



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

IČ: 68081723

Sídlo: Žižkova 22, 616 62 Brno

# **Výroční zpráva o činnosti a hospodaření za rok 2020**

Dozorčí radou pracoviště projednána dne: 25. května 2021

Radou pracoviště schválena dne: 7. června 2021

V Brně dne: 7. června 2021

## I. Informace o složení orgánů veřejné výzkumné instituce a o jejich činnosti či o jejich změnách

### a) Výchozí složení orgánů pracoviště

Ředitel pracoviště: **prof. RNDr. Ludvík Kunz, CSc., dr. h. c.**,  
jmenován s účinností od 1. 6. 2017

Rada pracoviště: s funkčním obdobím od 8. 1. 2017 pracovala ve složení:

předseda:

**prof. Mgr. Tomáš Kruml, CSc.**, ÚFM AV ČR, v. v. i.

místopředseda:

Mgr. Martin Friák, Ph.D., ÚFM AV ČR, v. v. i.

členové:

prof. RNDr. Antonín Dlouhý, CSc., ÚFM AV ČR, v. v. i.

doc. Ing. Roman Gröger, Ph.D., ÚFM AV ČR, v. v. i.

doc. Ing. Pavel Hutař, Ph.D., ÚFM AV ČR, v. v. i.

prof. RNDr. Michal Kotoul, DrSc., VUT v Brně

RNDr. Aleš Kroupa, CSc., ÚFM AV ČR, v. v. i.

doc. Mgr. Dominik Munzar, Dr., MU Brno

Ing. Ilona Müllerová, DrSc., ÚPT AV ČR, v. v. i.

doc. Ing. Luboš Náhlík, Ph.D., ÚFM AV ČR, v. v. i.

prof. RNDr. Mojmír Šob, DrSc., MU Brno

Ing. Oldřich Schneeweiss, DrSc., ÚFM AV ČR, v. v. i.

prof. Ing. Radim Vrba, CSc., VUT v Brně

tajemník:

doc. Ing. Jan Klusák, Ph.D., ÚFM AV ČR, v. v. i.

**Dozorčí rada:** byla jmenována 1. 5. 2017, předseda rady byl jmenován 16. 3. 2016. Dozorčí rada pracovala ve složení:

předseda:

**prof. Ing. Josef Lazar, Dr.**, ÚPT AV ČR, v. v. i.

místopředseda:

prof. Ing. Václav Sklenička, DrSc., ÚFM AV ČR, v. v. i.

členové:

prof. RNDr. Radim Blaheta, CSc., ÚGN AV ČR, v. v. i.

Ing. Ivo Černý, Ph.D., SVÚM a.s.

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc., VUT v Brně

tajemník:

Ing. Ondřej Bureš, ÚFM AV ČR, v. v. i.

## **b) Změny ve složení orgánů:**

Ke změnám ve složení orgánů nedošlo

## **c) Informace o činnosti orgánů:**

### **Ředitel:**

Ředitel prof. RNDr. Ludvík Kunz, CSc., dr. h. c. vedl Ústav fyziky materiálů AV ČR, v. v. i. (dále ÚFM) s cílem trvale dosahovat kvalitní vědecké výsledky v oblasti základního materiálového výzkumu, spolupracovat s dalšími ústavy AV ČR, univerzitami a výzkumnými pracovišti doma i v zahraničí. Z pozice statutárního orgánu rozhodoval ve všech věcech ÚFM ve smyslu zákona č. 341/2005 Sb. o veřejných výzkumných institucích.

Pracoviště řídil osvědčeným způsobem s pomocí jmenovaného poradního orgánu ředitele (porady vedení). Personální složení porady vedení bylo identické jako v přechodném roce. Jednalo se o zkušený tým pracovníků ve složení: zástupce ředitele RNDr. M. Svoboda, CSc., vedoucí vědeckých oddělení doc. RNDr. K. Obrtlík, CSc., ing. O. Schneeweiss, DrSc., doc. Ing. L. Náhlík, PhD., předseda rady pracoviště prof. T. Kruml, CSc. a vedoucí ekonomicko-provozního ing. H. Maděrová. Porada vedení se scházela k jednání pravidelně jedenkrát týdně. Celkem se za rok 2020 uskutečnilo 50 porad, ze kterých byly pořizovány zápisy, které jsou uloženy v sekretariátu ředitele. Zápisy jsou k dispozici členům porady vedení jako podklady k řízení oddělení. Vedoucí oddělení operativně přenášeli informace k vedoucím výzkumných skupin a zpět. Tento zavedený způsob řízení pracoviště se v ÚFM trvale osvědčuje, protože umožňuje rychlé a obousměrné předávání informací. Současně zajišťuje i operativní spolupráci s Radou pracoviště.

Ředitel sledoval plnění Plánu výzkumné činnosti ÚFM vytyčeného do r. 2022, který určuje zaměření činnosti pracoviště a který je plně v souladu se Zřizovací listinou ÚFM.

Mimořádnou pozornost ředitel věnoval, tak jako v předchozích letech, personálním otázkám a tvorbě optimálního prostředí pro výchovu doktorandů a mladých vědeckých pracovníků ve spolupráci s vysokými školami. V současnosti má ÚFM díky této systematické práci dostatek kvalitních mladých doktorandů a postdoktorandů. Za úspěch považuje výborné splnění projektu Mobilit doktorandů ÚFM podporovaného Operačním programem Výzkum, vývoj a vzdělávání. Projekt Mobilit doktorandů ÚFM byl ministerstvem po jeho realizaci vyhodnocen a zařazen mezi nejlepší. Projekt umožnil šesti mladým vědeckým pracovníkům půlroční stáže na nejprestižnějších zahraničních pracovištích. S cílem udržování velmi dobré spolupráce s Vysokým učením technickým v Brně podepsal v roce 2020 Dohodu o spolupráci při uskutečňování DSP Pokročilé materiály a nanovědy, na jehož uskutečňování se podílí Středoevropský technologický institut VUT.

Ředitel spolupracoval s Radou pracoviště a účastnil se všech jejích zasedání, z nichž některá musela být uskutečněna díky epidemiologické situaci distančně. Společně byly řešeny otázky zaměření výzkumu, potřeby investic do přístrojů a budovy ÚFM a otázky personálního obsazení skupin a otázky organizační.

Ředitel spolu s Radou pracoviště a Projektovým týmem věnoval velkou pozornost grantovým projektům a jejich získávání. Jednalo se o projekty GAČR, TAČR, MPO, OP MŠMT a zahraniční projekty. Poměr institucionálního a projektového financování byl v r. 2020 stále velmi nepříznivý. Institucionální podpora tvořila pouze 45 % rozpočtu ÚFM. Ve spolupráci s Ekonomicko-provozním oddělením připravoval návrhy rozpočtu a vnitřní předpisy a předkládal je Radě pracoviště a Dozorčí radě k projednání či schválení. V průběhu roku dvakrát detailně informoval členy Dozorčí rady ÚFM o chodu pracoviště a všech podstatných záležitostech.

Pokračoval v koordinaci programu 05 Nové materiály na bázi kovů keramik a kompozitů Strategie AV21 a pro jeho plnění vytvářel vhodné podmínky. Věnoval pozornost prezentaci výsledků ÚFM v oblasti vědeckopopularizační. Široké veřejnosti byly představeny prostřednictvím Mediaplanet Czech, s.r.o. ve formě přílohy Hospodářských novin na webu <https://www.info-lifestyle.cz> v kampani Inovativní Česko. Představeny byly prezentace Keramické materiály - ekologická výzva a Ukládání a transport energie – ekologicky čistě a vždy pohotově.

Ředitel prováděl kontrolu řádného vedení účetnictví, hospodaření a bezpečnosti práce. Z pozic statutárního zástupce ve Středoevropském technologickém institutu CEITEC, člena VR CEITEC VUT a CEITEC MU, člena VR FMT VŠB a VR FEKT VUT zabezpečoval vědecko-organizační záležitosti a spolupráci s těmito institucemi.

Velkou váhu přikládal modernizaci laboratoří a přístrojového vybavení. Pracoval na přípravě stavby nových laboratoří pro elektronovou mikroskopii. Spolu s pracovníky Ekonomicko-provozního oddělení a s Projektovým týmem soustředil pozornost na přípravu a kontrolu výběrových řízení na nové přístroje a zařízení.

Důležitým úkolem bylo organizovat a připravit přihlášku ÚFM do Hodnocení výzkumné a odborné činnosti výzkumně orientovaných pracovišť AV ČR za léta 2015-2019.

