich buď v režimu konstantního napětí nebo konstantní síly s pecí do 1 000 °C (argon/vodík/hydrostar/vzduch).
- 2 creepové stroje KAPPA LA 50 kN s pecí do 1 200 °C resp. 1 400 °C (vakuum/argon).
- 1 creepový stroj KAPPA DS 50 kN s pecí do 1 200 °C (vzduch).
- 6 creepových strojů s přímým zatížením a pokročilou registrací creepového prodloužení pomocí laserového snímače s pecí do 1 200 °C (vzduch).
- 8 creepových strojů SATEC pro experimenty na vzduchu s rozsahem do 1 000 °C.
- 2 creepové stroje pro testování helikoidních vzorků s pecí do 1000 °C (argon).
- 1 creepový stroj pro torzní namáhání s pecí do 1200 °C.



ÚNAVOVÉ ZKOUŠKY (NÍZKOCYKLOVÉ)

- Únava kovových, polymerních a kompozitních materiálů v podmínkách tah/tlak, torze nebo kombinovaného osového a torzního zatěžování. Testy provádíme v rozsahu teplot od teploty kapalného dusíku do 1 400 °C.
- Experimentální stanovení křivek cyklického zpevnění/změkčení, cyklických deformačních křivek, Basquinovy křivky životnosti, Mansonovy-Coffinovy křivky životnosti, S-N křivky životnosti.
- Identifikace míst a mechanismů iniciace únavových trhlin, rychlosti šíření krátkých únavových trhlin v tradičních i netradičních materiálech.
- Analýza mikrostruktury před a po únavovém zatěžování a studium deformačních mechanismů studovaných materiálů.

VYBAVENÍ:

- 3x servohydraulické zkušební stroje MTS 880, 810 s kapacitou zatížení ± 100 kN, tah – tlak, možnost nízkoteplotních i vysokoteplotních zkoušek do 1200°C.
- 1x servohydraulický axiálně-torzní zkušební stroj MTS 809, max. síla 100 kN, max. torzní moment 1 100 Nm, teplotní rozsah zkoušek do 1 400 °C.
- 1x elektrodynamický únavový stroj s lineárním motorem, max. síla 12 kN, tah – tlak, vybavený environmentální pecí pro testy od teploty kapalného dusíku do 350 °C. Frekvence cyklování až 100 Hz.
- Feritscope Fischer FMP 30 pro nedestruktivní měření obsahu feritu v rozmezí od 0,1 do 110 FN nebo 0,1 až 80 % Fe v austenitických a duplexních ocelích.

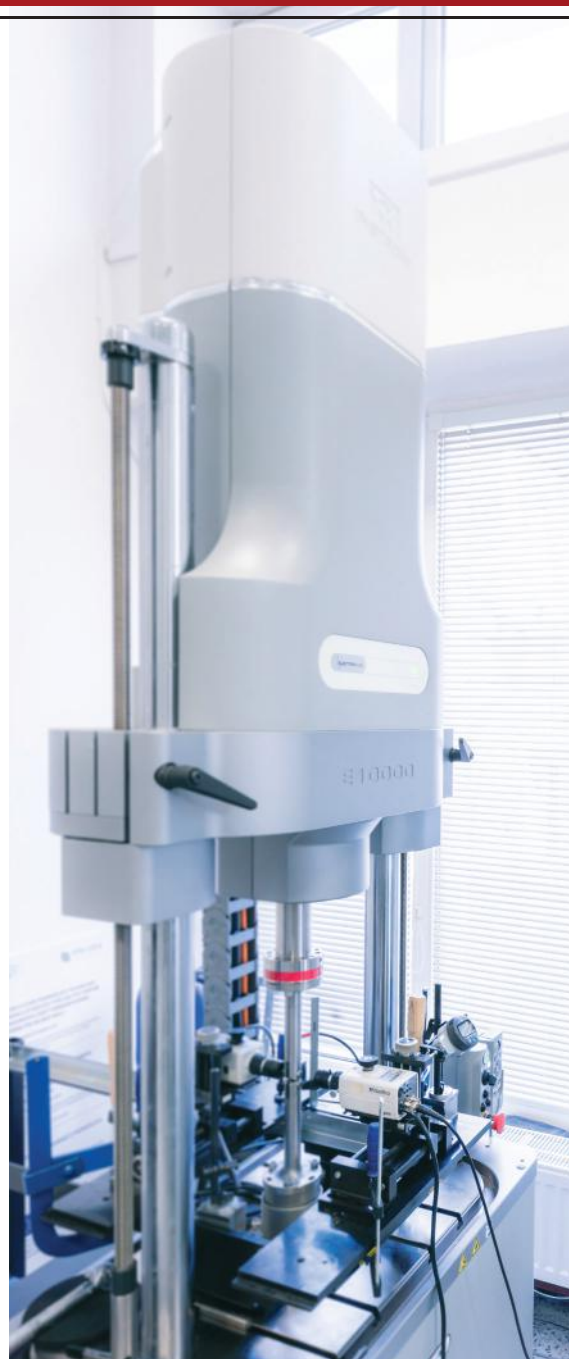


ÚNAVOVÉ ZKOUŠKY (VYSOKOCYKLOVÉ – GIGACYKLOVÉ)

