



# UJP PRAHA

Společnost UJP PRAHA a.s. se orientuje na vysoce specializované strojírenství s použitím vlastních špičkových technologií, které neustále vyvíjí a zlepšuje. Díky dlouhodobému a úspěšně rozvíjenému vlastnímu výzkumu a vývoji jsou výrobky i služby na špičce svých oborů.

Hlavními aktivitami společnosti UJP PRAHA a.s. jsou:

- Zdravotnické prostředky pro radioterapii
- Vývoj, navrhování a výroba obalových souborů pro přepravu jaderných materiálů a radioaktivních látek
- Speciální slitiny a pseudoslitiny
  - Slitiny zirkonia pro použití v jaderné energetice
  - Žárupevné niklové slitiny a superslitiny (lopatky spalovacích turbín apod.)
  - Titanové slitiny,
  - Wolframové pseudoslitiny pro stínění radioaktivity, zbrojní průmysl apod.
  - Ochuzený uran pro stínění radioaktivity
- Materiálové inženýrství - korozní experimenty a analýzy, analýzy konstrukcí, životnost a bezpečnost technologických celků
  - Zkoušky technologických uzlů
  - Posuzování havárií strojírenských konstrukcí
  - Řízené stárnutí konstrukčních celků
  - Korozní experimenty a modelování
- Sloučeniny uranu pro barvení skla a dalších použití
- Odlévání a další zpracování kovového ochuzeného uranu

## ZDRAVOTNICKÉ PROSTŘEDKY PRO RADIOTERAPII

Léčení nádorových onemocnění se v současné době opírá o tři hlavní metody:

- chirurgie,
- chemoterapie
- radioterapie

přičemž tyto tři hlavní terapeutické postupy se často kombinují. Radioterapie nádorových onemocnění je založena na účincích ionizujícího záření na živou tkáň, kdy dostatečně vysoké dávky záření jsou schopny inaktivovat a usmrcovat buňky.

Strategickým cílem radioterapie je selektivní likvidace nádorového ložiska při co nejmenším poškození okolních zdravých tkání. Do cílové oblasti je třeba zavést dostatečně vysokou dávku záření takovým způsobem, aby okolní zdravé tkáně nebyly enormně poškozeny. Úkolem radioterapie v klinické praxi je najít optimální kompromis mezi těmito dvěma protichůdnými požadavky.

Nejčastější způsob radioterapie je ozařování kolimovaným svazkem pronikavého záření z vnějšího ozařovače.

Jedním z nejpoužívanějších druhů záření pro radioterapii v současné době je především pronikavé záření gama vznikající rozpadem radioaktivního kobaltu  $^{60}\text{Co}$  (1173+1322 keV). Tento princip je v UJP PRAHA a.s. využíván při výrobě radioterapeutických ozařovačů.

Hlavního strategického cíle radioterapie - účinného selektivního ozáření nádorového ložiska při co nejmenším poškození okolních tkání - je dosahováno především dvěma faktory:

