INSTITUTE OF PLASMA PHYSICS, v.v.i.
OF THE CZECH ACADEMY OF SCIENCES
Za Slovankou 1782/3, 18200 Prague 8, Czech Republic

Tel.: +420 286 890 450
+420 266 052 052
Fax: +420 286 586 389
E-mail: ipp@ipp.cas.cz
Web: www.ipp.cas.cz

Oddělení materiálového inženýrství
Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.
Za Slovankou 1782/3, 182 00 Praha 8 - Ládví

Nabídka zadání studentských prací (bakalářské, magisterské, doktorské)

Naše pracoviště a Vaše role:
Na oddělení materiálového inženýrství (MI) ÚFP AV ČR se zabýváme praktickým využitím plazmatu k přípravě nových materiálů (keramiky, kovů i kompozitů) a výzvami spojenými s interakcí plazmatu s pevnou i kapalnou fází (například ve fúzních aplikacích). Pro přípravu nových materiálů využíváme naše dvě klíčové technologie: plazmové stříkání (technologie WSP-H a RF/ICP) a slinování prášků v proměnlivém elektrickém poli (tzv. SPS - Spark Plasma Sintering).
Předpokládáme, že se aktivně zapojíte do našeho týmu aktuálně řešícího několik projektů (GAČR, TAČR, EURATOM, atd.). Prakticky se seznámíte s výše uvedenými moderními technologiemi přípravy materiálů a také se základními i pokročilými metodami jejich charakterizace (např. materiálografie, měření fyzikálních, mechanických a teplotních vlastností, optická a elektronová mikroskopie, rentgenová difrakce, atd.).
Náplň a zadání studentských prací vždy konkretizujeme po vzájemné dohodě tzv. „na míru“. Příklady nabízených témat jsou uvedeny na následujících stránkách.

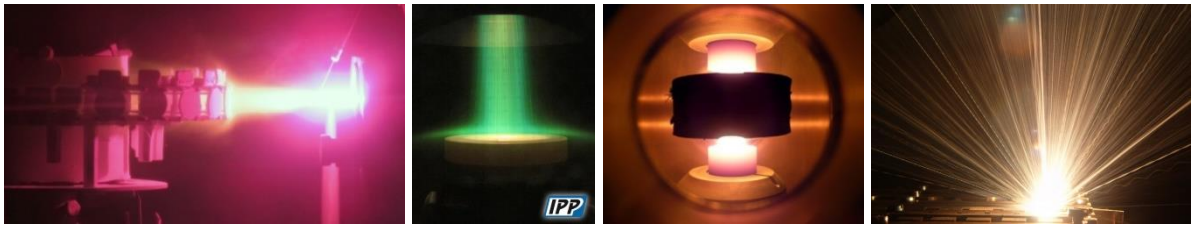
Nabízíme:
- Vlastní zázemí s moderně vybavenými laboratořemi (Ládví a Letňany).
- Zajímavou práci v perspektivním multidisciplinárním oboru.
- Získání praktických dovedností použitelných nejen v akademické sféře, ale i v soukromém sektoru.
- V případě oboustranné spokojenosti dlouhodobou spolupráci a částečný úvazek při studiu.
- Práci v mladém a přátelském kolektivu nadšeném pro materiálové inženýrství.
- Možnost spolupráce s řadou institucí v ČR i v zahraničí (experimenty, stáže).

Požadujeme:
- Spolehlivost, zodpovědnost a aktivní přístup.
- Zájem o problematiku materiálového inženýrství.

Více informací o našem oddělení:
http://www.ipp.cas.cz/Mi/

Kontakt: Radek Mušálek, musalek@ipp.cas.cz, tel.: 266 053 077

Srdečně Vás zveme k nezávazné návštěvě našich laboratoří a diskuzi nad nabízenými tématy.



Název:

Příprava kompozitních materiálů plazmovými technologiemi

Vedoucí: Radek Mušálek
Školitel specialista: Tomáš Tesař

Stručná synopse:

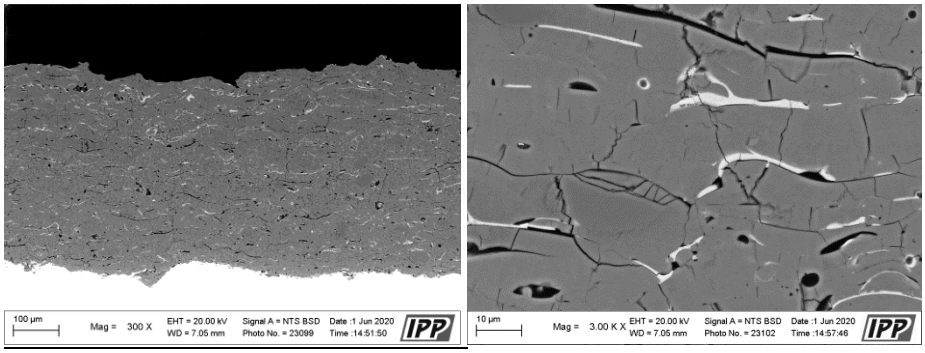
Plazmově stříkané vrstvy slouží k ochraně součástí proti účinkům agresivních provozních prostředí (vysoká teplota, tepelné šoky, koroze, otěr, atp.). Nově vyvinutá depozice plazmových nástřiků s využitím kapalin (suspenzí nebo roztoků) umožnila zmenšit velikost deponovaných částic, dosáhnout nových funkčních vlastností nástřiků a efektivního nanášení tzv. vícefázových nástřiků, které kombinují výhodné vlastnosti několika různých materiálů. Tuto metodu lze navíc kombinovat s konvenčním plazmovým stříkáním hrubozrnných suchých prášků (hybridní nástřiky) nebo provádět depozici po vrstvách s měnícím se složením (funkčně gradované nástřiky).

