

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

Místo konání: [Žižkova 22, Brno](#)

Datum a doba otevření: STŘEDA 12. 11., 8:30–15:00

Kontakt: doc. Ing. Luboš Náhlík, Ph.D., tel.: 532 290 358, e-mail: [nahlik@ipm.cz](mailto:nahlik@ipm.cz)

## Témata exkurzí

- **Laboratoř lomově-mechanických vlastností**  
zařízení pro statické a dynamické mechanické zkoušky
- **Laboratoř vysokocyklové únavy**
- **Laboratoř nízkocyklové únavy**  
elektrohydraulické, počítačem řízené únavové stroje MTS
- **Creepová laboratoř**  
creepové experimenty v řízené síle a napětí na creepových strojích
- **Rastrovací elektronový mikroskop**
- **Transmisní elektronový mikroskop**
- **Optická mikroskopie a její možnosti**
- **Ukázky teoretických výpočtů a modelování**
- **Ukázka laboratoří pro měření magnetických a elektrických vlastností**
- **Prezentace CEITEC ÚFM**

## Témata přednášek

- **9:00–9:30 Maže se vesmírná sonda opalovacím krémem?** – Ing. Natália Luptáková, Ph.D.  
Zní to možná neuvěřitelně, ale oxid zinečnatý – celkem nenápadný materiál – slouží jako vynikající ochrana před slunečním UV zářením. Najdeme ho tedy jak v opalovacím krému, tak v ochranné vrstvě vesmírných sond. Oxid zinečnatý je však i klíčovým materiálem UV LED obrazovek, solárních článků, léčivých masť a přispěl také k historickému základu vývoje faxu. Na přednášce se dozvíte i další zajímavosti a aplikace tohoto materiálu, jehož nenápadnost se změnila v naprostou nepostradatelnost.



- **9:30–10:00 Až se ucho utrhne – o únavě materiálu a jiných patáliích** – Ing. Jan Klusák, Ph.D.  
Může se hliník unavit i jinak než cestou do Humpolce? Jak a proč vznikají trhliny v materiálech? Proč mají letadla kulatá okénka? Co o únavě materiálu věděla už vaše babička a jaké metody používáme dnes?
- **10:15 a 11:15 Vystoupení divadla ÚDiF**  
V ÚFM předvede své pokusy spjaté s chováním materiálů ve speciálních podmínkách i Divadlo fyziky ÚDiF. Divadlo se s ústavem spojilo, aby se Brňané dozvěděli, jaká špičková věda se v jejich městě dělá. Překvapivé experimenty ukáží, na co můžeme být právem hrdí.  
Přijďte se pobavit a zažít s námi pocit pochopení, protože svět je krásnější, když víte, jak funguje.

Více informací o ústavu naleznete na [www.ipm.cz](http://www.ipm.cz)

[více](#)

[Výzkumné skupiny](#)

[Skupina creepu kovových materiálů](#)

[Skupina křehkého lomu](#)

[Skupina nízkocyklové únavy](#)

[Skupina pokrokových vysokoteplotních materiálů](#)

[Skupina vysokocyklové únavy](#)

[Skupina elektrických a magnetických vlastností](#)

[Skupina struktury fází a termodynamiky](#)

[Pokročilé kovové materiály a kompozity na bázi kovů \(CEITEC ÚFM\)](#)

[Transportní a magnetické vlastnosti \(CEITEC ÚFM\)](#)

## Ústav fyziky materiálů

### Skupina creepu kovových materiálů

Úvod

The work of the group is directed to an explanation of basic mechanisms of high temperature creep in metallic materials, relations between creep behaviour and microstructure and to a transfer of obtained results to technical applications. Theoretical investigations consist in modelling of the microstructure processes. Experiments include conventional and non-conventional creep tests and structure investigations. The development of new testing

facilities and procedures has resulted in a unique equipment of creep laboratories of the Institute.