Problémy, spojené s pandemií Covid-19, řešil pomocí operativně vydávaných Příkazů ředitele, kterými upravoval chod pracoviště tak, aby byla dodržena nařizovaná epidemiologická opatření a aby tato měla minimální dopad na chod pracoviště. Tento cíl se podařilo splnit a výkon pracoviště, měřený publikačními výstupy a plněním projektů, nebyl v roce 2020 negativně ovlivněn.

K 31. 12. 2020 skončila fáze udržitelnosti projektu Středoevropského technologického institutu (CEITEC). Vzhledem k tomu, že v prvním desetiletí své existence CEITEC dosáhl uznání mezinárodní vědeckou obcí, pozitivně ovlivnil fungování smluvních stran a stal se příkladem efektivní organizace podmínek pro výzkum včetně sdíleného využívání výzkumné infrastruktury,

ředitel se aktivně podílel spolu s dalšími partnery, zejména rektory MU a VUT v Brně na formulaci nové Konsorciální smlouvy. Ta byla podepsána na konci roku 2020 a zajišťuje pokračování spolupráce a činnosti CEITEC v dalších letech.

### **Rada pracoviště:**

Rada Ústavu fyziky materiálů AV ČR, v. v. i., v průběhu roku 2020 absolvovala šest zasedání, a to 10. 2., 23. 4., 8. 6., 11. 9., 9. 11. a 14. 12. Vzhledem k epidemiologické situaci proběhla některá zasedání on-line. Ze všech těchto jednání byly pořízeny zápisy, které jsou dostupné na webových stránkách ÚFM.

Výběr významných záležitostí projednaných radou pracoviště:

1. Jednání 10. 2. 2020
  - 1.1. Projednání a schválení rozpočtu ÚFM
  - 1.2. Projednání a doporučení investic ÚFM na rok 2020 včetně záměru nákupu nového TEM
2. Jednání 23. 4. 2020 (on-line)
  - 2.1. Projednání projektů podávaných do soutěže GA ČR
  - 2.2. Projednání návrhu ředitele do Programu podpory perspektivních lidských zdrojů.
3. Jednání 8. 6. 2020
  - 3.1. Schválení Výroční zprávy za rok 2019 a projednání Zprávy auditora
  - 3.2. Schválení Účetní uzávěrky a rozdělení hospodářského výsledku za rok 2019
  - 3.3. Projednání aktualizovaného rozpočtu ÚFM na rok 2020
  - 3.4. Projednání nově připravovaných projektů
4. Jednání 11. 9. 2020 (on-line)
  - 4.1. Projednání investic ÚFM
5. Jednání 9. 11. 2020 (on-line)
  - 5.1. Projednání nově podávaných projektů
  - 5.2. Projednání změn organizačního schématu ÚFM
6. Jednání 14. 12. 2020 (on-line)
  - 6.1. Projednání nejvýznamnějších výsledků ÚFM za rok 2020
  - 6.2. Projednání a schválení změn organizačního schématu (Modifikace názvů oddělení, vyčlenění skupiny Víceškálové modelování a měření fyzikálních vlastností – vedoucí R. Gröger, vznik výzkumné skupiny Speciální problémy lomové mechaniky a únavy materiálů – vedoucí S. Seitzl a vznik servisní skupiny Elektronová mikroskopie – vedoucí I. Kuběna)
  - 6.3. Projednání stavu čerpání rozpočtu a pořízení investic
  - 6.4. Projednání nově podávaných projektů

Mimo řádná jednání proběhlo i 6 jednání a hlasování per rollam, v rámci kterých Rada projednávala především návrhy projektů do aktuálních výzev grantových agentur a návrh na udělení čestné oborové medaile Ernsta Macha.

### **Dozorčí rada:**

Dozorčí rada (dále DR) Ústavu fyziky materiálů AV ČR, v. v. i. plnila v roce 2020 své úkoly v souladu se Zákonem č. 341/2005 Sb., o veřejných výzkumných institucích (v. v. i.) a řídila se při svém jednání Stanovami Akademie věd České republiky a svým jednacím řádem. Před jednáním byly členům DR rozeslány příslušné materiály a z každého jednání byl pořízen zápis.

DR se v roce 2020 sešla v souladu se Stanovami na dvou prezenčních zasedáních a třikrát jednala per rollam. Na prezenční jednání DR byli přizváni ředitel ÚFM a vedoucí Ekonomicko-provozního oddělení ÚFM.

Jednání per rollam ve dnech 6. – 10. 3. 2020

DR projednala podle Zákona o veřejných výzkumných institucích č. 341, §19, bod (1), písmeno b), návrh Smlouvy o zřízení věcného břemene (smlouva č.: BM-014330056963/002).

Usnesení DR 20/PI/1: DR vydala souhlas s návrhem smlouvy o zřízení věcného břemene pro E.ON Distribuce, a.s. se sídlem F.A. Gerstnera 2151/6, České Budějovice 7, 370 01 České Budějovice, spočívající v právu Oprávněně zřídit, provozovat, opravovat a udržovat distribuční soustavu na Pozemku. Věcné břemeno zahrnuje též právo Oprávněně provádět na distribuční soustavě úpravy za účelem její obnovy, výměny, modernizace nebo zlepšení její výkonnosti, včetně jejího odstranění.

Jednání per rollam ve dnech 6. – 13. 5. 2020

DR se zabývala činností ředitele ÚFM prof. RNDr. Ludvíka Kunze, CSc., dr. h. c. a zhodnocením jeho manažerských schopností ve vztahu ke zřizovateli a k pracovišti ve smyslu směrnice Akademické rady č. 6. z roku 2007 „Pravidla pro odměňování ředitelů pracovišť AV ČR – veřejných výzkumných institucí“ ve znění jejich dodatků z roku 2012.

Usnesení DR 20/PI/1: DR zhodnotila manažerské schopnosti prof. RNDr. Ludvíka Kunze, CSc., dr. h. c. stupněm 3 – vynikající.

Prezenční zasedání dne 25. 5. 2020

DR ÚFM ověřila a bez připomínek schválila Zápis z minulého 26. prezenčního zasedání DR ze dne 18. 11. 2019 a Usnesení z jednání per rollam DR 20/PI/1 ze dne 11. 3. 2020 a DR 20/PII/1 ze dne 13. 5. 2020.

Bez připomínek byla projednána Výroční zpráva o činnosti a hospodaření ÚFM za rok 2019.

DR se seznámila a vzala na vědomí Zprávu nezávislého auditora za rok 2019 včetně hospodářských výsledků.

Po projednání investičních akcí a diskuzi vydala DR předchozí písemný souhlas k pořízení investice a schválila záměr provést stavební akci.

Ředitel ÚFM, prof. RNDr. Ludvík Kunz, CSc., dr. h. c., seznámil DR se stavem pracoviště a činností Rady pracoviště, s vybranými výsledky jednotlivých výzkumných skupin, kterých bylo dosaženo v roce 2019, a vývojem publikační činnosti v impaktovaných časopisech. Dále byly prezentovány pořízené a plánované investice, realizované projekty a granty a koncepce ústavu v krátkodobém a dlouhodobém horizontu. Současně byla DR informována o opatřeních ředitele v souvislosti s COVID-19 a dopadu na činnost ÚFM.

Členové DR byli seznámeni a projednali rozpočet ÚFM pro rok 2020.

Usnesení DR: Po projednání jednotlivých témat, se kterými byla DR seznámena a po diskuzi k obsahu Výroční zprávy a Zprávy nezávislého auditora nevznesli členové DR žádné připomínky.

Jednání per rollam ve dnech 18. – 23. 9. 2020

DR projednala podle Zákona o veřejných výzkumných institucích č. 341, §19, bod (1), písmeno b), návrh úpravy Jednacího řádu Dozorčí rady Ústavu fyziky materiálů AV ČR, v. v. i.

Usnesení DR 20/PI/1: DR vydala souhlas s úpravou Jednacího řádu Dozorčí rady Ústavu fyziky materiálů AV ČR, v. v. i.

Prezenční zasedání dne 9. 12. 2020

DR ověřila a bez připomínek schválila Zápis z předešlého 27. prezenčního zasedání DR ze dne 25. 5. 2020 a Usnesení z jednání per rollam DR 20/PIII/1 ze dne 23. 9. 2020.

DR byla seznámena se stavem a předběžným výsledkem hospodaření ÚFM za rok 2020, s činností a výsledky za uplynulé období, výsledky výběrových řízení a využitím investičních prostředků, realizovaných a podaných grantech a projektech v roce 2020. Dále došlo k projednání opatření zavedených v souvislosti s COVID-19, stavu čerpání institucionálních finančních prostředků pro rok 2020 k 31. 10. 2020, podpisu nové konsorciální smlouvy - Středoevropského technologického institutu (CEITEC).