Cíl práce:

Cílem práce bude pro vybraný materiálový systém deponovat vícefázové kompozitní nástřiky a charakterizovat jejich funkční vlastnosti.

Klíčová slova:

plazmové stříkání, metalografie, mechanické testy



Mikrostruktura kompozitního hybridního nástřiku Al_2O_3-TiO_2 připravená na ÚFP AV ČR pomocí technologie WSP-H.

Název:

Sferoidizace prášků pomocí plazmatu

Vedoucí: Radek Mušálek
Školitel specialista: Jan Medřický

Stručná synopse:

Pro řadu průmyslových procesů jsou základní vstupní surovinou materiály ve formě prášků. Ostrohranné práškové materiály připravené například mletím lze efektivně sferoidizovat roztavením v proudu plazmatu a následným ochlazením. Takto upravené prášky mají modifikovanou řadu technologicky zajímavých parametrů, jako je jejich sypkost, morfologie, fázové složení, apod., čehož lze s výhodou využít v řadě aplikací.

Pro sferoidizaci prášků používáme na našem pracovišti hybridní vodou stabilizovaný plazmový hořák WSP-H. Jeho extrémně vysoká entalpie umožňuje zpracování velkých objemů prášků. Efektivita procesu je nicméně závislá jak na vlastnostech výchozí suroviny, tak vlastnostech plazmatu, které lze v širokém rozmezí řídit.

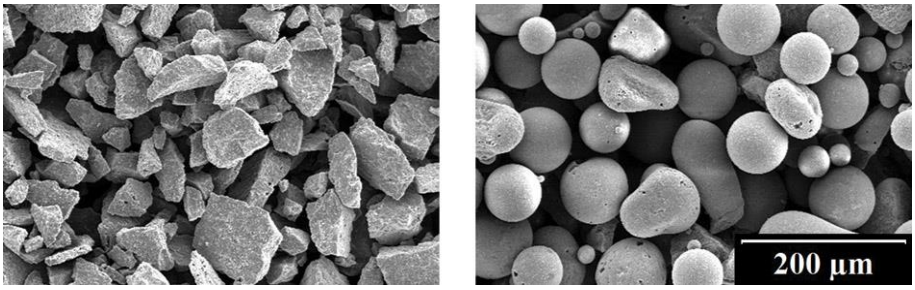
Práce bude zaměřena na mapování závislosti charakteru výsledného produktu na parametrech sferoidizačního procesu.

Cíl práce:

Provést sferoidizaci vybraných prášků a charakterizaci výsledného produktu.

Klíčová slova:

Plazmové stříkání, granulometrie, obrazová analýza, fázové složení.



Prášek Al_2O_3 před a po sferoidizaci v plazmatu. Archiv ÚFP AV ČR.

Název:

Vliv tepelného zatížení na mikrostrukturu plazmových nástřiků

Vedoucí: Radek Mušálek

Stručná synopse:

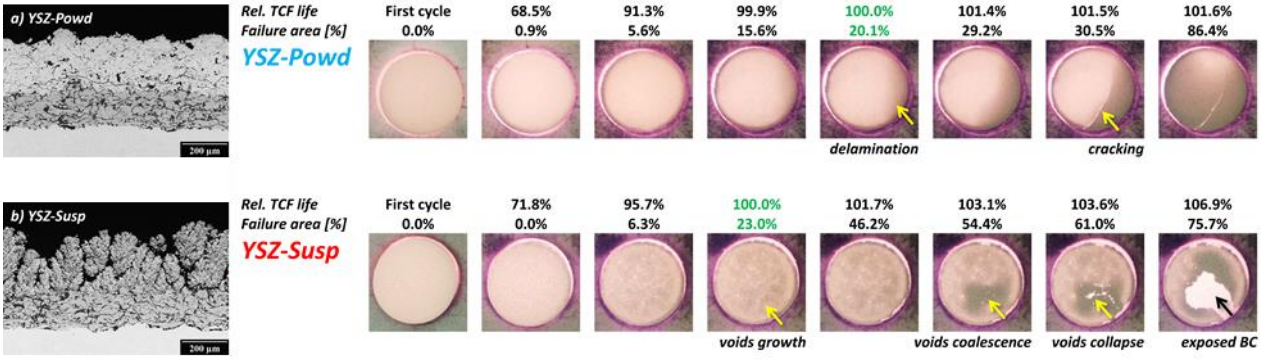
Materiály připravené plazmovým stříkáním se často uplatňují ve velmi agresivních prostředích (například ve sklářských pecích, proudových motorech, apod.) jako takzvané tepelné bariéry. Vlivem extrémních podmínek ale může dojít k jejich degradaci (nežádoucí slinutí lamelární mikrostruktury, korozní napadení, apod.). Problémem je nejen vysoká teplota, ale také opakované tepelné cyklování, přístup kyslíku či agresivního prostředí, což degradaci dále urychluje.