Following topics are investigated:

- constitutive description of creep behaviour
- constant structure creep
- creep in modern magnesium alloys and their fibre strengthened composites
- creep in modern dispersion strengthened aluminium alloys and discontinuous metal matrix composites
- creep in magnesium alloys and composites
- application of two phase model of the structure in creep
- mechanisms of creep in metallic materials at very low creep rates
- small punch test method assessment for the determination of the residual creep life of service exposed components (including welds)
- possibilities of small punch testing in investigations of mechanical behaviour of metallic materials

## Ústav fyziky materiálů

### Skupina křehkého lomu



#### Úvod

Arising from the extensive long-term experiences and previous fruitful and internationally acknowledged activity in this field the group investigates the problems associated with strength and fracture behaviour of engineering materials leading to explanation of physical nature of phenomena observed. Major attention is given to quantitative assessment and predictions of microstructure - property relationships in both the structural steels and the advanced materials. For the recent research activity of the group having theoretical, computational and experimental nature the following main areas of interests are characteristic: In the field of **experimental fracture mechanics and brittle fracture of steels** the study of phenomena is in focus of interests rather than particular steel itself:

- **Micromechanisms of brittle failures**, relationships to microstructural parameters. Transition behaviour of fracture toughness characteristics, the temperature and strain rate effects.
- **Micromechanical aspects of brittle fracture initiation**. Accurate characterisation of crack tip phenomena and their relations to macroscopic fracture characteristics, the crack tip constraint effects.
- **Local approach** (deterministic, stochastic) in the assessment of brittle failures and fracture toughness prediction. Cleavage (critical) fracture stress, its physical nature and role.
- **Technological and operational degradation** in low alloy (creep resistant) steels, microstructural and micromechanical properties controlling the phenomenas.
- Fracture behaviour and nature of **toughness of heterogeneous martensite** in low alloyed steels.

**Fracture of advanced materials.** New direction, currently based on grant projects, is focused on study of new types of advanced materials with an interdisciplinary approach. Materials and their fracture behaviour are supposed to be the preferred topics in this field:

- **Strain and fracture behaviour of an in situ composites.** Low temperature toughness and fracture of duplex stainless steels, ageing and strain rate effects.
- **Brittleness and toughening mechanisms in ceramics.** Development of advanced methods for fracture toughness determination for brittle materials.
- The failure micromechanisms and fracture characteristics of **glass ceramics reinforced** by metal particles and/or SiC fibres.

Krátká videoprezentace na téma "[Budoucnost skleněných a keramických materiálů](#)"

## Ústav fyziky materiálů

### Skupina nízkocyklové únavy



#### Úvod

Premature failure of components and structures designed on the basis of monotonic and traditional high cycle life curves has focused the attention of design engineers and scientists to the study of **low cycle fatigue of materials**. Low cycle fatigue fractures are connected with the infrequent working cycles of equipment or instruments which often result from start-up and shut down operations or interruptions of their function. Important subjects represent also high temperature low cycle fatigue, thermal and thermomechanical fatigue and multiaxial elastoplastic fatigue.

The research of low cycle fatigue started in IPM under the leadership of the deceased Prof. Mirko Klesnil in the sixties when two electrohydraulic testing machines were designed and assembled in the IPM using the components produced by INOVA company. Later two electrohydraulic computer controlled machines were purchased (see experimental facilities). The present activities of the group concentrate to the systematic study of the fatigue behaviour of the structural and advanced materials subjected to cyclic elastoplastic loading, mostly under push-pull conditions.

#### The main subjects pursued:

- **cyclic plastic straining** the mechanisms, sources of the cyclic stress and relation to the internal structure. Analysis of the hysteresis loop using statistical theory in terms of the internal and effective stress, the relation of the macroscopic response to the internal dislocation structure.
- **fatigue damage mechanisms** - the mechanisms of cyclic slip localisation, fatigue crack nucleation
- **interaction of low cycle fatigue with creep at elevated temperatures**, structural changes and damage evolution in high temperature symmetric and asymmetric loading; nickel based superalloys
- **fatigue of composite materials** - damage evolution, cracking and fatigue fracture of laminate composites (GLARE, ARALL)
- **effect of the coatings on the cyclic plasticity and fatigue life of advanced materials** - effect of nitride and carbon layers and of the other coating procedures on the individual stages of fatigue process and on the fatigue life.
- **effect of depressed and elevated temperatures on the early fatigue damage** - study of the surface relief evolution using high resolution techniques (AFM, FESEM, EBSD, FIB) in austenitic, ferritic and austenitic-ferritic duplex stainless steels
- **short crack growth kinetics in advanced steels** - duplex, Eurofer, effect of mean stress
- **study of fatigue damage in TiAl intermetallics**