Samostatným bodem zasedání DR bylo projednání investičních akcí (Nákup transmisního elektronového mikroskopu, Záměr realizovat stavební akci velkého rozsahu – Budova elektronové mikroskopie a realizace projektu OP ŽP – „Energetická úsporná opatření ÚFM AV ČR, v. v. i., zejména budovy dílen a elektronové mikroskopie“).

Ředitel ÚFM seznámil DR s plánovanou změnou struktury ÚFM od 1. 1. 2021 a s předpokládaným vývojem v roce 2021.

Usnesení DR: Po projednání jednotlivých bodů a diskuzi vzala DR na vědomí sdělené informace. Členové DR nevznesli žádné připomínky.

## **II. Informace o změnách zřizovací listiny:**

K žádným změnám zřizovací listiny v roce 2020 nedošlo.

## **III. Hodnocení hlavní činnosti:**

Vědecká činnost pracoviště se v roce 2020 řídila Dlouhodobým plánem výzkumné činnosti, který má Ústav vypracován do roku 2022. Plán je rozpracován na úroveň jednotlivých šesti výzkumných skupin: Perspektivní vysokoteplotní materiály, Vysokocyklová únava, Nízkocyklová únava, Křehký lom, Struktura fází a termodynamiky a Elektrické a magnetické vlastnosti. Vedení pracoviště reagovalo na epidemiologická opatření vlády. Provoz ústavu byl upravován příkazy ředitele tak, aby byla zajištěna maximální ochrana pracovníků před nákazou a současně, aby byl minimálně omezen provoz. Vědeckým pracovníkům byla umožňována práce z domu při vyhodnocování a zpracovávání výsledků a studiu literatury. Práce techniků v laboratořích byla organizována tak, aby docházelo k minimalizaci personálních kontaktů. Na nejvyšší možnou míru byly využívány prostředky elektronické komunikace. Jako negativní se promítlo zrušení skoro všech plánovaných vědeckých konferencí a setkání. Na druhé straně řada prezentací výsledků, plánovaných na mezinárodních konferencích byla zpracovávána ve formě publikací v odborných časopisech. I přes obtíže, které vznikly v důsledku pandemie Covid-19 byly všechny plánované výzkumné úkoly zcela a v plném rozsahu splněny.

Významnou trvalou předností pracoviště je jeho vysoká homogenita. Všechny výzkumné skupiny jsou zaměřeny na materiálový výzkum a ve své činnosti se vzájemně doplňují, což podstatně zvyšuje výzkumný potenciál pracoviště. Na nově navrhovaných i řešených výzkumných projektech participují vědečtí pracovníci a technici z laboratoří více výzkumných skupin. Další předností pracoviště je vedení výzkumu po dvou vzájemně se doplňujících liniích, experimentální a teoretické. Pro obě linie je pracoviště poměrně dobře vybaveno a to jak experimentálními zařízeními, tak výpočetními možnostmi. Spolupráce mezi výzkumnými skupinami a souběžný experimentální a teoretický výzkum (modelování) byly v roce 2020 dále posilovány. Tak jako v předchozích letech byla velká část výzkumu určena běžícími projekty různých grantových agentur. Všechny grantové projekty, jak běžící, tak ukončené byly grantovými agenturami hodnoceny velmi dobře a jejich řešení bylo hodnoceno jako úspěšné. V roce 2020 grantová agentura GAČR vyhodnotila dva projekty (ukončené k 31. 12. 2019) a řešené v rámci Dlouhodobého výzkumného plánu ústavu jako Úspěšné projekty českých vědců. Jednalo se o projekt dr. Jiřího Čermáka „Kinetika ukládání vodíku v nových komplexních hydridech typu (Mg-Ni-M-S)-H“ z výzkumné skupiny Struktura fází a termodynamiky a projekt dr. Martina Friáka „Teorií vedený vývoj nových superslitin na bázi Fe-Al“ z výzkumné skupiny Elektrické a magnetické vlastnosti. Výzkum v obou dvou oblastech v roce 2020 úspěšně pokračoval s dobrým výhledem do r. 2022.



Další z oblastí, ve které byly v roce 2020 získány velmi kvalitní výsledky je oblast materiálů pro vysokoteplotní aplikace. Slitiny TiAl jsou perspektivní konstrukční materiály pro použití za vysokých teplot především v letectví a automobilovém průmyslu. Nové základní poznatky o chování těchto materiálů a jejich další vylepšování jsou tedy celosvětově velmi žádoucí a toto téma je aktuální. Spolupráce výzkumných týmů Nízkocyklové únavy a Perspektivních vysokoteplotních materiálů, za využití laboratorních kapacit obou týmů a elektronové mikroskopie přinesla poznatky, které vedou k možnosti zlepšení vysokoteplotních vlastností těchto slitin v oblasti teplot 700 – 800 °C. V rámci systematického výzkumu bylo navrženo několik variant chemického složení slitiny a provedeno tepelné zpracování vedoucí ke zjemnění struktury. U slitiny legované Nb a Mo bylo pozorováno zlepšení mechanických vlastností jak při pokojové, tak aplikační teplotě. Na základě výzkumu mikrostruktury byl podán i výklad této skutečnosti. Zlepšení je vyvoláno změnou mikrostruktury spočívající ve zmenšení mezilamelární vzdálenosti. To má přímý vliv na efektivní mobilitu dislokací při plastické deformaci. Navržené varianty slitin mají tudíž vyšší pevnost, vyšší odolnost proti únavovému namáhání a také vyšší lomovou houževnatost. Pracovníci skupiny Perspektivních vysokoteplotních materiálů dále získali i poznatky o mechanických vlastnostech další slitiny, o kterou má zájem automobilový průmysl. Jedná se o slitinu na bázi hořčíku s hliníkem a stronciem. Teplotní oblast použití je od 100 do 400 °C. Experimentálně bylo stanoveno prahové napětí, pod kterým se slitiny nedeformují pohybem čarových poruch. Bylo zjištěno a vysvětleno, proč toto prahové napětí velmi rychle klesá se zvyšující se teplotou; ve studovaném rozsahu teplot klesne více než 50 krát. Slitina vděčí za své vynikající mechanické vlastnosti při nižších teplotách a nízkých napětích právě přítomnosti prahového napětí, při vyšších teplotách bude třeba hledat jiné způsoby a mechanismy zpevnění.

Ve společnosti stále více rezonuje téma ekologie. To se promítá samozřejmě i do materiálů, jejich výroby, použití a recyklace. Výzkumné týmy v ÚFM na tento společenský požadavek přirozeně reagují. Ve výzkumné skupině Vysokocyklové únavy, která má dlouhodobě mezinárodně uznávanou pozici v základním výzkumu únavového porušení materiálů byly aplikovány poznatky z oblasti kovových materiálů na materiály stavební. V roce 2020 se velmi zintenzivnila spolupráce se Stavební fakultou VUT v Brně, Stavební fakultou VŠB-TUO v Ostravě a mezinárodní spolupráce s Universitou v Seville, Universitou v Malaze ve Španělsku a Hohai Universitou v Číně. Významným dosaženým výsledkem je úspěšná aplikace lomové mechaniky pro popis iniciace a šíření trhlin v moderních stavebních materiálech v kombinovaném módu namáhání. K analýze bylo využito pole deformací před čelem trhliny, které bylo zmapováno moderní metodou digitální korelace obrazu. Současně byly provedeny numerické simulace zatěžovaného materiálu a korelovány s experimentálními výsledky. Výzkum byl zaměřen zejména na vliv různě agresivního okolního prostředí a na samotnou konfiguraci zkušebního tělesa se zářezem. Hodnocen byl vysokohodnotný alkalicky aktivovaný beton bez použití cementu, který se používá na namáhané stavební konstrukce, a jehož lomové vlastnosti jsou pro bezpečné použití zásadní. Dalším perspektivním materiálem jsou geopolymery. Jsou to anorganické, většinou dvousložkové

materiály tvořené metakaolinem alkalicky aktivovaným tak, aby vznikly aluminosilikátové pevné vazby SiOAlO. Jejich perspektivní využití může představovat mnohem ekologičtější variantu klasických betonů. Výroba cementu je totiž průmyslovým odvětvím významně znečišťujícím ovzduší oxidem uhličitým. Při výrobě geopolymérů se nabízí navíc i využití odpadů, jako je elektrárenský popílek, skelný prach a celulóza. V roce 2020 byly ve skupině Křehký lom dosaženy na těchto materiálech velmi slibné výsledky, které byly publikovány v odborných časopisech a které byly také presentovány laické veřejnosti, např. článkem v příloze Hospodářských novin.