Cíl práce:

Pro vybrané plazmové nástřiky simulovat teplotní případně korozní zatížení a kvantifikovat změnu mikrostruktury materiálů v závislosti na podmínkách tepelné expozice či na agresivitě prostředí.

Klíčová slova:

Materiálografie, fázové složení, vysokoteplotní materiály, koroze, teplotní cyklování.



Vývoj poškození nástřiku tepelné bariéry při teplotním cyklování (max. teplota 1100 °C). Archiv ÚFP AV ČR.

Název:

Plazmově stříkané tvarované skořepiny

Vedoucí: Radek Mušálek
Školitel specialista: Jan Medřický

Stručná synopse:

Technologie hybridního plazmového hořáku WSP-H vyvinutá na Ústavu fyziky plazmatu AV ČR umožňuje efektivní depozici velkoobjemových plazmových nástřiků. Depozicí nástřiku na dočasnou formu je možné připravovat i unikátní tenkostěnné keramické skořepiny, které by se při tradičním výpalu zbortily. Připravené skořepiny se mohou přímo použít například ve vysokoteplotních pecích, metalurgické nebo ve sklářské výrobě. Jejich použití je ale limitováno poměrně jednoduchými tvary, které je možné v současné době připravovat.

Cíl práce:

Testovat depozici keramických skořepin na formy s pokročilou geometrií, charakterizovat mikrostrukturu případně lokální vlastnosti nově připravených skořepin.

Klíčová slova:

Plazmové stříkání, skořepiny, keramika

Plazmově stříkané skořepiny připravené na ÚFP AV ČR pomocí technologie WSP-H.

Název:

Oxidační odolnost komplexních žáruvzdorných slitin

Vedoucí: Monika Vilémová

Stručná synopse:

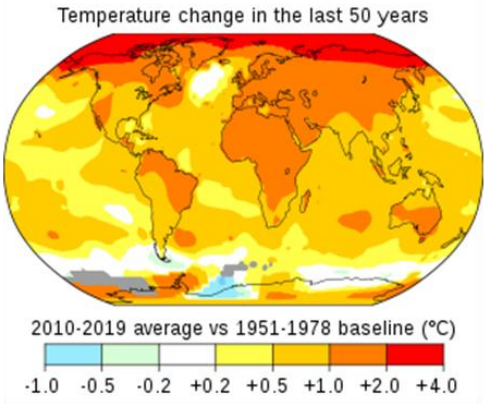
Jednou z nejdůležitějších priorit udržitelné společnosti je ochrana životního prostředí. Bezemisní zdroje elektrické energie jsou klíčové technologie, které umožní snížit množství vypouštěného CO_2 a zároveň dodají dostatečné množství elektřiny potřebné k fungování společnosti bez omezování jejího rozvoje. Mezi nejslibnější technologie patří i jaderná fúze. Budoucí fúzní elektrárna musí splňovat přísné nároky na bezpečnost a to zejména na úroveň reziduální radiace konstrukčních materiálů. Ty musejí být vybírány tak, aby se při práci s nimi minimalizovala zdravotní rizika. Nejnovější koncept zajištění maximální bezpečnosti fúzních zařízení v případě nehodových událostí je založen na tzv. „chytrých" materiálech, které jsou schopny samy reagovat na podmínky havarijní expozice. Tímto konceptem lze zlepšit tzv. pasivní bezpečnost reaktorové nádoby např. při jejím porušení. Jedná se zejména o slitiny wolframu, které jsou schopny při styku s atmosférou vytvářet kompaktní ochrannou vrstvu, která působí jako účinná bariera proti šíření radiace z aktivovaného wolframu resp. aktivovaných oxidů.

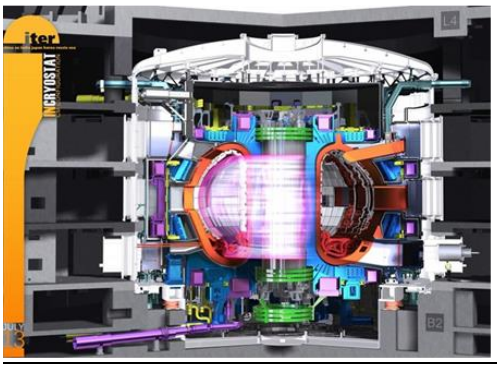
Cíl práce:

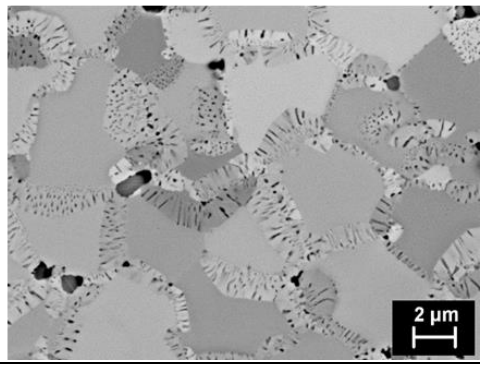
Cílem práce je vytvářet nové žáruvzdorné slitiny na bázi wolframu, studovat a vylepšovat jejich oxidační chování.