- Experimentální stanovení S-N křivky, cyklické křivky napětí deformace, Goodmanova diagramu, rychlosti šíření únavové trhliny.
- Fraktografie lomových ploch, kvantitativní popis vlivu defektů a jiných koncentrátorů napětí na únavovou životnost.
- Predikce únavové životnosti, numerické simulace šíření únavových trhlin, numerické predikce životnosti komponent s náhodným zatěžovacím spektrem.
- Analýza mikrostruktury před a po únavovém zatěžování (světelná a elektronová mikroskopie), určení mechanismů poškození. Analýza deformací s pomocí DIC metod.
- Stanovení zbytkových pnutí.
- Únava a lomová mechanika kompozitních a polymerních materiálů.
- Stanovení únavových vlastností v oblastech extrémně vysokých počtů cyklů ($>10^9$).

VYBAVENÍ:

- 6x rezonanční únavový stroj 1 -100 kN, tah – tlak, testovací frekvence do 150 Hz, možnost vysokoteplotních zkoušek do 1200°C.
- 1x servohydraulický zkušební stroj Zwick/Roell Amsler MC25, tah-tlak, testovací frekvence do 20 Hz.
- 3x únavový stroj s lineárním motorem 0,1 – 20kN, tah-tlak-torze, testovací frekvence do 120 Hz, možnost zkoušek pro teploty od -80°C do 350°C.
- 2x zařízení pro gigacyklovou únavu, tah-tlak, testovací frekvence 20 kHz, možnost testování pro počet cyklů do 10^{10} .



ZKOUŠKY PEVNOSTI

- Zkoušky tahem, tlakem, ohybem a smykem za různých podmínek zatěžování včetně analýzy deformačních i lomových pochodů zahrnující zejména oblast lomové mechaniky.
- Zaměření laboratoře pokrývá většinu kovových, polymerních a keramických materiálů včetně jejich kompozitů.
- Teplotní rozsah většiny prováděných zkoušek je od -196°C do $1\,200^{\circ}\text{C}$ na vzduchu, od 20°C do $1\,500^{\circ}\text{C}$ ve vakuu nebo argonu.
- Zkoušky lze realizovat při rychlostech zatěžování od $2\,\mu\text{m/h}$ do $2\,\text{m/min}$ s kapacitou strojů do $250\,\text{kN}$.
- Zkoušky lze doplnit o instrumentaci například kontaktními i bezkontaktními snímači, vysokorychlostní kamerou a analýzou akusticko-emisních událostí.
- Základní materiálová data lze doplnit o měření hustoty, teplotní roztažnosti, elastickými charakteristikami.

VYBAVENÍ:

- 3x univerzální elektromechanický zkušební stroj, max. zatížení 50, 100 a $250\,\text{kN}$.
- 1x univerzální elektromechanický stroj s vysokoteplotní komorou do $1\,500^{\circ}\text{C}$, max. zatížení $20\,\text{kN}$.
- 1x univerzální elektromagnetický stroj pro zkoušky vláken, fólií a miniaturních vzorků, max. zatížení $250\,\text{N}$.
- 1x systém pro měření elastických vlastností rezonanční metodou do teploty $1\,500^{\circ}\text{C}$ s dilatometrem.
- 3x instrumentované Charpyho kladivo s kapacitou od $0,5\,\text{J}$ do $450\,\text{J}$ s možností dynamické tahové zkoušky.
- 1x instrumentovaný tvrdoměr pro zkoušky tvrdosti do $200\,\text{N}$.
- 1x instrumentovaný nanostroj pro zkoušky tvrdosti a vrypové zkoušky při zatížení do $2\,\text{N}$.



VÝVOJ NOVÝCH MATERIÁLŮ

- Modelování fázových diagramů vícekomponentních materiálů s využitím semiempirických metod a ab initio výpočtů.
- Příprava nových slitin pomocí práškové metalurgie z atomárních prášků, mikrolegování a příprava nanočásticemi zpevněných struktur v kontrolované atmosféře.
- Příprava nových slitin ve vakuové indukční peci gravitačním odléváním či v obloukové peci vč. podtlakového odlévání.
- Vývoj nových nekovových anorganických materiálů, například geopolymerních kompozitů s využitím nízkoteplotní konsolidace.
- Vývoj a příprava nových typů nanočástic na bázi oxidů železa nebo ceru pro lékařské účely.

VYBAVENÍ:

- Multimateriálová 3D tiskárna s metodou tisku VAT (stereolitografie).
- 5x 3D tiskárna s metodou tisku FDM, nebo SLA.
- Experimentální pece umožňující tavení a tepelné zpracování vzorků ve vakuu nebo v řízené ochranné atmosféře.
- 2x planetový mlýn pro vysoce-energetické mletí materiálů.
- 1x hmoždířový mlýn Fritsch Pulverisette 2.
- 1x Glove Box pro manipulaci s prášky v ochranné atmosféře.
- 1x vibrační síto pro homogenizaci velikosti prášků.
- 1x zařízení pro měření velikosti prášků Zetasizer Ultra Malvern.
- 1x ultrazvukový homogenizátor.