V oblasti základního materiálového výzkumu byly posunuty vpřed obecné poznatky o slitinách CoCrFeMnNi. Fyzikální vlastnosti komplexních slitin jako CoCrFeMnNi jsou totiž velmi odlišné od vlastností jejich čistých prvků. Výsledky byly získány ve spolupráci vědců ze skupiny Elektrické a magnetické vlastnosti, skupiny Perspektivní vysokoteplotní materiály, ve spolupráci se Středoevropským technologickým institutem CEITEC, jehož je ústav členem a v rámci mezinárodní spolupráce s Department of Materials Science and Engineering, University of Pennsylvania, USA. Společnými silami, s rozhodujícím přispěním pracovníků ústavu, byl vyvinut model efektivního interakčního potenciálu pro studium slitin CoCrFeMnNi s náhodným uspořádáním jednotlivých pěti prvků. Interakce mezi atomy jsou popsány pomocí potenciálů typu Lennard-Jones, ve kterém byly charakteristické parametry pro 15 typů párových interakcí stanoveny s odkazem na skutečné základní stavové struktury čistých prvků. Získaný potenciál je schopen reprodukovat širokou škálu vlastností CoCrFeMnNi slitin, ale je také přenositelný na popis chování odvozených kvaternárních slitin CoCrFeNi, ternárních slitin CoCrNi a binárních slitin FeNi. Velmi úspěšně pokračoval výzkum v oblasti fázových diagramů slitin. V návaznosti na dosavadní dlouhodobý a velmi systematický základní výzkum vědečtí pracovníci ze skupiny Struktury fází a termodynamiky aplikovali třetí generaci termodynamických dat pro čisté prvky pro modelování termodynamiky binárních soustav. Vytvořili kritický termodynamický popis dat pro soustavu Al-Zn, spočívající v dalším rozvinutí a rozpracování matematického popisu termodynamických dat pomocí fyzikálně podložených modelů. Dosavadní práce z tohoto oboru publikované v literatuře se zatím soustředily pouze na popis chování čistých prvků. Nově byl vytvořen a prezentován teoretický přístup umožňující popsat závislost parametrů (např. Einsteinovy teploty) ve fyzikálních modelech na složení soustavy a pro metastabilní fáze čistých prvků. Bylo zjištěno, že metoda, aplikovaná na soustavu Al-Zn vede na výbornou shodu modelových výsledků s experimentálními daty.

Výsledky výzkumu vědeckých pracovníků ústavu byly v roce 2020 publikovány celkem ve 123 impaktovaných člancích v časopisech evidovaných v databázi WOS. Tento výstup je kvantitativně prakticky shodný s počtem publikací v roce 2019. Cílem pracoviště není neustále zvyšovat počet publikací, k čemuž je pracoviště tlačeno grantovým systémem, nýbrž cílem je dbát na jejich kvalitu. Odborné články byly publikovány celkem ve 49 různých impaktovaných časopisech s tím, že cílem autorů je sdělovat nové poznatky v takových periodikách, která jsou nejvíce relevantní odpovídající vědní oblasti. Vědecké

výstupy ústavu spadají především do OECD kategorií Engineering and technology and Natural sciences. V roce 2020 se projevila tendence k publikacím v časopisech Open access; těchto výstupů bylo celkem 18.

Výzkum byl finančně podporován jednak institucionálními prostředky a dále řadou grantů. Poměr institucionálního a projektového financování zůstal prakticky stejný jako v předchozím roce. Celkem bylo řešeno 14 projektů GA ČR, jeden projekt AZV ČR, 8 projektů TA ČR, 4 projekty MPO a 9 projektů MŠMT, z toho 3 projekty Mobility. Další podpora pro výzkum byla získána z projektů Evropské unie v rámci H2020 (Projekt SIRRAMM), 1 projekt FP7 (INNOFAT) a další tři zahraniční. Ústav pokračoval v činnosti ve dvou národních centech kompetence podporovaných TA ČR Národní centrum kompetence MESTEC a Národní centrum kompetence Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství. Nesporným úspěchem je získání grantu ve veřejné soutěži ve výzkumu, experimentálním vývoji a inovacích na podporu grantových projektů excelence v základním výzkumu EXPRO 2021 s názvem „Vylepšení vlastností současných špičkových slitin“. Cílem projektu je optimalizovat mechanické vlastnosti nízkolegovaných martenzitických ocelí vytvrzených nanoklastry vzhledem k chemickému složení a tepelnému zpracování a zvýšit creepovou pevnost oxidickou disperzí zpevněných slitin nové generace na bázi Fe-Al optimalizací morfologie jejich zrnové struktury.

Spolupráce s průmyslovými podniky je trvalou součástí výzkumu prováděného v ÚFM. Potenciál pracoviště je v kvalitních spolupracujících týmech výzkumníků a kvalitním experimentálním vybavení. V úzké návaznosti na praxi lze řešit i velmi komplikované materiálové problémy se kterými se průmysl setkává a současně posunovat hranice poznání v oblasti materiálových věd. Rozsah spolupráce s průmyslem byl v roce 2020 přibližně stejný jako v předchozích letech.

Nedílnou součástí vědy a výzkumu je výchova mladé generace. Vedení pracoviště podporovalo spolupráci s vysokými školami, především s VUT v Brně a Masarykovou univerzitou. Byla podepsána nová smlouva o spolupráci při výchově doktorandů s VUT v Brně v rámci Středoevropského technologického institutu CEITEC. Vědečtí pracovníci Ústavu byli aktivní v pedagogické činnosti na vysokých školách a byli školiteli PhD. studentů. Vědečtí pracovníci Ústavu se tradičně angažovali ve spolupráci s průmyslovými podniky a to v přibližně stejném rozsahu jako v předchozích letech. Řešené problémy byly jednak pomocí pro průmyslové podniky a firmy a jednak přinášely cenné podněty pro základní výzkum.

Ředitel ústavu koordinoval program 05 Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů Strategie AV21. Cíle programu se dařilo naplňovat spoluprací s průmyslovými podniky a prezentací výsledků pro laickou sféru. Z důvodu pandemických omezení se prakticky nekonaly přednášky pro veřejnost. Aktivity byly přeneseny na on-line půdu. Překvapivě dobrý ohlas byl na sérii přednášek „Věda na doma“, které připravili pracovníci ústavu. Vysoká sledovanost byla zejména v období první vlny pandemie. Dobrou odezvu měly i dva příspěvky v MEDIAPLANET, kde bylo registrováno několik tisíc zhlédnutí a jejich presentace v příloze Hospodářských novin.

Plán výzkumné činnosti rozvržený do roku 2022 není třeba měnit. V současnosti je řešena řada témat, která jsou aktuální a která mají dobrou perspektivu. Výzkum realizovaný v Ústavu velmi dobře zapadá do Inovační strategie České republiky 2019-30.

Vzhledem k tomu, že více než polovina prostředků na výzkum přichází prostřednictvím projektů řady agentur, znamenalo to mimořádné zatížení projektového týmu. Ten odvedl v roce 2020 vynikající práci a přes velmi malé personální obsazení výrazně snižoval neproduktivní byrokratickou zátěž řešitelů projektů. Pokud byrokracie a počet projektů nadále poroste, vedení pracoviště bude nuceno uvažovat o rozšíření tohoto týmu.

## 1. Hlavní dosažené výsledky

Tato kapitola uvádí vědecké výsledky, jejichž rozhodující část byla získána a publikována v průběhu roku 2020 a které vedení ústavu v souladu s Radou pracoviště považuje za nejvýznamnější. Dále jsou uvedeny výsledky vzešlé z dlouhodobých spoluprací s podnikatelskou sférou získané řešením projektů.

### 1.1. Výsledky rozšiřující obecné poznání

#### 1.1.1. Vývoj slitin TiAl pro vysokoteplotní aplikace

Jedním z tradičních výzkumných témat v ÚFM jsou materiály pro použití za vysokých teplot. TiAl intermetalika jsou moderní lehké materiály vyvíjené pro aplikace pracující při teplotách 700-800°C, kde je nutná mechanická pevnost i korozní odolnost. Ve snaze zlepšit jejich vlastnosti jsme navrhli několik variant chemického složení slitiny a provedli tepelné zpracování vedoucí ke zjemnění struktury. U slitiny legované Nb a Mo bylo pozorováno zlepšení vlastností jak při pokojové, tak vysoké teplotě: zvýšení pevnosti, prodloužení únavové životnosti a zlepšení houževnatosti.

#### Publikace:

[1] Chlupová, A., Heczko, M., Obrtlík, K., Dlouhý, A., Kruml, T.: Effect of heat-treatment on the microstructure and fatigue properties of lamellar  $\gamma$ -TiAl alloyed with Nb, Mo and/or C. *Materials Science and Engineering A-Structural materials*. 2020, 786(JUN), 139427.