Klíčová slova:

Jaderná fúze, pasivní bezpečnost, wolframové slitiny, oxidace







Nahoře: Změna průměrné teploty za posledních 50 let (zdroj Wikipedie), Vlevo dole: Schematický průřez fúzním reaktorem se zažehnutým plazmatem (zdroj ITER), Vpravo dole: mikrostruktura W-Cr slitiny připravené na ÚFP AV ČR metodou SPS.

Název:

Sintrování multikomponentních slitin vytvrzených nitridy

Vedoucí: František Lukáč

Stručná synopse:

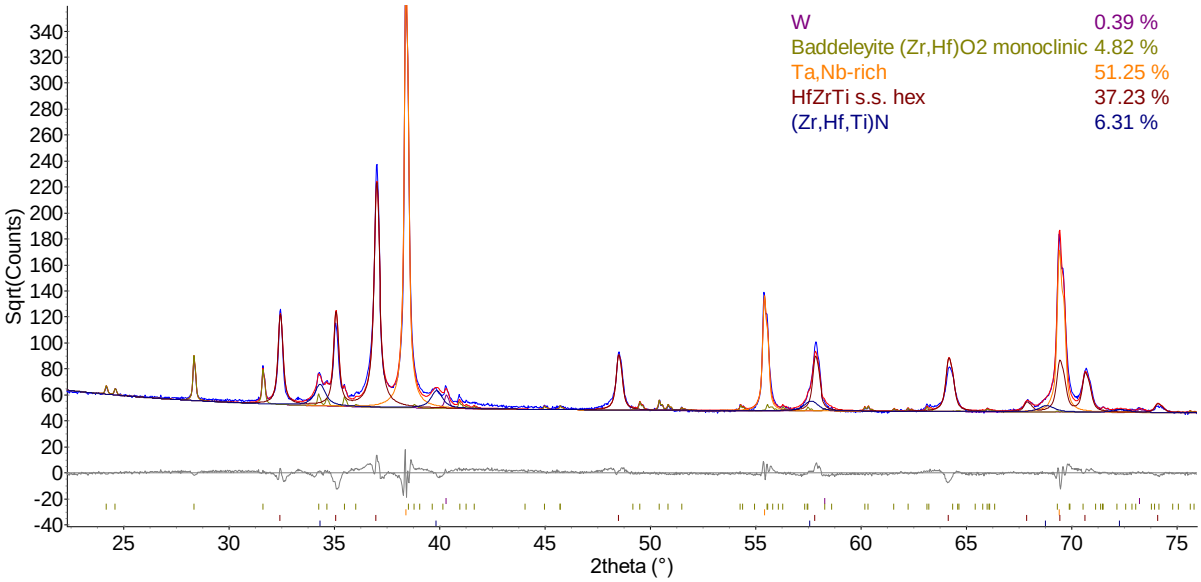
V poslední době se v oblasti zpracování materiálů dostává do popředí zpracování prášků tzv. vysokoentropických slitin více prvků s cílem dosažení zajímavé kombinace mechanických vlastností. Ukazuje se, že přítomnost dodatečných prvků má zásadní vliv na vytváření unikátních mikrostruktur, což se projevuje například při kontrolovaném přidávání intersticiálních prvků (H, C, O, N). Práce bude mít za cíl přípravu vzorků pomocí sintrování elektrickým proudem a tlakem z prášků připravených v kulovém mlýně mechanickým legováním. Následná analýza mikrostruktury pomocí rentgenovské difrakce a elektronové mikroskopie bude sloužit k optimalizaci procesu sintrování s cílem slitinu vytvrdit precipitáty sekundární fáze, nitridů a oxidů.

Cíl práce:

Detailní charakteristika fázového složení slitiny HfNbTaTiZr po sintrování v dusíkové atmosféře a její vliv na mechanické vlastnosti materiálu.

Klíčová slova:

Sintrování prášků, vysokoentropické slitiny, mechanické legování, fázová analýza



Difraktogram experimentální vysokoentropické slitiny připravené metodou SPS na ÚFP.

Název:

Příprava pokročilých materiálů pro palivové články s pevným elektrolytem pomocí plazmového stříkání a slinování v proměnlivém elektrickém poli

Vedoucí: Andrii Rednyk

Stručná synopse:

Palivové články s pevným elektrolytem (SOFC) jsou elektrochemická zařízení pro výrobu elektřiny z paliva (vodík, uhlovodíky, atd.) bez využití spalovacího procesu. SOFC jsou jedním z ekologických způsobů výroby elektřiny (vedlejšími produkty jsou pouze voda a kyslík), a proto mohou v budoucnu nahradit konvenční způsoby výroby elektřiny, jako jsou spalovací motor, tepelné a jaderné elektrárny, atd.