TERMODYNAMICKÉ A TERMOFYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI MATERIÁLŮ

- Měření termodynamických a teplotních charakteristik spojených s fázovými transformacemi v materiálech – teploty fázových přechodů, transformačních entalpií, tepelných kapacit.
- Charakterizace intermetalik včetně měření měrné tepelné kapacity.
- p-c-T studie termodynamického chování vodíku v komplexních hydridech v absorpčních/desorpčních režimech, včetně kinetických cyklických experimentů.
- Měření rychlosti sorpce vodíku (případně i jiných plynů) a vyhodnocení aktivační energie tvorby hydridů.

VYBAVENÍ:

- Diferenciální skenovací kalorimetr Netzsch DSC 204 F1 Phoenix pro měření transformačních charakteristik a specifických tepel v teplotním rozsahu -180 až 700 °C.
- Diferenciální skenovací kalorimetr Netzsch Pegasus DSC 404C.
- Setaram PCT EVO pro měření sorpce plynů Sievertsovou metodou. Přístroj je vhodný pro měření sorpčních kinetických a termodynamických charakteristik vybraných plynů (H₂, CO₂, CH₄, N₂, Ar, He) v pevných vzorcích (bulk, fólie, prášky) v intervalu teplot 20-400°C a tlaků 10⁻³ – 200 barů.
- Aparatura pro stanovení parametrů termální desorpce plynů vybavená hmotnostním spektrometrem QMG 250 M1, PrismaPro.

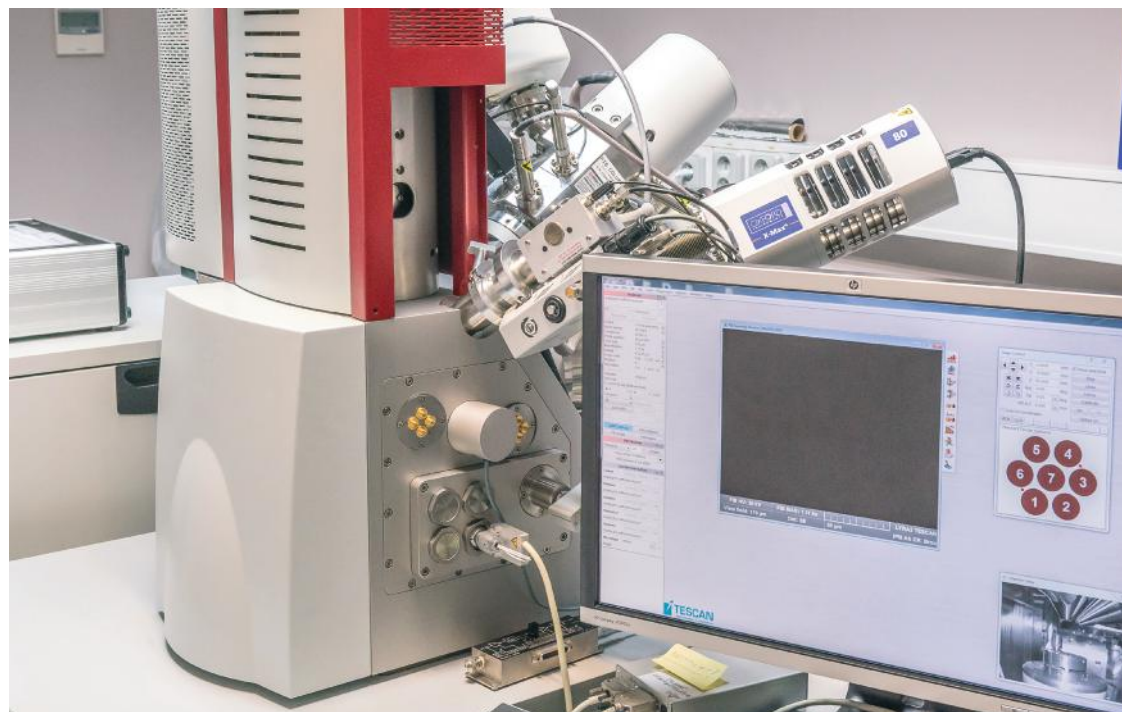


ANALÝZA STRUKTURY MATERIÁLŮ

- Analýza a popis struktury a substruktury materiálů, defektů, trhlin na povrchu i uvnitř materiálu, analýza mechanismu poškození materiálu při různých způsobech zatížení (tah, tlak, ohyb, únava, creep).
- Měření lokálního chemického složení materiálu – EDS.
- Analýza fázového složení materiálu, velikosti zrna, textury – EBSD.
- Využití fokusovaného iontového svazku pro získání informací o struktuře materiálu v podpovrchových oblastech a pro přípravu vzorků pro transmisní elektronovou mikroskopii – FIB.
- Studium struktury materiálů na atomární úrovni – transmisní elektronová mikroskopie. Informace o poruchách v uspořádání atomů (intersticiální atomy, vakance, dislokační struktury), jejich pohybu a interakci těchto poruch se strukturními součástmi materiálu.