#### 1.1.2. Mechanická odolnost nového ekologického betonu v agresivním prostředí.

Studie přispívá k vývoji nového ekologického betonu. Systematicky byly sledovány lomové charakteristiky alkalicky aktivovaného betonu, ve kterém je klasické cementové pojivo nahrazeno odpadním materiálem na bázi popela. Významný příspěvek pro ekologii nespočívá pouze v použití odpadního materiálu, ale také ve snížení emisí CO<sub>2</sub>, které se při výrobě cementu uvolňují

do ovzduší. Výzkum za podmínek působení agresivního prostředí umožní bezpečnou aplikaci tohoto nového stavebního materiálu.

Publikace:

[1] Miarka, P., Cruces, A. S., Seitzl, S., Malíková, L., Lopez-Crespo, P.: Evaluation of the SIF and T-stress values of the Brazilian disc with a central notch by hybrid method. International Journal of Fatigue. 2020, 135(JUN), 105562.

[2] Miarka, P., Pan, L., Bílek, V., Seitzl, S., Cifuentés, H.: Influence of the chevron notch type on the values of fracture energy evaluated on alkali-activated concrete. Engineering Fracture Mechanics. 2020, 236(SEP), 107209.

[3] Miarka P., Seitzl S., Horňáková M., Lehner P., Konečný P., Sucharda O., Bílek V.: Influence of chlorides on the fracture toughness and fracture resistance under the mixed mode I/II of high-performance concrete. Theor. Appl. Fract. Mech. 110 (2020) 102812.

### **1.1.3. Efektivní interakční potenciál pro studium slitin na bázi CoCrFeMnNi s náhodným uspořádáním jednotlivých prvků.**

Fyzikální vlastnosti slitiny CoCrFeMnNi jsou velmi odlišné od vlastností jejich čistých prvků. Cauchyho tlak (C12-C44) je zde velmi malý a vazební síly jsou tak primárně určeny párovými interakcemi. Cílem tohoto výzkumu bylo zformulovat efektivní popis interakcí v těchto a odvozených slitinách. Získaný potenciál je schopen reprodukovat širokou škálu vlastností CoCrFeMnNi slitin, ale je také přenositelný na studia kvaternárních slitin CoCrFeNi, ternárních slitin CoCrNi a binárních slitin FeNi.

Publikace:

[1] Gröger, R., Vítek, V., Dlouhý, A.: Effective pair potential for random fcc CoCrFeMnNi alloys. Modelling and simulation in materials science and engineering. 2020, 28(7), 1-25, 075006.

## **1.2. Výsledky spolupráce s podnikatelskou sférou a dalšími organizacemi získané řešením projektů**

### **1.2.1. Vliv zbytkových napětí vytvořených tepelným zpracováním na zbytkovou únavovou životnost vlakových náprav**

Na základě dlouhodobé spolupráce s firmou Bonatrans a.s. a řešení společných projektů byla vyvinuta metodika pro určení residuálních napětí v nápravě železničních dvojkolí. Byl vypracován postup, jak zahrnout tyto výsledky do výpočtu únavové životnosti. Na základě těchto výsledků a poznatků je možno optimalizovat velikost residuálních napětí v nápravě tak, aby bylo dosaženo maximální únavové životnosti. To vede k prodloužení servisních intervalů náprav a zároveň ke zvýšení jejich bezpečnosti.

Projekt MPO FV 40034. Vývoj nového designu železničních náprav s vysokou provozní spolehlivostí

Partnerská organizace: Bonatrans Group a.s.

### **1.2.2. Vývoj metodiky korelovaného měření elektrických vlastností polovodičových povrchů**

Bylo dosaženo významného pokroku v metodice korelovaného měření povrchů polovodičových materiálů současným měřením proudu indukovaného elektronovým svazkem (electron beam induced current - EBIC) a mapováním povrchu pomocí sekundárních elektronů s využitím skenovacího elektronového mikroskopu. Bylo prokázáno, že bodový kontakt mezi sondou a vzorkem umožňuje přeskok elektronů do pokovené vrstvy z povrchu GaN a následně do Pt sondy. Získané EBIC mapy odpovídají přesně pozicím V-defektů získaným ze signálu získaného ze sekundárních elektronů a z charakterizace povrchu standardní metodou EBIC.

Uplatnění výsledku: Formulace nové metody nano-EBIC a počáteční fáze jejího testování pro charakterizaci vodivosti polovodičových vrstev

Projekt MPO Inovační voucher, Inovační voucher - Výzva IV.

Partnerská organizace: NenoVision, s.r.o.

## **2. Spolupráce s vysokými školami**

V uplynulém roce pokračovala standardně velmi dobrá spolupráce s vysokými školami, zejména s Vysokým učením technickým v Brně a s Masarykovou univerzitou. Pozornost byla tradičně věnována zejména výchově doktorandů, kteří se účastní na celé řadě výzkumných projektů pracoviště. S Vysokým učením technickým v Brně byla podepsána Dohoda o spolupráci při uskutečňování doktorských studijních programů Pokročilé materiály a nanovědy, na jehož uskutečňování se podílí Středoevropský technologický institut VUT. V platnosti jsou Dílčí dohoda o spolupráci při uskutečňování doktorských studijních programů s Fakultou strojního inženýrství VUT v Brně a s Přírodovědeckou fakultou Masarykovy univerzity v Brně o spolupráci při uskutečňování doktorského studijního programu Fyzika.

### **2.1. Výuka a vědecká výchova**

Vědečtí pracovníci ÚFM přednášeli zejména na VUT v Brně a na Masarykově univerzitě. 8 kmenových pracovníků ústavu má vědecko-pedagogickou hodnost profesor a 8 docent. Celkově v letním a zimním semestru odpřednášeli 356 hodin v magisterských a 294 v doktorských programech. Pravidelná pedagogická činnost na vysokých školách je shrnuta v následující tabulce:

Pregraduální programy	Název VŠ	Předmět
	UK Praha, MFF	Fyzika pevných látek II
	MU Brno, PŘF	Kvantová chemie pevných látek, výpočty elektronové struktury
	MU Brno, PŘF	Mechanické vlastnosti pevných látek
	VUT v Brně, FSI	Metody zkoušení materiálů (česky)
	VUT v Brně, FSI	Metody zkoušení materiálů (anglicky)
	VUT v Brně, FSI	Deformace a porušování materiálů
	VUT v Brně, FSI	Modelování materiálů I
	VUT v Brně, FSI	Dislokace a plastická deformace
	VUT v Brně, FSI	Mezní stavy materiálů
	VUT v Brně, FAST	Pružnost a plasticita
	VUT v Brně, FCH	Chemie, technologie a vlastnosti materiálů
	VUT v Brně, FSI	Modelování materiálů II
	VUT v Brně, FSI	Metody strukturní analýzy II
	VUT v Brně, FSI	Struktura a vlastnosti nových materiálů
	VUT v Brně, FSI	Inženýrská mechanika
	VUT v Brně, FSI	Aplikovaná fyzika - nanotechnologie
Doktorské programy	Název VŠ	Předmět
	Ruhr University Bochum, Faculty of Mechanical Engineering	Advanced TEM analysis of crystal defects
	UK Praha, MFF	Metody statistické fyziky
	MU Brno, PŘF	Oborový seminář fyzikální a materiálové chemie
	VUT v Brně, FSI	Modelování materiálů
	VUT v Brně, CEITEC	Advanced Materials and Nanoscience
	VUT v Brně, CEITEC	Pokročilé materiály
	VUT v Brně, CEITEC	Advanced Nanotechnologies and Microtechnologies
	VUT v Brně, FSI	Experimentální lomová mechanika (anglicky)
	VUT v Brně, FSI	Experimentální lomová mechanika (česky)
	VUT v Brně, FAST	Doktorský seminář VII
	VUT v Brně, FSI	Fyzikální a materiálové inženýrství
	MU PŘF	Mechanické vlastnosti pevných látek

Kromě pravidelných přednášek na VUT v Brně a Masarykově univerzitě pracovníci ÚFM dále příležitostně přednášeli na Vysoké škole báňské, TU Ostrava a Univerzitě Palackého v Olomouci.

Celkový počet doktorandů ke konci roku byl 22, z toho 5 bylo zahraničních. Úspěšně ukončil jeden doktorand (nízký počet je dán tím, že v roce 2019 úspěšně ukončilo studium 9 doktorandů). Všichni doktorandi jsou zapojeni do

řešení vědeckých projektů ústavu (granty GAČR, MPO a MŠMT) a jsou tudíž i finančně motivováni. Nově byli v roce 2020 přijati dva studenti.