SOFC buňka je složena z několika funkčních prvků: katoda, anoda a pevný elektrolyt. Elektrody jsou vyrobeny z kovokeramických materiálů (Ni-YSZ) a pevný elektrolyt je většinou vyroben z keramiky (YSZ). K experimentální přípravě těchto materiálů používáme na našem pracovišti pokročilé metody, jako jsou plazmové stříkání a také slinování v proměnlivém elektrickém poli (Spark Plasma Sintering, SPS). Tyto metody jsou ve srovnání s klasickými metodami přípravy funkčních materiálů pro SOFC rychlé a ekonomicky výhodné.

Práce se zaměří na přípravu a charakterizaci nových funkčních materiálů pro SOFC.

Cíl práce:

Příprava elektrody a elektrolytu pomocí plazmového stříkání a SPS. Charakterizace a elektrochemické zkoušení připravených materiálů.

Klíčová slova:

Palivové články s pevným elektrolytem, plazmové stříkání, slinování v proměnlivém elektrickém poli - SPS.

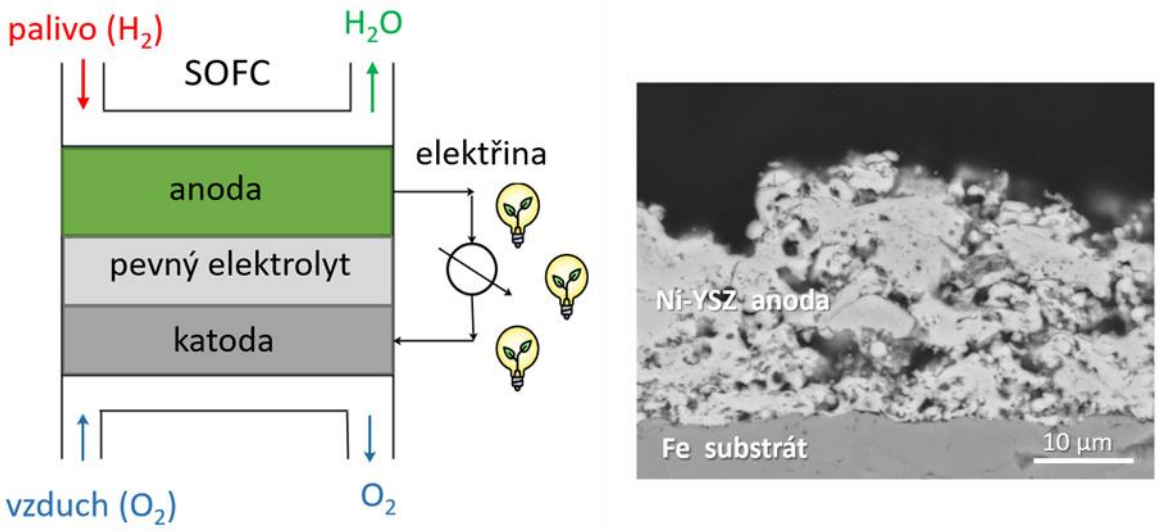


Schéma principu SOFC buňky (vlevo); experimentální anoda připravená plazmovým stříkáním s pomocí technologie WSP-H (vpravo).

Název:

Magnetismus nekovových prášků slinutých v elektrickém poli pomocí SPS

Vedoucí: Pavel Ctibor
Školitel specialista: Josef Sedláček (FEL ČVUT)

Stručná synopse:

I nekovové materiály mohou vykazovat magnetické vlastnosti. Takovéto slitiny se nazývají ferimagnetika. V rámci úvah, jak zlevnit, zrychlit a zpřesnit jejich výrobu by stálo za prozkoumání uplatnění zařízení SPS, které umožňuje velmi rychlý ohřev a zabraňuje tak přehnanému růstu zrn při slinování, takže mikrostruktura zůstává velmi jemná. Rozměr zrn má zásadní vliv na pohyblivost tzv. magnetických domén a tím i na vlastnosti magnetického materiálu. Bude potřeba vypořádat se s výzvami, jež dosud nikdy nebyly u nás řešeny – pozměněnou geometrií vzorků v procesu SPS, nalezením přípustné úrovně kontaminace vzorků ferimagnetika uhlíkem z SPS aparatury, měřením magnetických vlastností na vzorcích s různou velikostí zrna.

Cíl práce:

Slinout pomocí SPS prášek ferimagnetického materiálu a prostudovat jeho strukturu a vlastnosti.