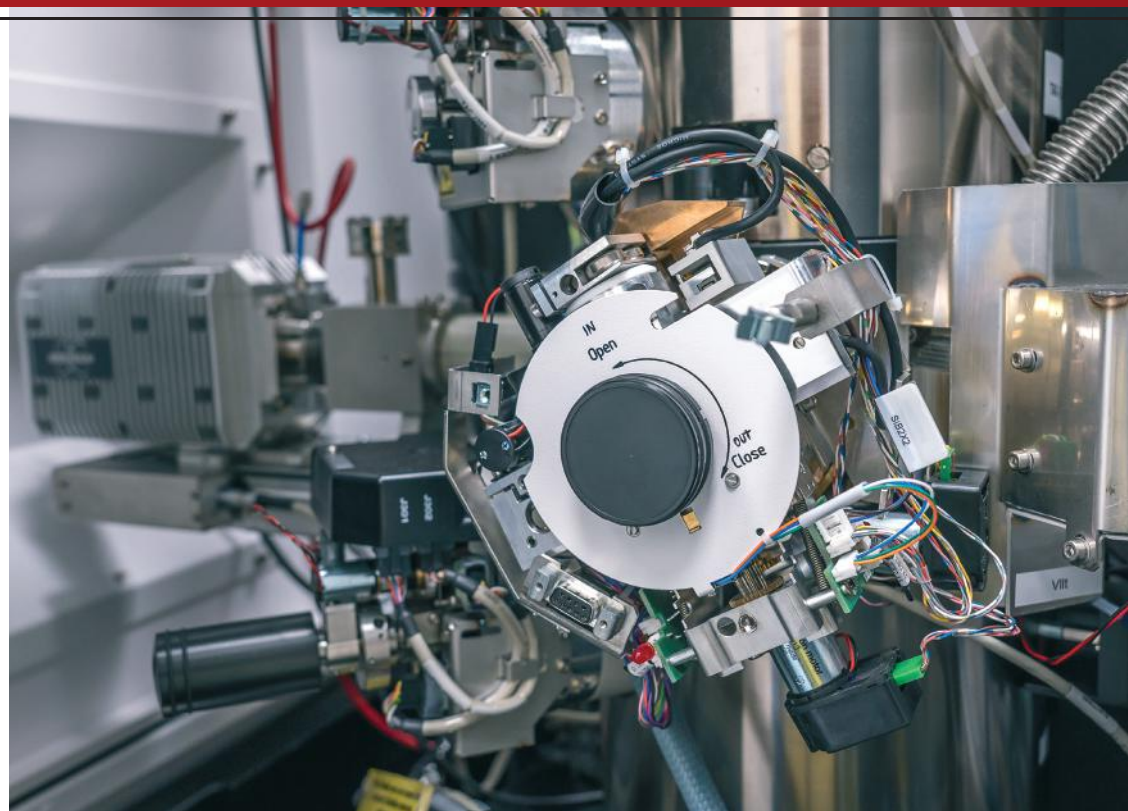
VYBAVENÍ:

- Transmisní elektronový mikroskop Talos 200i
Techniky: TEM, HRTEM, SAED, CBD, NBD, (HR)STEM, EDS, DPC, iDPC, 4D STEM, Lorentz TEM, holografie.
- Transmisní elektronový mikroskop JEOL JEM-2100F
Techniky: TEM, HRTEM, SAED, CBD, NBD, STEM, EDS.
- 2× Rastrovací elektronový mikroskop Tescan LYRA 3 XMU FEG/SEMx/FIB
Techniky: SE, BSE, EDS, EBSD, STEM (BF a DF), FIB, GIS.
- Rastrovací sondový mikroskop (SPM) LiteScope™ (NenoVision)
integrováný do rastrovacího elektronového mikroskopu
Techniky: AFM, C-AFM, STM, MFM, KPFM, EBIC/EBAC.



TRANSMISNÍ ELEKTRONOVÝ MIKROSKOP TALOS F200i

Talos F200i je flexibilní transmisní elektronový mikroskop (TEM) umožňující rychlou a velmi precizní charakterizaci různých materiálů. Zařízení nabízí standardní módy TEM a STEM, v obou módech má rozlišení dostatečné pro zobrazování jednotlivých atomových sloupců. TEM je nezbytnou součástí strukturní a fázové analýzy, elektronová difrakce je velkým pomocníkem v identifikaci jednotlivých strukturních částí nacházejících se v materiálu. V kombinaci s měřením lokálního chemického složení pomocí EDS detektorů je Talos F200i nezbytným nástrojem například ve vývoji nových ODS materiálů. Popis interakcí mezi zpevňujícími částicemi a mřížkovými poruchami až na atomární úrovni může sloužit jako vstup pro následné výpočty, lepší pochopení deformačních mechanismů a optimalizaci struktury. TEM v Lorenzově módu spolu s elektronovou holografií dokáže zobrazit jednotlivé magnetické domény, pokud se v materiálech nebo částicích nacházejí. Potvrzení přítomnosti jednotlivých magnetických domén a měření jejich velikosti je klíčové ve vývoji magnetických nanočástic určených pro boj se zhoubnými nádory. V neposlední řadě mikroskop disponuje velmi rychle se rozvíjející technikou 4D-STEM, která je pro spoustu aplikací klíčová. Jednou z používaných aplikací je měření lokálních napětí v materiálech připravovaných pomocí 3D tisku.