## **2.2. Aktivity na vysokých školách**

Vědečtí pracovníci ÚFM jsou trvale členy řady komisí pro obhajoby závěrečných prací, komisí státních zkoušek a oborových rad doktorských studií především na VUT v Brně a na Masarykově univerzitě, dále pak na MFF UK v Praze a na Univerzitě Palackého v Olomouci.

## **2.3. Vzdělávací kurzy**

### **Podzimní škola transmisní elektronové mikroskopie**

ÚFM využívá transmisní elektronovou mikroskopii ke špičkovému materiálovému výzkumu. V Brně sídlí světoví výrobci elektronových mikroskopů, se kterými ÚFM dlouhodobě spolupracuje. Proto ÚFM pořádá každoročně Školu elektronové mikroskopie pro začátečníky, mírně pokročilé a pokročilé zájemce. 19.-23. 10. prof. A. Dlouhý uspořádal tradiční podzimní školu elektronové mikroskopie, která se setkala s velmi dobrým ohlasem a zájmem.

## **3. Spolupráce pracoviště s jinými institucemi**

V roce 2020 pokračovala intenzivní spolupráce s průmyslovou praxí v oblasti materiálového výzkumu, založená na velmi dobrých dlouhodobých vztazích s řadou průmyslových podniků. Celkem bylo pro různé firmy a instituce řešeno stejně jako v předcházejícím roce asi 80 problémů, které byly jednak přínosem pro smluvní partnery, ale současně byly i přínosem pro základní materiálový výzkum. Ve většině případů se jednalo o vzájemnou výměnu znalostí, posouzení vlivu technologií na materiálové vlastnosti, o stanovení materiálových charakteristik nebo o vypracování materiálových expertíz. Některé z těchto aktivit jsou uvedeny níže.

### **3.1. Aircraft Industries, Kunovice**

#### **Výzkum a stanovení únavových vlastností Al slitiny pro letecké aplikace**

V rámci účinné spolupráce s tímto významným výrobcem letecké techniky v regionu byla provedena analýza mikrostruktury a tahových vlastností nové Al slitiny pro letecké aplikace. Byl realizován výzkum s cílem zjistit vliv vibrací na únavovou životnost.

Uplatnění výsledku: Výzkum přispěl k zavedení nové slitiny do výroby letounu Let-L410 ng.



### **3.2. Thermo Fisher Scientific Brno**

#### **Vývoj speciálních vzorků pro transmisní elektronovou mikroskopii**

ÚFM má velmi dobrou spolupráci s firmou Thermo Fisher Scientific. Spolupráce spočívá v přípravě speciálních vzorků materiálů pro testování nových experimentálních technik v elektronové mikroskopii. Tato spolupráce je velmi cenná jak pro firmu, tak pro materiálový výzkum v ÚFM. Význam spolupráce dokresluje fakt, že na propagačním letáku špičkového transmisního elektronového mikroskopu TALOS F200i S/TEM je ilustrativní obrázek mikrostruktury vzorku, připraveného v ÚFM.

Uplatnění výsledku: Ověření možností nových TEM mikroskopů.

### **3.3. Ústav aplikované mechaniky Brno, s.r.o., ČEZ, a.s.**

#### **Vývoj metodiky měření odporu proti šíření trhliny heterogenních svarových spojů ocelí pro jadernou energetiku**

V rámci spolupráce byla vyvíjena metodika měření křivek odporu proti šíření trhliny při +255°C heterogenních svarových spojů ocelí. Pro potřeby ČEZ byly stanoveny a vyhodnoceny křivky pro 7 rozdílných případů rozhraní a svarových spojů.

Uplatnění výsledku: Výsledky přispějí ke zvýšení bezpečnosti sekundárního okruhu zařízení jaderných elektráren díky zpřesněným výpočtům.

### **3.4. Hanon Autopal Services, Nový Jičín**

#### **Výzkum únavových vlastností slitiny AISI 444 za pokojové teploty a zvýšených teplot**

Dlouhodobá účinná spolupráce probíhající již několik let byla v r. 2020 zaměřena na provedení únavových zkoušek slitiny AISI 444 a jejich vyhodnocení při celkem 4 různých teplotách. Přínosem pro pracoviště bylo navržení a ověření speciální techniky realizace zkoušek na velmi tenkých vzorcích materiálu.

Uplatnění výsledku: Uplatnění nového materiálu a snížení výrobních nákladů pro výrobu automobilových výfuků.

### **3.5. UJP PRAHA, a.s.**

#### **Základní hodnocení vlivu velikosti zrna na deformaci v tečení oceli S304H a HR3C**

V roce 2020 pokračovala dlouholetá účinná spolupráce, v jejímž rámci bylo provedeno základní hodnocení vlivu velikosti průřezu vzorku na creepové chování austenitických ocelí S304H a HR3C. Testované oceli se lišily chemickým složením a velikostí zrna. Creepové zkoušky při konstantním

zatížení v tahu byly buď přerušeny po 200 h, nebo byly vedeny až do lomu. Creepové zkoušky byly provedeny při teplotě 700°C a napětí 160 MPa.

Uplatnění výsledku: Testování malých tahových vzorků odebraných z trubek bylo nezbytné pro kontrolu creepových vlastností provozovaných komponent.

### **3.6. VUT – CEITEC Brno**

#### **Určení lomové houževnatosti ZrO<sub>2</sub> keramiky**

V rámci společných výzkumných aktivit Středoevropského technologického institutu byl proveden návrh zkušební geometrie a realizace zkoušek lomové houževnatosti ZrO<sub>2</sub> keramiky za použití ohybových zkušebních těles s chevronovými vruby. Následně byla provedena analýza výsledků a hodnocení lomové houževnatosti této keramiky.

Uplatnění výsledku: Získané výsledky přispějí k vývoji pokročilé houževnaté keramiky na bázi zirkonia.

### **3.7. Robert Bosch, s.r.o., České Budějovice**

#### **Zkoušky rázem v ohybu plastových trubíc dle VW specifikace TL52694**

Pro firmu Robert Bosch byly provedeny zkoušky rázem ve tříbodovém ohybu vybraných souborů plastových trubíc po umělém stárnutí. Podle předepsané specifikace byla vyhodnocena odolnost proti poškození.

Uplatnění výsledku: Výsledky byly přímo využity ve vývoji konstrukce motorových komponent.

## **4. Program Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů, Strategie AV21**

Pracoviště koordinovalo program 05 Nové materiály na bázi kovů, keramik a kompozitů, Strategie AV21. Cílem činnosti bylo udržovat vysokou kvalitu a společenskou relevanci výzkumu v AV ČR, využít synergických efektů mezioborové a meziinstitucionální spolupráce, usnadnit přenos výsledků výzkumu do vzdělávací a aplikační sféry a popularizovat práci AV ČR.

Program 05 měl následující témata: 1) Optická měření gigacyklové únavy, 2) Spolupráce s průmyslovými partnery, 3) Hybridní procesy v laserovém svařování, 4) Charakterizace struktury ocelí pomocí pokročilých metod rastrovací elektronové mikroskopie, 5) Pokročilé materiály pro fúzi, radiační odolnost vysokoentropických slitin, 6) Vliv degradace na lomové vlastnosti geokompozitních materiálů a 7) Interakce pulzujícího vodního svazku s povrchem materiálů. Témata byla řešena s využitím potenciálu pracovišť AV: ÚPT, ÚJF, ÚSMH, ÚFP a ÚGN.

Jednoznačně pozitivní ohlas na Program je z průmyslové sféry. Výrobní podniky nutně potřebují spolupráci při řešení materiálových problémů, na které nemají ani unikátní experimentální zařízení, ani odpovídající týmy vysoce kvalifikovaných pracovníků.

Konstruktivní a operativní spolupráce s průmyslovou sférou a dobré experimentální vybavení a odborné kvality vědeckých pracovníků vytvářely prostředí pro návrhy projektů ke grantovým agenturám TAČR a MPO.

Překvapivě dobrý ohlas byl také na sérii přednášek #veda\_na\_doma, kterou připravili pracovníci ÚFM. Vysoká sledovanost byla právě v období první vlny pandemie. Dobrou odezvu měly i příspěvky v MEDIAPLANET v kampani Inovativní Česko. Dále byly tyto příspěvky uveřejněny v příloze Hospodářských novin s dopadem na téměř 150 tisíc odběratelů a byly také prezentovány na Veletrhu vědy v Brně.

Zejména mladí vědečtí pracovníci a doktorandi realizovali řadu aktivit v oblasti vědecko-popularizační. Pro laickou veřejnost bylo uspořádáno několik přednášek a ukázek jak v Brně, tak v dalších regionech. Program přispěl k zdárnému průběhu Festivalu vědy pořádaného pod záštitou Jihomoravského kraje a Dne otevřených dveří na ÚFM. Plnění programu přispělo ke zprostředkovávání přenosu vědeckých poznatků vůči veřejnosti (k popularizaci vědy).