Klíčová slova:

Ferimagnetika, slinování, velikost zrn, permeabilita

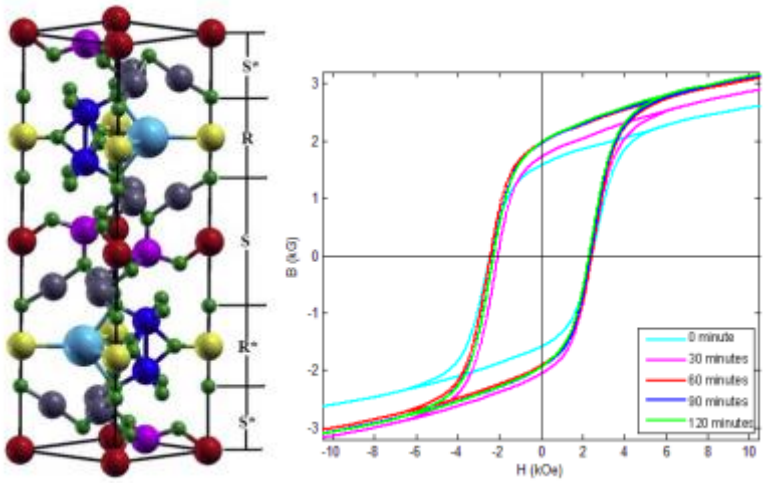


Schéma atomové mřížky hexaferitu $BaFe_{12}O_{19}$ (vlevo) a naměřené hysterezní smyčky.

(převzato z N. Idayanti, T. Kristiantoro, A. Septiani, I. Kartika, Magnetic properties of barium ferrite after milling by high energy milling (hem), MATEC Web of Conferences 101, 2017)

Název:

Vrstvy s redukovanou teplotní roztažností připravené technologií nadzvukové kinetizace

Vedoucí: Jan Čížek

Stručná synopse:

Depozice ochranných či funkčních vrstev pomocí inovativní technologie kinetického nanášení za studena je novinkou ve sféře povrchového zpracování pokročilých materiálů. Jedněmi z výhod této technologie jsou například

- nízké procesní teploty ve srovnání s generačně staršími technologiemi (plazmové nanášení, HVOF, nanášení obloukem).
- reziduální tlaková pnutí v naneseném depozitu, zvyšující např. mez únavy či mechanické vlastnosti
- nejvyšší adhezní přilnavost depozitů, přesahující i 100 MPa

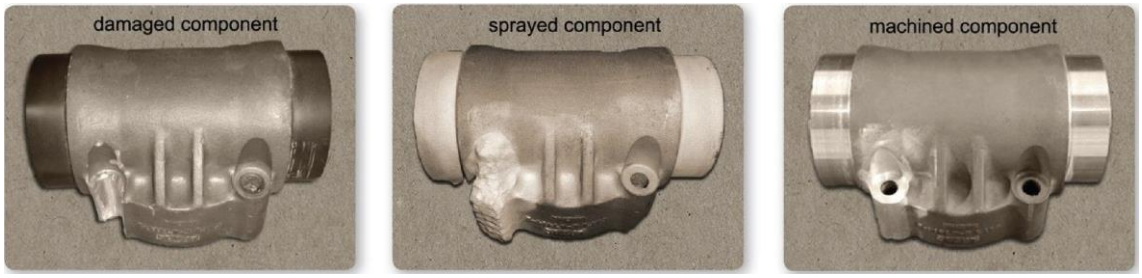
Vzhledem k těmto výhodám umožňuje technologie - jako jediná z této skupiny - i jiné využití: opravy poškozených, staticky i dynamicky namáhaných součástí (např. součásti rotorů, ozubená kola, hřídele). Pro takové použití se z praktického hlediska jeví jako velice zajímavá možnost přizpůsobení koeficientu tepelné roztažnosti doplňovaného materiálu.

Cíl práce:

Cílem práce bude s využitím technologie kinetického nanášení deponovat připravené směsi zvoleného kovu a různých obsahů sloučeniny ScF_3, která vykazuje negativní tepelnou roztažnost, charakterizace mikrostruktury těchto depozitů a měření koeficientu tepelné roztažnosti těchto depozitů. V práci je počítáno se zahraniční spoluprací (Německo, technologie nadzvukové kinetizace).

Klíčová slova:

Cold spray, nadzvuková kinetizace, teplotní roztažnost, opravy komponent, 3D tisk.



Příklad oprav komponent technologií nadzvukové kinetizace.

Název:

Bioaktivní vrstvy slitin Ti připravené na implantátech s nízkým elastickým modulem technologií indukčně vázaného plazmatu RF-ICP

Vedoucí: Jan Čížek

Stručná synopse:

RF-ICP (radiofrekvenční indukčně vázané plasma) je nová, v ČR zcela ojedinělá technologie, určená k přípravě povrchových vrstev na substrátech. Díky svým specifikům (např. možnost kontrolované atmosféry) bylo navrženo její budoucí využití mj. na přípravu vzorků pro bio-aplikace.