## The most important results in the last five years:

- **quantitative description of short crack growth** regime and its use for the fatigue life prediction
- **experimental documentation of fatigue damage evolution** in plastic strain amplitude controlled one-step and two-step loading
- **separation of the cyclic stress into internal and effective component** using loop shape analysis
- **measurement of the effective stress and the distribution of the internal critical stresses** in stainless austenitic, ferritic and duplex steels
- **application of the atomic force microscopy (AFM), high resolution scanning electron microscopy (FESEM) and focused ion beam (FIB)** to the study of surface relief evolution and fatigue crack nucleation
- **quantitative data on the extrusion and intrusion formation** in stainless steel at ambient, depressed and elevated temperatures
- **theoretical description of the temperature dependence of the extrusion growth** in fatigued single and polycrystals

## Ústav fyziky materiálů

### Skupina pokrokových vysokoteplotních materiálů

#### Úvod

Experimentální a teoretický výzkum je prováděn s cílem získání nových poznatků o vztahu mezi mikrostrukturou a mechanickými vlastnostmi pokročilých materiálů za zvýšených a vysokých teplot, umožňujících zvýšit provozní teploty komponent vysokoteplotních zařízení. Probíhající výzkum je soustředěn na popis mikrostrukturních změn a identifikaci procesů deformace a porušování při creepu těchto materiálů, poskytujících možnost dalšího vývoje nových materiálů s vyššími žárupevnými charakteristikami. Zvláštní pozornost je věnována predikci životnosti exploatovaných materiálů.

Následující problémy byly či jsou studovány v posledních pěti letech:

- creepová pevnost pokročilých martenzitických 9-12%Cr ocelí,
- mikrostruktura, vlastnosti a aplikace gamma – TiAl intermetalik,
- creepové vlastnosti zirkoniových slitin pro povlakové trubky,
- vysokoteplotní creep superslitin na bázi niklu a kobaltu,
- výzkum creepového chování kompozitů s kovovou maticí (MMCs),
- creepové chování a mikrostruktura ultrajemnozrnných kovů a slitin připravených intenzivní plastickou deformací (ECAP),
- modelování mikrostrukturních procesů a vysokoteplotních vlastností pokročilých žárupevných materiálů,
- popis mechanismů creepového porušování a vývoj metod predikce creepové životnosti materiálů.



### Úvod

Vědecko výzkumná aktivita skupiny vysokocyklové únavy je zaměřena na studium podstaty a kvantitativního popisu únavového procesu ve všech jeho stádiích. Hlavním cílem výzkumu je přispívat k lepšímu porozumění projevu cyklické plasticity při nízkých úrovních zatěžování, procesu iniciace trhlin, prahovým hodnotám pro šíření únavových trhlin a lomově-mechanickému popisu chování únavových trhlin. Experimentální a teoretické studie se zaměřují zejména na vztah mezi mikrostrukturou, jejím vývojem během cyklického zatěžování a makroskopickými únavovými a creepovými vlastnostmi. Další důležitou částí výzkumu je numerické modelování lomového chování a stanovení vypovídajících lomových parametrů. Stále aktuálním tématem je hledání kritérií stability pro nehomogenní materiály, vruby nebo vrstevnaté kompozity. Díky tomu došlo ke značnému rozšíření spektra studovaných materiálů. V současnosti jsou studovány mimo kovových materiálů i materiály polymerní, kompozity s polymerní nebo keramickou maticí nebo pokročilé stavební materiály.

Nedílnou součástí výzkumu je aplikace dosažených výsledků v úzké spolupráci s průmyslovými partnery. Zejména jde o stanovení životnosti průmyslových komponent na základě numerického modelování a pokročilých únavových testů.