Lze konstatovat, že v roce 2020 se míra spolupráce mezi pracovišti AV ČR na řešení programu mírně zvýšila oproti předchozímu roku. Synergie součinnosti pracovišť AV ČR spočívala ve vzájemném využívání nákladných experimentálních zařízení jednotlivých pracovišť. Společenská relevance výstupů programu byla vysoká. Bez materiálů si další rozvoj společnosti nelze představit. Program 05 a jeho řešení bylo v souladu s cíli Národních priorit orientovaného výzkumu, experimentálního vývoje a inovací a zapojení do evropských a mezinárodních programů. Spolupráce s firmami, přenos impulzů z průmyslové sféry do oblasti materiálového výzkumu a poznatků z materiálového výzkumu zpět průmyslu je plně v intencích Inovační strategie České republiky 2019-2030. Přínos Programu 05 pro reflexi otázek aktuálně rezonujících ve společnosti spočívá zejména v oblasti vývoje materiálů, které mohou nejrůznějšími způsoby uspořit energii a jejich použití snižuje emisní zatížení životního prostředí. Aplikační potenciál dosažených výsledků je proto nesmírně vysoký. Na základě dlouholeté spolupráce s průmyslovou sférou obdržel ÚFM a týmy spolupracující s výrobní sférou významné ocenění. Ve spolupráci s První brněnskou strojírnou Velká Bíteš, a. s. byla za řešení společného projektu udělena Cena TAČR za první místo v kategorii BUSINESS.

## 5. Mezinárodní spolupráce

Mezinárodní vědecká spolupráce je trvalou a přirozenou součástí činnosti pracoviště. V roce 2020 pokračovala spolupráce zejména na neformální bázi, ale také na bázi projektové. Řešené mezinárodní projekty jsou uvedeny níže:

### 5.1. Innovative Approach to Improve Fatigue Performance of Automotive Components Aiming at CO<sub>2</sub> Emissions Reduction

Acronym: INNOFAT

Druh spolupráce: Research Fund for Coal and Steel

Typ projektu: CSA (WIDESPREAD-04-2017)

Koordinátor: Sinedor, Španělsko

Řešitel z ÚFM: doc. Pavel Hutař, PhD.

Projekt byl úspěšně řešen již třetím rokem. V projektu je zastoupeno 5 států EU a má 5 spoluřešitelů. Projekt je zaměřen na výroby vyráběné z mikrolegovaných ocelí, které jsou určeny zejména pro automobilový průmysl. Dosažené výsledky mají vysoký potenciál praktického využití a současně přispívají k rozšíření poznatků o vlastnostech inženýrských materiálů při složitějším způsobu namáhání, které byly publikovány v odborných časopisech.

### 5.2. Structural Integrity and Reliability of Advanced Materials obtained through additive Manufacturing

Akronym: SIRAMM

Typ projektu: WIDESPREAD-03-2018 - Twinning

Koordinátor: Polytechnic University of Timisoara

Řešitel z ÚFM: doc. Ing. Luboš Náhlík, Ph.D.

Projekt byl zahájen v r. 2019 a účastní se ho 5 států z EU a má 5 spoluřešitelských pracovišť. Cílem projektu je posílit výzkum vlastností a struktury materiálů vyráběných aditivními technologiemi. Projekt je zaměřen na provádění činností v oblasti předávání znalostí, jako jsou workshopy a výměna zaměstnanců, vzdělávací akce, letní školy a semináře pro výzkumné pracovníky v rané fázi a šíření a komunikační akce. Přesto, že epidemiologická situace zkomplikovala realizaci presenčních seminářů a setkání, projekt byl posunut jen nevýznamně a je úspěšně řešen na on-line platformě.

### 5.3. Development of novel oxide dispersion strengthened high entropy alloys

Akronym: COMET K2 P1.8

Poskytovatel: Austrian Federal Ministry of Traffic, Innovation and Technology

Koordinátor: Materials Center Leoben Forschung GmbH

Řešitel z ÚFM: RNDr. Jiří Svoboda, CSc., DSc.

Řešení mezinárodního projektu probíhá v rámci zapojení ÚFM do rakouského centra COMET-K2, které sdružuje více než 60 podniků a více než 30

výzkumných organizací a vysokých škol. Centrum je rozděleno do několika výzkumných programů, které jsou zaměřeny na vývoj nových materiálů, technologických postupů a produktů zahrnující zvýšení kvality produktů, efektivity vynaložených nákladů včetně materiálových a energetických úspor. Chod centra koordinuje Materials Center Leoben, Rakousko. ÚFM bylo v roce 2020 zapojeno do dílčího projektu zabývající se vývojem nových vysokoentropických slitin zpevněných oxidickou dispersí. Cílem je výrazné zlepšení mechanických vlastností vysokoentropických slitin pomocí vytvrzení jejich matrice nanooxidickou dispersí. Při přípravě materiálu je použit speciální vysokoenergetický mlýn (attritor) umožňující mechanické legování prášků ve vakuu i za kryogenních teplot. Tím je umožněno získání mechanicky legovaných prášků i z měkkých slitin, které by za laboratorních teplot nebylo možno mechanicky legovat z důvodu nakovávání prášků na mlecí koule a mlecí nádobu. Experimenty ukazují, že aplikací kryogenního mechanického legování dochází u vysokoentropických slitin k výraznému zlepšení rozptýlení oxidů v jejich matici ve srovnání s mechanickým legováním za běžných teplot.

#### **5.4. Fracture mechanics concepts extended to shear dominated crack growth and soft materials**

Akronym: PCCL-K1

Poskytovatel: Republic of Austria

Koordinátor: Polymer Competence Center Leoben GmbH

Řešitel z ÚFM: doc. Ing. Pavel Hutař, Ph.D.

Řešení projektu probíhá v rámci zapojení ÚFM do rakouského centra kompetence K1 center in Polymer Engineering and Science, které je zaměřeno na základní i aplikovaný výzkum ve vybraných oblastech polymerních věd a inženýrství. Centrum sdružuje 45 podniků a 23 výzkumných organizací a vysokých škol. Odborné činnosti centra jsou rozděleny do výzkumných podoblastí, které jsou zaměřeny na návrh struktury polymerních materiálů, na optimalizaci jejich výrobních procesů, na pokročilé modelování porušení polymerních materiálů a kompozitů, na chování polymerních materiálů v extrémních podmínkách vnějšího prostředí a další. Chod centra koordinuje Polymer Competence Center Leoben GmbH, Rakousko. ÚFM bylo v roce 2020 zapojeno do dílčího projektu zabývající se popisem porušení polymerních materiálů při kombinovaném únavovém namáhání. Byly vyvinuty nové postupy měření šíření únavových trhlin v mix-modu a byla definována kritéria porušení vhodná pro tento typ materiálů. Byl experimentálně kvantifikován vliv teploty na únavové porušení inženýrsky významných polyolefinů. t

Všechny výzkumné skupiny ÚFM pokračovaly v neformální vědecké spolupráci s univerzitami a vědeckými pracovišti ve světě i přes obtížnou epidemiologickou situaci. Významnou komplikací bylo odložení či přesunutí řady mezinárodních konferencí nebo jejich realizace on-line formou.

## 6. Investice do přístrojů, zařízení a budov

Vedení pracoviště se v maximální možné míře snaží udržovat experimentální vybavení laboratoří na nejvyšší možné úrovni, protože je klíčové pro získávání experimentálních dat. Pro materiálový výzkum, konkrétně pro pozorování mikrostruktury materiálů je nezbytná elektronová mikroskopie, kterou využívají téměř všechny výzkumné skupiny. V prvním čtvrtletí 2020 byly instalovány nové detektory k vysokorozlišovacímu rastrovacímu elektronovému mikroskopu, čímž se významně zlepšily parametry zařízení. Tato investice byla pořízena s pomocí dotace z AVČR a za přispění ÚFM.

V roce 2020 byly uvedeny do provozu dva nové zkušební stroje v únavových laboratořích. Zařízení budou využívat především skupiny Vysokocyklové a nízkocyklové únavy a to jak pro základní výzkum, tak pro účinnou spolupráci s průmyslovou sférou. Zařízení zvýší experimentální kapacitu a umožní experimenty na požadované úrovni, odpovídající světovým standardům.

Kromě těchto velkých investic byly dovybavovány všechny laboratoře drobnějšími zařízeními a přístroji a to jak z institucionálních, tak projektových prostředků.