NUMERICKÉ SIMULACE

- Výpočty založené na kvantově-mechanickém popisu materiálů, tzv. ab initio metody. Jedná se zejména o studium elektronové struktury materiálů, jejich magnetických vlastností, struktury vnitřních defektů, ale i vývoj nových slitin.
- Atomární studie materiálů se využívají mimo jiné k objasnění některých mechanismů porušení kovových materiálů, modely skluzu a dvojčatění, vliv hranic zrn.
- Modely fázového pole, které umožňují kontinuální popis rozložení mikrostruktury ve vícefázových materiálech a zároveň prostorové rozložení dislokační substruktury.
- Modelování termodynamických vlastností a fázových diagramů pomocí kombinace metod CALPHAD a ab initio.
- Modelování chování materiálu s využitím modelů krystalové plasticity pro popis jeho mechanického chování na úrovni mikrostruktury.
- Modelování šíření trhlin v různých materiálech a kompozitech.
- Strukturální výpočty pomocí metody konečných prvků, stanovení dlouhodobé životnosti kritických komponent.

VYBAVENÍ:

- 10× pracovní stanice pro numerické výpočty.
- Superpočítač s celkem 260 jádry a 1.6 TB RAM pro náročné simulace v oblasti materiálového výzkumu a vývoje nových kovových slitin.
- Vzdálený přístup do superpočítačových center u nás i v zahraničí (IT4I v Ostravě, METACENTRUM a CERIT-SC v Brně, LUMI ve Finsku).
- Vzdálený přístup na kvantové počítače firmy IBM v USA.



MAGNETICKÉ, ELEKTRICKÉ A TRANSPORTNÍ VLASTNOSTI

- Měření magnetických, elektrických a transportních vlastností materiálů s analýzou struktury a fázového složení materiálů.
- Zkoušky vlastností materiálů při velmi nízkých teplotách (až -260°C), i při vysokých teplotách (až 800°C).
- Doplnění experimentů pokročilým teoretickým modelováním (kvantově-mechanickými výpočty) jak pozorovaných jevů, tak i podmínek, které by bylo experimentálně nemožné realizovat.

VYBAVENÍ:

- Nízkoteplotní měřicí systém EverCool II umožňující měření magnetických vlastností, elektrického odporu a přenosu tepla v rozmezí teplot od -270°C do 130°C a v magnetických polích o velikosti až 9 T.
- Vysokoteplotní vibrační magnetometr umožňující měření magnetických vlastností až do 800°C .
- Automatický práškový difraktometr X'Pert PRO umožňující analýzu struktury zkoumaných materiálů do nízkých teplot (až -260°C).
- Optický emisní spektrometr GD-PROFILER 2 – simultánní spektrometr s vysokým rozlišením využívající radiofrekvenčního zdroje doutnavého výboje pro analýzu povrchu, hloubkovou profilovou analýzu a objemovou analýzu elektricky vodivých i nevodivých vzorků a tenkých vrstev.
- Mössbauerovské spektrometry pro velmi přesné určení fázového složení materiálů, nejčastěji ocelí a dalších materiálů na bázi železa, a lokálních magnetických vlastností.



PŘÍPRAVA MATERIÁLŮ A VZORKŮ, METALOGRAFICKÁ PŘÍPRAVA

- Dílny a metalografická laboratoř ÚFM jsou plně a kvalitně vybaveny pro dělení a obrábění materiálu či přípravu zkušebních těles.
- Odběr, metalografická příprava a charakterizace všech typů vzorků z hlediska struktury, porozity, tvrdosti, případně pro analýzu lomových ploch.
- Příprava vzorků vyhovuje všem požadavkům světelné, konfokální i elektronové mikroskopie.

VYBAVENÍ:

- Pásové pily, EDM řezačka a vrtačka, CNC soustruh, konvenční soustruhy a frézky, brusky.
- Přesné pily, metalografický lis, brusky a leštičky, vibrační leštička, plazmový čistič.
- Optické světelné mikroskopy, stereomikroskop.
- Tvrdoměry, mikrotvrdoměr.
- Zdroje pro elektrolytické leštění/leptání i při nízkých teplotách.