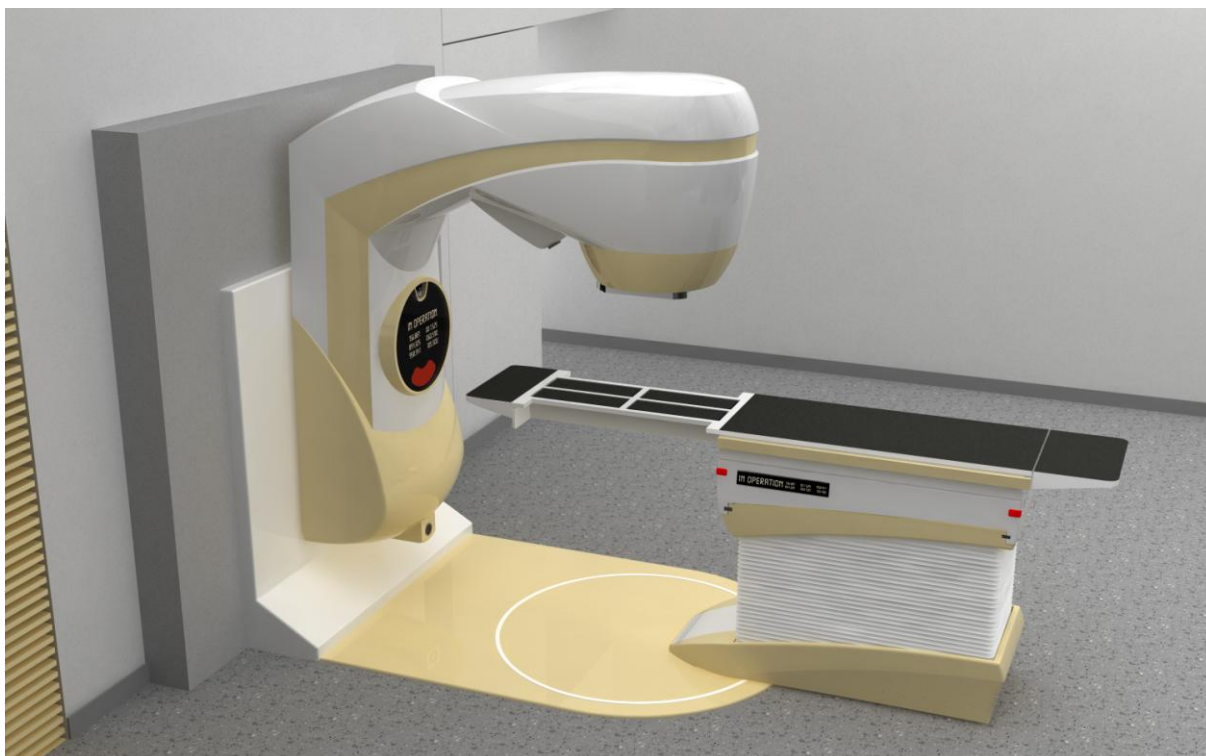
- Nádorové ložisko se ozařuje kolimovaným svazkem z více směrů tak, aby průsečík svazků, tj. ohnisko čili izocentrum, kde se dávky sčítají, bylo lokalizováno do místa tumoru. Okolní zdravé tkáně pak dostávají přiměřeně nižší dávku, rozdělenou na větší oblast.
- Nádorová tkáň, která je ve stavu intenzivního (patologického) buněčného dělení, je zpravidla citlivější k záření než tkáň zdravá. Používá se frakcionované ozařování, kdy se celková dávka rozdělí do většího počtu menších denních dávek, aplikovaných po řadu dní (cca 3-5 týdnů). Kumulativní biologický účinek na nádorovou tkáň je pak zpravidla vyšší než na zdravou tkáň, která má větší regenerační schopnost.

Tyto dva faktory ve většině případů umožňují dostatečně účinné a selektivní ozáření patologického ložiska. V klinické radioterapii vlastnímu ozařování pacienta vždy předchází náročný proces plánování radioterapie, jehož výsledkem je tzv. ozařovací plán, obsahující všechny konkrétní detaily ozařovacího procesu pro daného pacienta. Hlavním podkladem pro tvorbu ozařovacího plánu jsou podrobné rentgenové snímky ozařované oblasti - v současné době se jedná o snímky tomografické (CT). Tyto snímky slouží jednak pro přesnou lokalizaci nádorového ložiska spolu se stanovením jeho velikosti a tvaru, jednak jako podrobná anatomicko-denzitní mapa rozložení hustot tkání a umístění orgánů.

Při exaktním plánování radioterapie se používá simulátor - přístroj, který napodobuje celý proces ozařování a umožňuje jeho optimalizaci. Simulátor je diagnostický rentgenový přístroj se zesilovačem obrazu, jehož rentgenka je upevněna na otočném izocentrickém rameni a je vybavena systémem nastavitelných clon, umožňujících napodobení svazku záření takového, jaký se pak bude používat na vlastním terapeutickém ozařovači. Simulátor umožňuje lokalizaci cílového objemu a topometrii nádorových ložisek, zaměřování svazku paprsků a modelování geometrie polí a ozařovacích parametrů, zakreslení orientačních a referenčních bodů na těle pacienta.