Dlouhodobým záměrem pracoviště je vybudovat objekt pro elektronovou mikroskopii v areálu Ústavu. Elektronová mikroskopie je nepostradatelnou experimentální technikou pro výzkum realizovaný v ÚFM. Pracoviště tradičně spolupracuje s velkými výrobci elektronových mikroskopů v Brně, jmenovitě firmami TESCAN a ThermoFischer Scientific. Ústav organizuje každoročně školu elektronové mikroskopie a spolupracuje s ÚPT AV ČR. Vzhledem k tomu, že Brno má mimořádně velký potenciál v oblasti elektronové mikroskopie, bylo by velmi žádoucí vybudovat nové laboratoře pro špičkovou elektronovou mikroskopii a soustředit zde stávající i plánovaná nová zařízení ústavu. Z tohoto důvodu byla v roce 2020 vypracována projektová dokumentace pro zamýšlený objekt elektronové mikroskopie. Na realizaci záměru se intenzivně pracuje.

V roce 2020 Ústav uspěl v soutěži Operačního programu Životní prostředí a získal vysokou podporu na projekt, který přinese úspory elektrické energie a bude přínosem z ekologického hlediska. Projekt umožní realizovat zateplení objektu dílen a zlepšit vnitřní prostředí účinnou klimatizací a úsporným osvětlením. Na střeše hlavní budovy budou umístěny solární panely fotovoltaické elektrárny. Jejich výkon sníží množství elektrické energie odebírané z veřejné sítě.

Celkově bylo do přístrojů, zařízení a budov investováno cca 20 mil. Kč. Podrobný přehled všech pořízených investic je součástí přílohy účetní závěrky za rok 2020.

#### **IV. Hodnocení další a jiné činnosti:**

ÚFM AV ČR, v. v. i. nemá žádnou další a jinou činnost.

#### **V. Informace o opatřeních k odstranění nedostatků v hospodaření a zpráva, jak byla splněna opatření k odstranění nedostatků uložená v předchozím roce:**

V roce 2020 nebyly zjištěny žádné nedostatky v hospodaření ústavu.

#### **VI. Finanční informace o skutečnostech, které jsou významné z hlediska posouzení hospodářského postavení instituce a mohou mít vliv na její vývoj:<sup>\*</sup>**

Ekonomické ukazatele charakterizující hospodářské postavení instituce v roce 2020 jsou detailně uvedeny ve zprávě auditora, která je součástí této zprávy.

Vědečtí pracovníci byli v roce 2020 úspěšní v získávání grantových projektů z různých agentur. Kromě Grantové agentury České republiky, která je pro pracoviště tradičně významným zdrojem projektového financování základního výzkumu dále narůstal význam Technologické agentury České republiky a Ministerstva průmyslu a obchodu. Získané projekty dobře zabezpečují spolu s dalšími projekty a s institucionálním financováním činnost pracoviště na následující 3 roky. Financování pracoviště lze charakterizovat jako stabilní a s dobrým výhledem.

Obecným problémem pracovišť AV ČR zaměřených zejména na základní výzkum zůstává nepříznivý poměr institucionálního financování k účelovému. Ten v r. 2020 v ÚFM činil 45 k 55. Nutnost podávat velké množství grantových přihlášek vede jednak ke ztrátě času, který by vědečtí pracovníci mohli věnovat výzkumu, tedy k nižší efektivitě a současně neumožňuje zodpovědně definovat hlavní výzkumné směry v dostatečně dlouhodobém horizontu.

---

<sup>\*</sup> Údaje požadované dle § 21 zákon 563/1991 Sb., o účetnictví, ve znění pozdějších předpis

## VII. Předpokládaný vývoj činnosti pracoviště:

V roce 2020 byly připraveny materiály pro Hodnocení pracovišť AV ČR za období 2015-2019. Všechny výzkumné týmy předložily do hodnocení kvalitní výsledky a jasně formulovaly plány na další pětileté období.

Hlavní výzkumné úkoly pro následující 2 roky jsou dány dlouhodobým plánem do roku 2022 schváleným Radou instituce, který se daří dobře plnit. Velká část výzkumu je v horizontu příštích tří let fixována běžícími grantovými projekty.

Hlavní činnost ÚFM v následujících 3 letech bude spočívat v základním orientovaném výzkumu v oblasti materiálových věd. Pozornost se bude zaměřovat na široké spektrum kovových i nekovových materiálů. Budou zkoumány fyzikální vlastnosti pokročilých materiálů ve vztahu k jejich mikrostruktuře a způsobu přípravy. Tato oblast výzkumu je trvale velmi aktuální a perspektivní a zapadá do Inovační strategie ČR. Činnost pracoviště se bude v horizontu do roku 2022 zaměřovat na klíčové oblasti, ve kterých se protíná excelence výzkumu, potenciál českých firem a nové technologické trendy.

Od 1.1.2021 bude provedena reorganizace oddělení a výzkumných skupin, která odrazí skutečnost, že k 31.12.2020 skončí období udržitelnosti Středoevropského technologického institutu, v němž je ÚFM jedním ze šesti partnerů. Vzhledem k tomu, že bude podepsána nová konsorciální smlouva, bude se ÚFM na spolupráci v dalších letech podílet. Na základě dosavadních dobrých výsledků vedení ÚFM očekává, že spolupráce bude nadále přínosná pro všechny partnery tak, jako tomu bylo doposud.

V nejbližších letech nelze očekávat nárůst institucionálního financování výzkumu. Činnost pracoviště bude tudíž ostře závislá na úspěšnosti v získávání výzkumných projektů od grantových agentur GAČR, TAČR, MPO, MŠMT a EU. Vývoj činnosti pracoviště bude také záviset na úspěšnosti projektů strategického významu. Důležitou skutečností z hlediska perspektivy je dosavadní úspěšná účast v národním centru kompetence Mechatroniky a chytrých technologií pro strojírenství a v národním centru Strojírnosti. Účast v obou centrech je zárukou stability části zejména aplikovaného výzkumu realizovaného v ÚFM.

Dobrá prognóza je v oblasti výchovy studentů, zejména v doktorských programech. V současné době v Ústavu pracuje řada velmi kvalitních doktorandů, kteří se podílí na řešení projektů grantových agentur. ÚFM má uzavřeny Dílčí dohody o spolupráci při uskutečňování doktorských studijních programů s VUT v Brně a s Masarykovou univerzitou, což spolu se skutečností, že řada pracovníků pedagogicky působí na univerzitách zajišťuje i získávání dalších kvalitních doktorandů.

Vedení a Rada pracoviště předpokládají, že spolupráce s průmyslem bude nadále pokračovat ve zhruba stejném rozsahu. Účinná spolupráce s průmyslem bude nadále přinášet cenné podněty pro materiálový výzkum a pro firmy možnost fundovaně řešit materiálové problémy, se kterými se setkávají.



## VIII. Aktivity v oblasti ochrany životního prostředí:

Žádná činnost Ústavu nevyžaduje specifické aktivity či opatření v oblasti ochrany životního prostředí.

## IX. Aktivity v oblasti pracovněprávních vztahů:

S odborovou organizací je uzavřena kolektivní smlouva, kterou se obě zúčastněné strany řídí. Pracovně právní vztahy se řídí platnými zákonnými předpisy. K žádným zvláštním aktivitám v oblasti pracovně právních vztahů nedošlo.

## X. Poskytování informací podle zákona č. 106/1999 Sb., o svobodném přístupu k informacím

- a) Počet podaných žádostí o informace: 0;
- b) Počet vydaných rozhodnutí o odmítnutí žádosti: 0;
- c) Počet podaných odvolání proti rozhodnutí: 0;
- d) Opis podstatných částí každého rozsudku soudu ve věci přezkoumání zákonnosti rozhodnutí povinného subjektu o odmítnutí žádosti o informace a přehled všech výdajů, které povinný subjekt vynaložil v souvislosti se soudními řízeními o právech a povinnostech podle tohoto zákona, a to včetně nákladů na své vlastní zaměstnance a nákladů na právní zastoupení: 0;
- e) Výčet poskytnutých výhradních licencí, včetně odůvodnění nezbytnosti poskytnutí výhradní licence: 0;
- f) Počet stížností podaných podle § 16a zák. č. 106/1999 Sb., důvody jejich podání a stručný popis způsobu jejich vyřízení: 0;
- g) další informace vztahující se k uplatnění tohoto zákona: 0.

ÚSTAV FYZIKY MATERIÁLŮ  
AKADEMIE VĚD ČESKÉ REPUBLIKY  
veřejná výzkumná instituce  
Žitkova 22, 616 62 Brno



Razítko

prof. RNDr. Ludvík Kunz, CSc., dr.h.c.  
ředitel ÚFM AV ČR

Přílohou výroční zprávy je účetní závěrka a zpráva o jejím auditu