Demonstrační laboratoř Zwick

V rámci spolupráce s firmou Zwick/Roell byla vytvořena demonstrační laboratoř, ve které se nacházejí také firmou zapůjčené zařízení tvrdoměr DuraScan 70 G5 a univerzální tvrdoměr Rockwell ZHR 8150 CLK. První ze zmíněných dokáže kromě základního manuálního měření také automatické měření průběhů tvrdostí a map i na několika vzorcích a to i komplikovaných tvarů. Tvrdoměr poskytuje možnost automatického měření dle standardů ISO 6507, ASTM E384, ASTM E92.



VÝVOJ VLASTNÍCH CREEPOVÝCH STROJŮ

- Vývoj a výroba creepových strojů vlastní konstrukce s přímým konstantním zatížením.
- Vývojový koncept ověřen úspěšnými tahovými zkouškami na šesti nových strojích.
- Současná verze stroje má silovou kapacitu do 1.5 kN a umožňuje testy na vzduchu.
- Teploty creepových zkoušek do 1200 °C, jednozónová pec FIBROTHAL RAC 70/500 TYPE A F-17.
- Teplota je měřena pomocí termočlánků umístěných na zkušebním vzorku a řízena regulátorem CLASIC Ht 40 B.
- Prodloužení vzorku je registrováno laserovým snímačem MICRO-EPSILON optoNCDT 1320 z pohybu zatěžovací soustavy (rozsah měření 10 mm nebo 25 mm).
- Záznam prodloužení vzorku je realizován pomocí původního vyvinutého softwaru.
- Zkoušky závitových, plochých a kruhových zkušebních vzorků s měrnou délkou do 50 mm.
- Spolehlivost, výkonnost a reprodukovatelnost byla ověřena srovnávacími zkouškami se špičkovými komerčně vyráběnými stroji.
- Zařízení lze modifikovat a instrumentovat dle přání zákazníka. Prodej, distribuci a servis zajišťuje Ústav fyziky materiálů AV ČR, v. v. i.



VÝVOJ VLASTNÍCH ZAŘÍZENÍ PRO GIGACYKLOVÉ ÚNAVOVÉ ZKOUŠKY MATERIÁLŮ

- Zařízení pro zatěžování plně reverzním cyklem tah-tlak.
- Zařízení umožňuje zatížení i s přidanou statickou složkou.
- Pracovní frekvence $20\,000 \pm 500$ Hz umožňuje dosažení 10 milionů cyklů za 8 minut a 10 miliard cyklů za méně než 6 dní.
- Ultrazvukový generátor s možností řízení výstupní amplitudy signálu.
- Horizontální konfigurace řetězce konvertor-booster-sonotroda-vzorek.
- Plynulé řízení výstupní amplitudy kmitů.
- Široký rozsah výstupních amplitud kmitů pokrývají sady použitých boosterů a sonotrod.
- Chlazení ultrazvukového konvertoru vzduchem.
- Chlazení vzorků materiálů vzduchem nebo vodou.
- Aktivní chlazení uzavřeného vodního chladicího okruhu.
- Volitelný indukční ohřev pro zkoušky za vysokých teplot (do $800\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Zařízení lze modifikovat dle přání zákazníka. O prodej, distribuci a servis se stará firma ULTRATECH s.r.o.



ÚSTAV FYZIKY MATERIÁLŮ

je významně zapojen do relevantních platforem výzkumu, jako jsou špičková výzkumná centra CEITEC, MEBIOSYS a MATUR. Dále se ÚFM podílí na realizaci dílčích projektů národních center kompetence TAČR (NCK MESTEC a NCK STROJÍRENSTVÍ), která jsou více zaměřena na kooperaci s průmyslovou sférou.

CEITEC

Centrum CEITEC realizuje společnou vizi vytvoření centra excelentní vědy, jehož výsledky budou přispívat ke zlepšování kvality života a zdraví člověka. Na tomto centru se podílí Masarykova univerzita, Vysoké učení technické v Brně, Mendelova univerzita v Brně, Ústav fyziky materiálů AV ČR, Veterinární univerzita Brno a Výzkumný ústav veterinárního lékařství. Mezinárodní vědecké centrum má více jak 1400 zaměstnanců. Z uvedeného počtu je více jak 750 vědců a vědkyň. CEITEC také realizuje vlastní doktorské studijní programy v rámci CEITEC PhD School, které navštěvuje 400 studentů a studentek.

Společnými výzkumnými cíli jsou: objasnění mechanismů vzniku a šíření závažných onemocnění, metody jejich prevence, včasné diagnostiky a terapie; využití rostlinných systémů jako obnovitelných zdrojů materiálů a biologicky účinných látek; vývoj pokročilých materiálů a funkčních nanostruktur pro medicínu, energetiku, informační a komunikační technologie; využití informačních a komunikačních technologií pro biomedicínu.

V rámci centra je prováděn excelentní výzkum a poskytována pokročilá postgraduální a postdoktorální výuka. Instalované špičkové technologie

umožní synergicky studovat objekty živé i neživé přírody na všech v současné době dostupných úrovních složitosti, počínaje jednotlivými atomy přes molekuly, molekulární uskupení, buňky až po celé organismy. Společné využívání špičkové Infrastruktury tak kromě úzce specializovaného výzkumu umožňuje také intenzivní mezioborovou spolupráci a kvalitnější zázemí pro výuku.