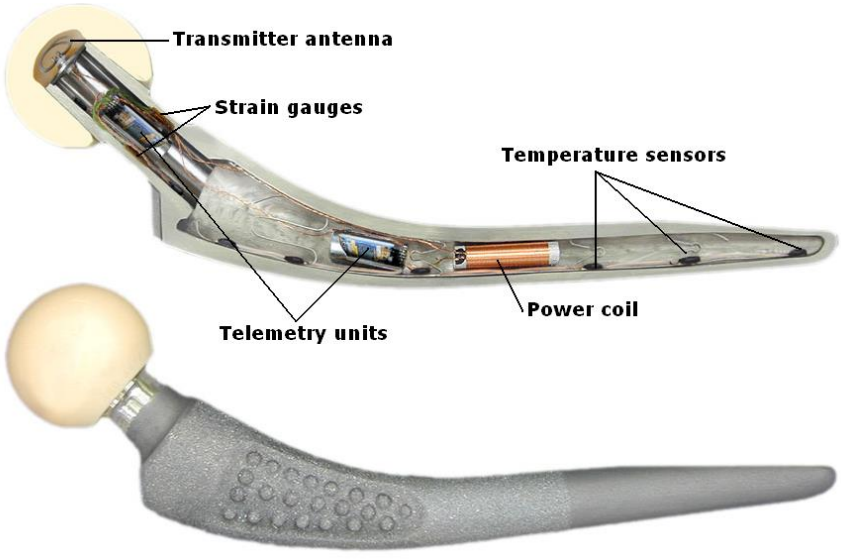
Kamenem úrazu mnohých náhrad pevných tkání (např. umělé klouby, kyčelní náhrady, apod.) je jejich příliš vysoký modul pružnosti, který může vést k ochabnutí původních okolních tkání a následnému uvolnění implantátu. Z tohoto důvodu je záhodno použít materiály s nižším modulem (ideálně kolem 30 GPa). Tyto materiály však často nevykazují dostatečnou biokompatibilitu a přistupuje se k modifikaci jejich povrchů, často nanesením vrstev specializovaných materiálů. Současné trendy pro takovéto povrchové vrstvy lze rozdělit do dvou základních skupin: bioaktivní keramiky, zejména na bázi sloučenin vápníku a fosforu (např. hydroxyapatit), a kovové slitiny, nejčastěji na bázi slitin Ti. Do druhé kategorie se řadí i slitina TiNbTaZr, která vykazuje potenciál nahradit dosavadního hegemona na tomto poli, slitinu Ti6Al4V (vanad vykazuje cytotoxicitu).

Cíl práce:

Cílem práce bude výroba prášku TiNbTaZr pomocí atomizace z ingotu, výběr vhodného materiálu pro implantát (s ohledem mj. na jeho modul pružnosti, ale i teplotu tavení, apod.) a následně vlastní depozice vrstev TiNbTaZr. V práci je počítáno s domácí (Ústav jaderných paliv, Praha Zbraslav, tavba ingotu) i zahraniční spoluprací (Německo či Itálie, atomizace prášku).

Klíčová slova:

RF-ICP, biomateriály, TiNbTaZr, žárové nanášení, nízký modul pružnosti.



Příklad moderní kyčelní náhrady se střední částí ošetřenou nástřikem bioaktivní keramiky.

Název:

Bioaktivní vrstvy slitin Ti připravené na implantátech s nízkým elastickým modulem technologií nadzvukové kinetizace

Vedoucí: Jan Čížek

Stručná synopse:

Depozice ochranných či funkčních vrstev pomocí inovativní technologie kinetického nanášení za studena je novinkou ve sféře povrchového zpracování pokročilých materiálů. Ve srovnání s generačně staršími technologiemi (např. plazmové nanášení, HVOF) poskytuje řadu výhod, mj. např. možnost nanášet kovové vrstvy bez oxidace či fázových přeměn. Díky těmto specifikům je zajímavé zkoumat i její potenciál pro bio-aplikace.

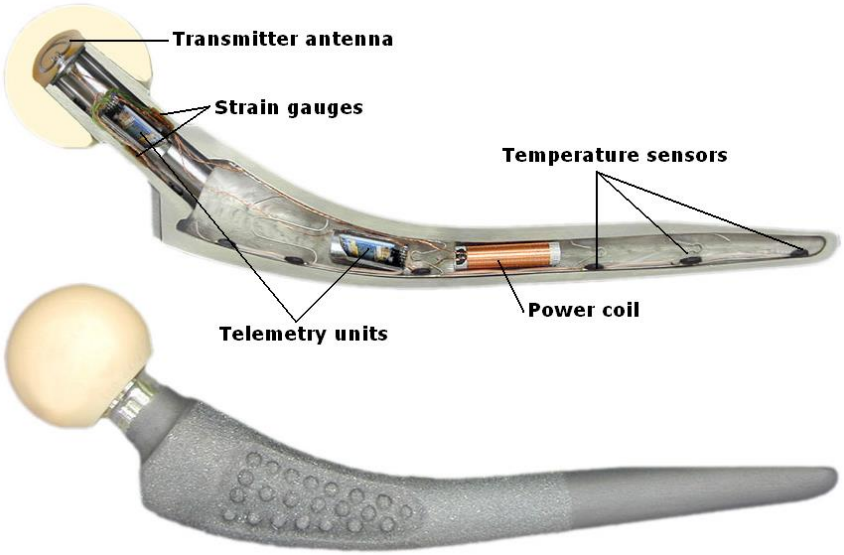
Kamenem úrazu mnohých náhrad pevných tkání (např. umělé klouby, kyčelní náhrady, apod.) je jejich příliš vysoký modul pružnosti, který může vést k ochabnutí původních okolních tkání a následnému např. uvolnění implantátu. Z tohoto důvodu je záhodno použít materiály s nižším modulem (ideálně 30 GPa). Tyto materiály však často nevykazují dostatečnou biokompatibilitu a přistupuje se k modifikaci jejich povrchů, často nanesením vrstev specializovaných materiálů. Současné trendy pro takovéto povrchové vrstvy lze rozdělit do dvou základních skupin: bioaktivní keramiky, zejména na bázi sloučenin vápníku a fosforu (např. hydroxyapatit), a kovové slitiny, nejčastěji na bázi slitin Ti. Do druhé kategorie se řadí i slitina TiNbTaZr, která vykazuje potenciál nahradit dosavadního hegemona na tomto poli, slitinu Ti6Al4V (vanad vykazuje cytotoxicitu).