Z těchto údajů a z požadované dávky záření v cílové tkáni (tato dávka závisí na druhu nádoru - na jeho radiosenzitivitě) se vypočítá intenzita, energie a geometrické parametry svazku záření, včetně přesného nastavení ozařovacích pozicí a úhlů, jakož i dělení dávky. Celý proces plánování a následné radioterapie může být automatizován za použití počítačového softwaru plánovacího systému, který zpracovává výchozí rtg obrazy, konstruuje isodosní křivky a počítá lokální dávky, vytváří ozařovací předpis. Software, které při vlastním ozařování řídí funkci a pohyby ozařovače ve vztahu k naplánovaným údajům se nazývá verifikační systém.

## OZAŘOVACÍ KOMPLET TERABALT



Mimo základní statické metody ozařování je kladen důraz na snadnou aplikaci známých druhů pohybových terapií s možností automatické simulace kyvu a verifikace nastavených a plánovaných hodnot ozáření. Stanice s verifikačním programem TERAgis propojená s řídicím počítačem zahrnuje mimo kontrolu nastavených parametrů i kontrolu použitých kódovaných příslušenství (t.j. klínů, pointrů, stínících bloků). Při nesouhlasně nastavených hodnotách s programem naplánované léčby nelze proces ozařování zahájit.

Výrobce pro komplet TERABALT zajišťuje i dodávku výpočetního plánovacího systému PLAN W 2000.

Vysoký stupeň řídicí úrovně ozařovacího kompletu urychlí a zkvalitní přípravu léčby pacienta a zcela vyloučí chybu obsluhy při nastavení přístroje pro ozařovací proces.

## RENTGENOVÝ SIMULÁTOR TERAsix,



### **OBALOVÉ SOUBORY PRO PŘEPRAVU, SKLADOVÁNÍ A UKLÁDÁNÍ JADERNÝCH MATERIÁLŮ A RADIOAKTIVNÍCH LÁTEK**

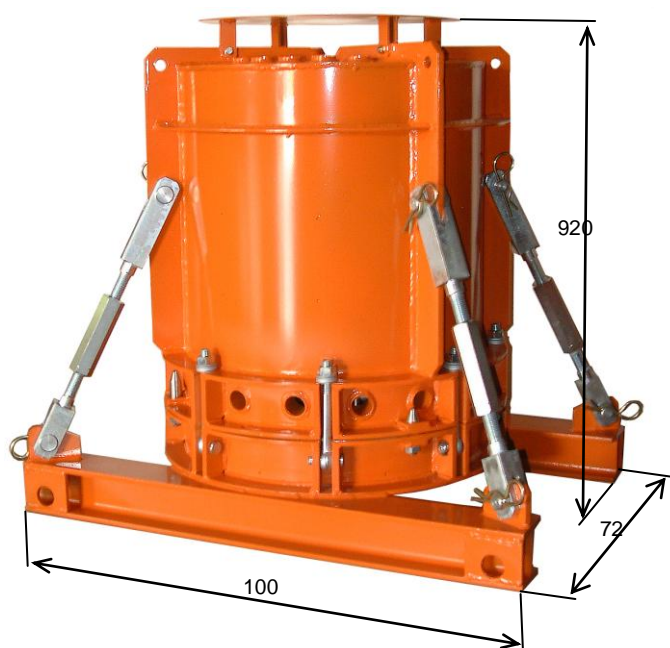
Společnost UJP PRAHA a.s. má díky svým činnostem v oblasti materiálového výzkumu a světově ojedinělém výrobním potenciálu pro hutnické zpracování a mechanické opracování ochuzeného uranu, dlouholeté a bohaté zkušenosti s vývojem, konstrukcí a vlastní výrobou obalových souborů.