Ústav fyziky materiálů se v rámci centra CEITEC zabývá zejména studiem progresivních materiálů uplatnitelných v energetice, dopravě a bioaplikacích, teoretickým popisem a počítačovými simulacemi fyzikálních procesů v materiálech na všech jejich úrovních, se speciálním zaměřením na mikroskopickou a mezoskopickou úroveň. Kromě excelentního výzkumu v oblasti fyziky materiálů a materiálových věd se také věnuje spolupráci na vzdělávání vysokoškolských studentů všech stupňů v relevantních kurzech Masarykovy univerzity a Vysokého učení technického v Brně zahrnujících také CEITEC PhD School.

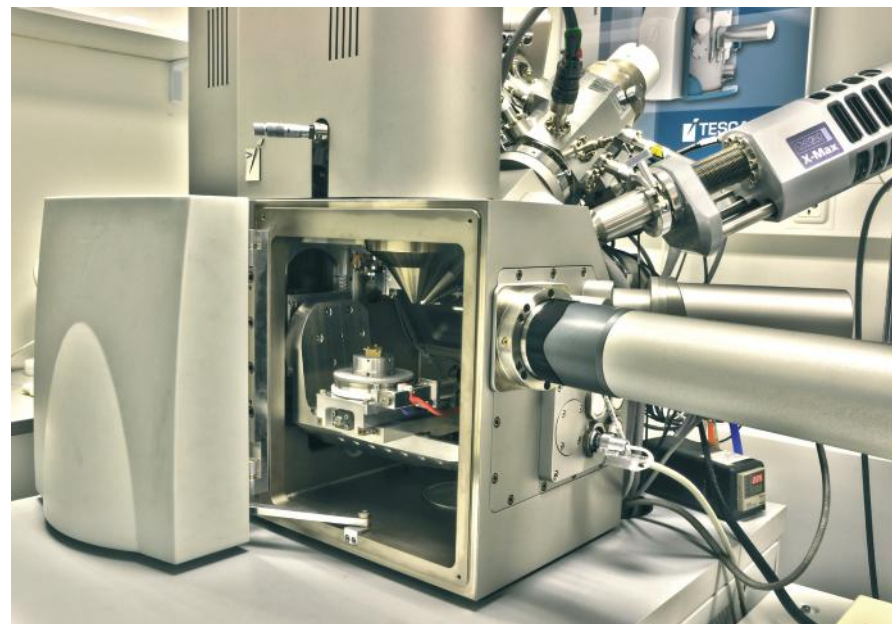


MEBIOSYS

Cílem centra špičkového výzkumu MEBIOSYS je posílení mezinárodní spolupráce, rozvoj týmu a realizace špičkového výzkumu za účelem vývoje nové generace ground-breaking strojírenských produktů, které jsou výsledkem konvergence biologické a technologické evoluce. Projekt přispívá k řešení problému dvojí tranzice průmyslu a re-industrializace EU, zejména u sofistikovaných výrobních procesů vyžadujících pokročilé strojírenské produkty. Projekt vede Vysoké učení technické v Brně a ÚFM je jedním z klíčových partnerů. Součástí projektu je také rozvoj internacionalizace ve spolupráci se zahraničními pracovišti včetně mobilit, modernizace technického vybavení a hlubší integrace zapojených institucí do společného špičkového výzkumu. V rámci centra MEBIOSYS realizuje ÚFM výzkum v oblasti bioinspirovaných materiálů a metamateriálových struktur pro využití v průmyslu i v medicíně.

MATUR

Centrum špičkového výzkumu MATUR je založeno na aktivitách interdisciplinárního výzkumného týmu, který je zaměřen do oblasti materiálového výzkumu pro trvale udržitelný rozvoj. Projekt vede Technická univerzita Ostrava a ÚFM je jedním z klíčových partnerů. Centrum je zacíleno na hybridní silikátové hmoty, materiály pro vysokoteplotní aplikace v energetice, materiály a technologie snižující environmentální dopady a funkční materiály. Součástí projektu je také rozvoj mezinárodní spolupráce se špičkovými zahraničními pracovišti, včetně výměnných pobytů mezi zapojenými partnery. Toto centrum se snaží o užší propojení oborů jako jsou materiálové inženýrství, stavební inženýrství, fyzika, chemie, mechatronika, environmentální inženýrství a jiné.