Výzkum v oblasti únavy se na Ústavu fyziky materiálů (v té době Laboratoř pro studium vlastností kovů) rozvinul v šedesátých letech pod vedením Prof. Mirko Klesnila. V osmdesátých letech se stal vedoucím skupiny vysokocyklové únavy [Doc. Petr Lukáš](#). Tento uznávaný odborník vedl skupinu až do roku 2010. Výpočtově a teoreticky zaměřená část skupiny vyrostla zejména pod vedením [Prof. Zdeňka Kněsla](#), který se touto problematikou hlouběji zabýval od osmdesátých let. Současné složení skupiny lze najít [zde](#).

Hlavní výzkumné projekty řešené ve skupině zahrnují:

- únavové a únavově-creepové chování krystalických a polykrystalických superslitin,
- únavové vlastnosti ultra-jemnozrnných materiálů,
- vliv středního napětí na cyklickou napěťově-deformační odezvu a únavovou životnost,
- vliv vrubů (včetně bi-materiálových) a trhlin na únavovou a únavově-creepovou životnost,
- vliv volného povrchu na chování únavových trhlin,
- interpretace vlivu constraintu na únavové chování,
- vliv rozhraní mezi dvěma materiály na chování trhliny nebo stabilitu vrubu,
- stanovení základních únavových a lomových charakteristik pokročilých stavebních materiálů,
- popis chování trhliny v polymerních materiálech,

popis chování trhliny v pokročilých kompozitních materiálech.



# Ústav fyziky materiálů

## Skupina elektrických a magnetických vlastností

Úvod

**The activities of the group are focused on:**

- theoretical studies of electronic and magnetic properties of disordered alloys, epitaxial multilayers, surfaces and interfaces as well as quantum-mechanical studies of extended defects in metallic materials
- experimental investigations of relations among structure and magnetic, transport and mechanical properties in metallic materials

In the first topic the research encompasses several topical fields as e.g. surface magnetism, magnetic exchange coupling and spin-dependent transport in multilayered systems, magnetic properties of amorphous materials, solute segregation in bulk disordered alloys and at grain boundaries and computer simulations of atomic configurations of defects. Quantum-mechanical and quantum-statistical methods are applied to these problems, and most studies are performed from the first principles.

The second of the mentioned topics is based on broad experimental macroscopic and microscopic investigations of crystal structure in relation to electrical and magnetic properties, both integral and microscopic. Predominate amount of results has been obtained from applications of Mossbauer spectroscopy. Crystalline, microcrystalline, nanocrystalline and amorphous materials have been investigated. The main idea is to obtain a deeper understanding of relations between changes in crystalline structure in dependence on heat and mechanical treatment, and electrical and magnetic properties.

**The most important projects in the group within last five years have been oriented on:**

- first-principles investigations of two-dimensional alloy magnetism and electron transport in magnetic multilayers
- first-principles studies of theoretical strength, phase stability and magnetism in metals and intermetallics
- atomistic studies of grain boundaries in metallic materials and development of relevant quantum-mechanical techniques
- influence of method of preparation, heat and mechanical treatments on structure and properties of nanocrystalline materials
- structure and properties of metallic and oxidic magnetic materials prepared by non-traditional technologies
- role of defects in electrical, magnetic and mechanical properties of ordered intermetallic systems.

Poslední změna

17. 10. 2014

# Ústav fyziky materiálů

## Skupina struktury fází a termodynamiky

Úvod

**Výzkumné aktivity skupiny jsou zaměřeny na:**

- Experimentální studium mikrostruktury v souvislosti s fázovými transformacemi
- Termodynamické modelování vícesložkových systémů a kinetiku fázových transformací

- Studium difúzních procesů v pevných látkách a difúze vodíku ve vybraných funkčních materiálech

První téma zahrnuje aplikaci řádkovací i transmisní elektronové mikroskopie spojené s analytickými technikami (energieově a vlnově dispersní RTG analýza, difrakce zpětně odražených elektronů). Výzkum je zaměřen především na studium relace mezi mikrostrukturou (fázové a chemické složení, krystalová struktura a morfologie strukturních objektů) a mechanickými vlastnostmi širokého spektra moderních materiálů (nanostrukturované materiály, legované oceli, niklové superslitiny, hořčíkové slitiny a kompozity, bezolovnaté pájky). Druhé téma je založeno na aplikaci současných termodynamických modelů pro výpočty fázových diagramů vícesložkových systémů a pro simulaci difúzních procesů. Třetí téma je zaměřeno na studium objemové difúze a difúze podél drah o vysoké difuzivitě, chemické difúze pod koncentračním gradientem ve vícefázových materiálech a svarech a na studium transportních charakteristik vodíku v materiálech na bázi hořčíku, určených pro skladování energie.