UJP PRAHA disponuje nejširším sortimentem obalových souborů v republice a je uznávaným světovým výrobcem, jehož výrobky jsou v hojné míře využívány přepravci k transportu jaderných materiálů a radioaktivních látek lodní, silniční, železniční i leteckou dopravou. Obalové soubory z produkce UJP PRAHA jsou rovněž využívány ke skladování radioaktivních látek o vysoké aktivitě. UJP PRAHA a.s. má ve svém výrobním programu zařazeno 16 různých typů obalových souborů určených pro přepravu vysoceaktivních radionuklidových zářičů. Dále má ve svém výrobním programu zařazeny přepravní a skladovací bedny pro přepravu a skladování nízkoaktivních jaderných materiálů a radioaktivních látek.

Obalové soubory vyvíjené a vyráběné v UJP PRAHA a.s. jsou speciální obaly určené k bezpečné přepravě nebo skladování radioaktivních látek. Obaly splňují požadavky Mezinárodní agentury pro atomovou energii na radioaktivní zásilky typu IP, A nebo B(U) pro přepravu radioaktivních látek zvláštní formy i jiné než zvláštní formy. K bezpečnému odstínění radioaktivního záření je v obalech používán jako stínící materiál ochuzený uran, pseudoslitina wolframu, olovo, železo, polyetylen nebo parafin.

Všechny obalové soubory určené pro přepravu radioaktivních látek o vysoké aktivitě byly podrobeny 11 druhům zkušebních testům, z nichž většina má destruktivní charakter. Testy byly provedeny ve Zkušebně obalových souborů Litoměřice, Správy úložišť radioaktivních materiálů v souladu s požadavky Mezinárodní agentury pro atomovou energii a Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Na základě úspěšně vyhodnocených zkoušek bylo Státním úřadem pro jadernou bezpečnost vydáno jejich typové schválení, umožňující jejich používání. Typové schválení je časově limitováno a je nutné jej pravidelně obnovovat.

Zákazník si z nabídky vyvinutých a schválených obalových souborů může zvolit obal, který splňuje jeho požadavky a ten je pak na zakázku vyroben. Pokud není v nabídce vhodný obalový soubor, zadá své požadavky a UJP na zakázku zajistí vývoj, výrobu a schválení nového obalového souboru.



Obalový soubor UK 120, hmotnost 1225 kg



Obalový soubor NOS 1000, hmotnost 800 kg

## SLITINY A PSEUDOSLITINY

Slitiny a pseudoslitiny, produkované společností UJP PRAHA a.s., jsou speciální materiály, jejichž výrobě se společnost věnuje již několik desítek let a rozvíjí neustále jejich kvalitu. Díky úzké spolupráci s renomovanými firmami se daří neustále zlepšovat jejich vlastnosti a tím přispívat k rozšíření znalostí o nich.

Úsilí společnosti se soustřeďuje na speciální materiály do primárních okruhů jaderných reaktorů (slitiny zirkonia) a již několik desítek let přispívá do databáze KOROZE společně s AV ČR.

Dále se v nových výzkumných úkolech společnost věnuje výzkumu niklových žárupevných slitin a jejich přesnému lití. V neposlední řadě se velice progresivně vyvíjí program wolframových slitin s vysokou měrnou hmotností pro využití při stínění radioaktivního záření a ve zbrojním průmyslu.

### Zr-slitiny

## Vlastnosti povlakové trubky palivového elementu ze Zr-slitin



Povlaková trubka palivového elementu ze Zr-slitin (v případě lehkovodních reaktorů) je první bariérou proti úniku štěpných produktů z tablet  $\text{UO}_2$  do primárního okruhu jaderných elektráren. V podmínkách liberalizace trhu s elektřinou se zvyšují nároky na konkurenceschopnost a ekonomiku provozu jaderných elektráren při vysokém standardu jaderné bezpečnosti. Zvyšující se požadavky na spolehlivost jaderného paliva se zvyšujícím se vyhořením vyvolávají nutnost zlepšené predikce chování povlakových materiálů v reaktoru v normálních, abnormálních a havarijních stavech a na zlepšení výpočtových kódů pro modelování chování paliva.