Cíl práce:

Cílem práce bude výroba prášku TiNbTaZr pomocí atomizace z ingotu, výběr vhodného materiálu pro implantát (s ohledem mj. na jeho modul pružnosti) a následně vlastní depozice vrstev TiNbTaZr. V práci je počítáno s domácí (Ústav jaderných paliv, Praha Zbraslav, tavba ingotu) i zahraniční spoluprací (Německo či Itálie, atomizace prášku; Německo, technologie nadzvukové kinetizace).

Klíčová slova:

Cold spray, biomateriály, TiNbTaZr, nízký modul pružnosti.



Příklad moderní kyčelní náhrady se střední částí ošetřenou nástřikem bioaktivní keramiky.

Název:

Adhezní přilnavost vrstev podléhajících fenoménu intermixing připravených technologií nadzvukové kinetizace

Vedoucí: Jan Čížek

Stručná synopse:

Technologie žárového nanášení vrstev jsou osvědčenou skupinou procesů, při kterých je na danou součást nanesena ochranná či funkční vrstva pokročilých materiálů v tloušťkách od 100 μm. Klíčovým faktorem pro aplikační uplatnění takto upravených komponent je charakter a intenzita přilnutí vrstvy k substrátu.

Inovativní technologie kinetického nanášení za studena je ve sféře povrchového zpracování pokročilých materiálů novinkou. Ve srovnání s generačně staršími technologiemi (např. plazmové nanášení, HVOF) poskytuje řadu výhod, mj. např. možnost nanášet kovové vrstvy bez oxidace či fázových přeměn. Prvotní měření ukazují, že přilnavost vrstev připravených touto technologií je několikanásobně vyšší než u ostatních procesů z této rodiny.

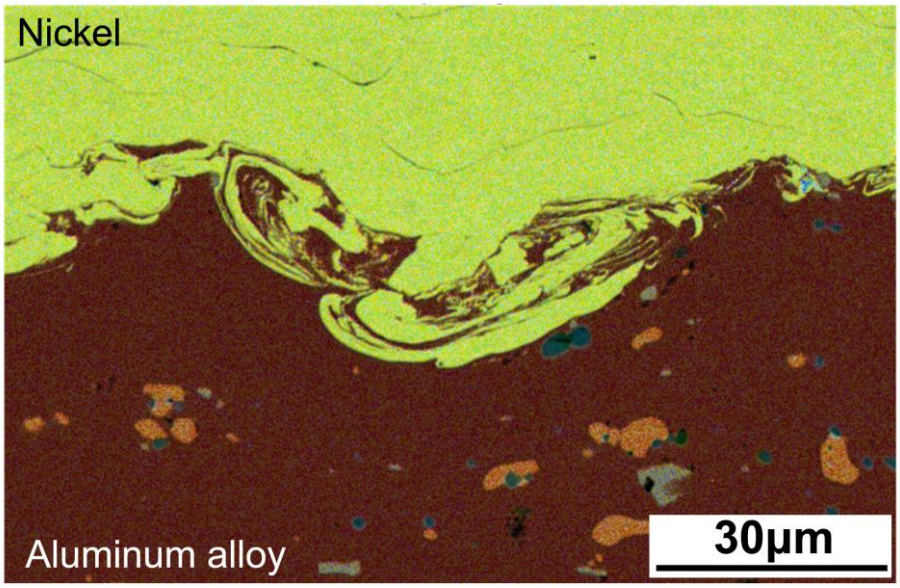
Nedávno byl u této technologie objeven fenomén „intemixing", kdy při určitých podmínkách depozice vznikají na rozhraní substrát-nástřik extrémní deformační zóny, přičemž dochází k naprosto ojedinělému prolnutí obou materiálů. Teoreticky by takové prolnutí mohlo přinést výrazné zvýšení přilnavosti deponovaných vrstev.

Cíl práce:

Cílem práce bude depozice zvoleného materiálu (nejspíše Al či Cu) na připravené podklady za dvou různých podmínek: jedny, které vedou k vyvolání fenoménu intermixing a druhé bez něj, charakterizace obou typů rozhraní pomocí elektronového mikroskopu a stanovení případného vlivu na přilnavost obou vrstev odtrhovou zkouškou. V práci je počítáno se zahraniční spoluprací (Irsko, technologie nadzvukové kinetizace).

Klíčová slova:

Cold spray, intemixing, adhezní přilnavost.



Ojedinělý fenomén intermixing (zde na rozhraní Ni-Al) u technologie nadzvukové kinetizace.