#### **Témata řešená v průběhu posledních pěti let:**

- Teoretické výpočty i experimentální studium fázových diagramů bezolovnatých pájek, termodynamika a mikrostruktura nanopráškových pájek šetrných k životnímu prostředí
- Teoretické a experimentální studium modelových slitin (Al-Pd-Rh, Al-Pd-Fe, Ti-Al-Ni, Ni-Al-Zn aj.) a termodynamický popis fázových rovnováh
- Vztah mezi mikrostrukturou a creepovým chováním precipitačně zpevněných slitin připravených metodou ECAP
- Studium mikrostruktury chromových ocelí a jejich svarových spojů po dlouhodobém creepu při vysokých teplotách, termodynamické modelování fázových diagramů a chování precipitátů (Lavesova fáze, fáze Z)
- Difúze vodíku v Mg, ve slitinách Mg- $x$ Ni, a ve slitinách Mg- $x$ Ni- $y$ X modifikovaných třetím elementem X (X = Zn, Ga, In, Si, Ge a Sn)
- Studium povrchu vybraných Ni slitin vystavených koroznímu působení roztavených halidových solí
- Difúze uhlíku v uhlíkem přesycených feritických a austenitických ocelích
- Kinetika desorpce vodíku v hořčíkových slitinách modifikovaných vybranými intersticiálními prvky

#### **Patenty:**

- Porézní materiál pro ukládání vodíku a způsob jeho přípravy (č. pat. 302464)

## **CEITEC – Ústav fyziky materiálů**

### **Pokročilé kovové materiály a kompozity na bázi kovů**

#### **Úvod**

Cílem výzkumné skupiny Pokročilé kovové materiály a kompozity na bázi kovů bude výzkum vlastností vybraných pokročilých materiálů ve vztahu k jejich mikrostruktuře, studium mechanismů degradačních procesů pokročilých materiálů v podmínkách stimulujících podmínky provozní, testování aplikačních možností pokročilých materiálů a návrhy nových materiálů a predikce jejich životnosti teoretickými a výpočetními metodami.



Na základě postupného prohlubování poznání vztahu mezi mikrostrukturou a vlastnostmi je možné optimalizovat jak mikrostrukturu, tak vlastnosti a konstruovat materiály zcela nové. Výzkum bude koncentrován v těchto speciálních laboratořích:

- Laboratoř mechanických vlastností za vysokých teplot
- Laboratoř únavových vlastností
- Laboratoř křehkého porušení
- Laboratoř difúze a termodynamiky
- Laboratoř struktury fází

## **CEITEC – Ústav fyziky materiálů**

### **Transportní a magnetické vlastnosti**

#### Úvod

Činnost výzkumné skupiny Transportní a magnetické vlastnosti je orientována na studium transportních a magnetických vlastností materiálů v závislosti na chemickém složení, způsobu přípravy, tepelném a mechanickém zpracování. Cílem je poznání vztahů mezi strukturou, fázovým složením a vybranými fyzikálními parametry zkoumaných materiálů.

Skupina se zabývá i přípravou a analýzou nanopráškových magnetických materiálů pomocí tepelně indukovaných procesů v pevné fázi. Strukturní charakterizace nanoprášků je prováděna s využitím práškové rtg. difrakce, transmisní elektronové mikroskopie (TEM) a rastrovací elektronové mikroskopie (SEM). Postupně bude uvedeno do provozu i zařízení TEM s vysokým rozlišením (HR-TEM). Pro studium fázového složení a magnetického charakteru materiálů na bázi Fe se využívá Mössbauerova spektroskopie (TMS, CEMS). Základní magnetické vlastnosti jsou určovány pomocí vibračního magnetometru v teplotním rozsahu 80–1093 K.

V průběhu projektu bude uvedeno do provozu zařízení umožňující studium magnetických vlastností (ve stejnosměrných i střídavých mag. polích) a elektrických transportních vlastností v teplotním rozsahu 2–300 K.