UJP PRAHA a.s. se zabývá systematickým výzkumem povlakových trubek ze Zr-slitin již od r. 1972. V současnosti je výzkum zaměřen na dlouhodobé korozní vlastnosti Zr-slitin používaných v jaderné elektrárně Dukovany a Temelín v porovnání se slitinami používanými v západních reaktorech typu PWR. Údaje o tloušťce oxidu, obsahu vodíku ve slitině a vlastnostech oxidu, které se zkoumají pomocí nejmodernějších metod ve spolupráci s pracovišti VŠ a AV ČR jsou zaneseny do databáze KOROZE. Databáze obsahuje cca 50 000 údajů (max. expozice vzorků 1600 d).

Vyvinuté metodiky umožňují sledovat i změnu vlastností oxidu při teplotních přechodech voda-pára-voda a výsledky přispívají k pochopení mechanismu koroze. Publikované výsledky byly přijaty s příznivým výsledkem (USA, Park City, Tahoe). V oblasti chování palivových elementů v havarijních podmínkách je výzkum zaměřen na oxidační, creepové a termomechanické vlastnosti po vysokoteplotních přechodech typu LOCA. Výsledkem práce by měl být návrh konzervativního oxidačního kritéria závislého pouze na teplotním průběhu LOCA, které by zaručovalo minimální plasticitu povlaku (povlak by se neporušil při teplotním rázu a palivo po havárii by bylo možné vyvézt z reaktoru).

V oblasti nadprojektových havárií byly úspěšně v rámci 4. a 5. výzkumného programu EU otázky vzájemné reakce vodící trubky s regulačním elementem JE, rozpouštění tablety  $\text{UO}_2$  v taveninách (Zr, Fe) a (Zr, Ag) a oxidace slitin U-Zr-O, které vznikají při tavení palivových elementů.



Z výsledků vyplývá, že dochází k významným reakcím již při teplotách nižších než je  $1200\text{ }^\circ\text{C}$ , což je teplota maximálně přípustná pro havárie typu LOCA. Při oxidaci slitin U-Zr-O dochází k eskalaci teploty již při  $400 - 500\text{ }^\circ\text{C}$ , což způsobuje mnohem rychlejší oxidaci než oxidace povlakové trubky (až  $100\times$ ).

## NIKL

Na výzkumném pracovišti UJP PRAHA a. s. jsou ve spolupráci s První brněnskou strojírnou Velká Bíteš, a.s. řešeny tři oblasti:

- vývoj litých žárupevných a vysokoteplotní korozi odolných niklových slitin, které se používají pro odlitky extrémně namáhaných komponent zařízení ve sklářském průmyslu
- výzkum materiálových vlastností a tepelného zpracování žárupevných slitin pro využití technologie přesného lití lopatek a segmentů nosičů lopatek plynových turbin
- řešení problematiky optimalizace metalurgických procesů z hlediska četnosti výskytu a charakteru licích vad u odlitků vyrobených technologií přesného lití

Výzkumné a experimentální práce jsou vedeny tak, aby objasňovaly problematiku strukturních dějů probíhajících za vysokých teplot, vztahy mezi strukturou a mechanickými vlastnostmi. Základním cílem je získání dostatečných informací o strukturní stabilitě niklových slitin a o degradaci mechanických vlastností během dlouhodobého účinku teploty tak, aby vytvářely spolehlivou databázi údajů pro konstrukční řešení odlitků při jejich zavádění do technické praxe.