Projekt Strojní inženýrství biologických a bioinspirovaných systémů (MEBIOSYS), reg. č. CZ.02.01.01/00/22_008/0004634 a projekt Materiály a technologie pro udržitelný rozvoj (MATUR), reg. č. CZ.02.01.01/00/22_008/0004631 jsou spolufinancovány Evropskou unií



Spolufinancováno
Evropskou unií

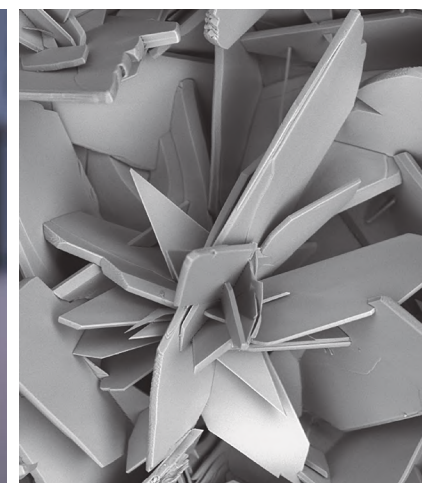
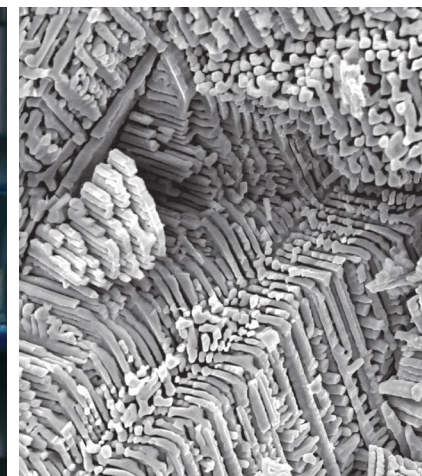
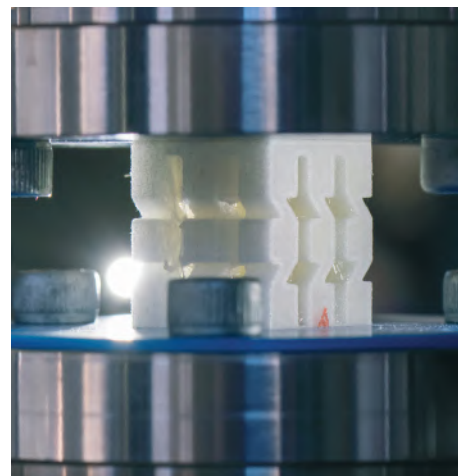


NCK MESTEC

Národní centrum kompetence Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství (NCK MESTEC) vzniklo za účelem soustředění kapacit jednotlivých pracovišť výzkumných organizací a technologicky orientovaných firem na realizaci společné výzkumné agendy. Ústav fyziky materiálů je zde významným partnerem. Zaměření centra kombinuje víceoborové výzkumné specializace (konstruování, mechanika, elektrotechnika, chemie, biologie, senzorika, materiálové inženýrství, virtuální navrhování apod.), které směřují ke třem vzájemně provázaným technologickým oblastem, jejichž uplatnění je zacíleno prioritně na strojírenskou výrobu pro 21. století. Centrum pod vedením Vysokého učení technického v Brně sestává z pracovišť šesti výzkumných organizací a devatenácti firem.

NCK STROJÍRENSTVÍ

Národní centrum kompetence Strojírenství (NCKS) je zaměřeno na výzkum, vývoj a inovační aktivity nezbytné pro zvyšování konkurenceschopnosti českého strojírenského průmyslu v oblasti středního a lehkého strojírenství. Záměrem je společnou realizací aplikovaného výzkumu posílit a dále rozvinout spolupráci podniků a výzkumných organizací a zvýšit jejich konkurenceschopnost. NCKS se zabývá řešením problémů a témat významných pro budoucí inovace strojů a zařízení. Centrum je zaměřeno na zvyšování výkonu a přesnosti strojů a zařízení, snižování energetické náročnosti, automatizaci výrobních procesů, zkracování inovačních cyklů, nákladovou optimalizaci a zohlednění trendů Průmyslu 4.0. Konsorcium je vedené VÚTS, a.s., a kromě Ústavu fyziky materiálů zahrnuje přední české technické univerzity a 22 soukromých společností.



Národní centrum kompetence Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství (NCK MESTEC), reg. č. TN02000010 a Národní centrum kompetence STROJÍRENSTVÍ, reg. č. TN02000018 jsou spolufinancovány se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

T A
Č R

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní Centra kompetence

www.taocr.cz
Výzkum užitečný pro společnost.

VYBRANÍ AKADEMIČTÍ PARTNEŘI

Paul Scherrer Institut – Švýcarsko



Karlsruhe Institute of Technology – Německo



Politecnico di Milano – Itálie



Massachusetts Institute of Technology – USA



University of Oxford – Velká Británie



Montanuniversität Leoben – Rakousko



RWTH Aachen – Německo



The Ohio State University – USA



EPFL – Švýcarsko



University of Cambridge – Velká Británie



VYBRANÍ PRŮMYSLOVÍ PARTNEŘI

ThermoFisher Scientific – Česká republika



Aircraft industries – Česká republika



Nenovision – Česká republika



PBS Velká Bíteš – Česká republika



Bonatrans group – Česká republika



Hanon Systems Autopal – Česká republika



MTU Aero Engines – Německo



IDIADA – Česká republika



Hitachi Energy Switzerland – Švýcarsko



Sidenor – Španělsko



Ústav fyziky materiálů AV ČR, v. v. i.
Žižkova 22, 616 00 Brno
Česká republika

www.ipm.cz