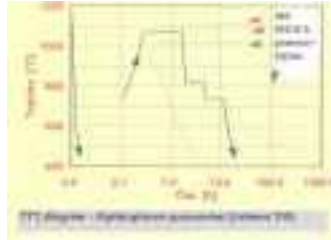


Schéma tepelného zpracování niklové superslitiny



Příklad odlitku vyrobeného technologií přesného lití na vytavitelný model (lopatka plynové turbíny vyrobená z niklové superslitiny)



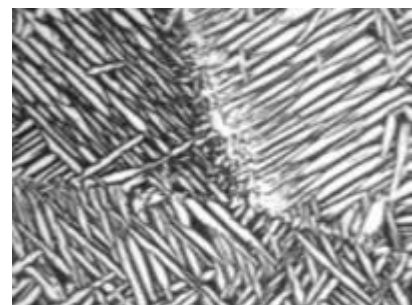
Příklad mikrostruktury niklové slitiny vytvrzené jemnými částicemi fáze gama

## TITAN

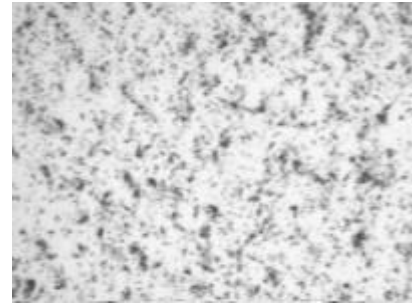
Oddělení výzkumu připravuje speciální titanové slitiny. Řeší se výzkumné projekty vedoucí k laboratorní a poloprovozní výrobě speciálních titanových slitin metalurgickou cestou a cestou práškové metalurgie. Hlavním cílem je zajištění výroby těchto slitin pro potřeby malých a středních zpracovatelů.

V současnost jsou připravovány za studena tvárné  $\beta$  slitiny pro využití při výrobě stomatologických a ortopedických implantátů - Ti38Nb a Ti35Nb5Ta. Kromě vlastního materiálového výzkumu provádíme i rozsáhlý biologický výzkum zaměřený na studium biokompatibility těchto materiálů.

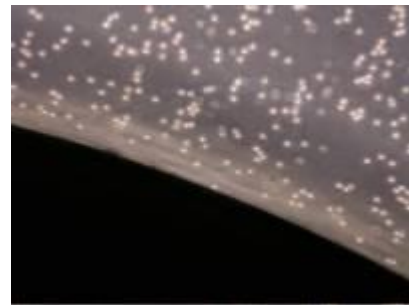
mikrostruktura  $\alpha$  slitiny titanu



mikrostruktura  $\beta$  slitiny titanu



video z testu biokompatibility slitin titanu (velikost 28 MB)



Poznámka: Biokompatibilitou rozumíme přijetí cizího tělesa organismem tak, že nedochází k jakýmkoli zdravotním či fyzickým újmám oproti původnímu stavu tkáně, orgánu, či organismu.

## WOLFRAM

Wolframové pseudoslitiny (Wolfram Heavy Alloys) jsou vyráběny práškovou metalurgií s následným tepelným zpracováním a tvářením - podle požadavků na vlastnosti finálního výrobku.

Základní složkou je wolfram, jehož obsah se pohybuje od 91 do 96 vah.%, je doplněn niklem, železem a kobaltem v různých poměrech.

Podle konkrétního použití se základní mechanické vlastnosti wolframových materiálů pohybují v následujících mezích:

Výchozí hodnoty slinutých materiálů

mez kluzu	$R_{p02}$	600 - 700 MPa
mez pevnosti	$R_m$	900 - 1000 MPa
tažnost	$A_5$	30 - 15 %

Hodnoty po tváření a tepelném zpracování

mez kluzu	$R_{p02}$	1000 - 1400 MPa
mez pevnosti	$R_m$	1200 - 1700 MPa
tažnost	$A_5$	15 - 5 %

Modul pružnosti wolframových materiálů se pohybuje od 320 do 400 GPa

specifická hmotnost  $\rho$  17,1 - 18,6 g/cm<sup>3</sup>



Pracoviště wolframových materiálů v UJP PRAHA a.s. v současné době vyrábí zejména součásti pro radiační stínění a onkologické ozařovače. V menších sériích pak průbojně podkaliberní penetrátory pro ráže 12,7 mm až 30 mm. Maximální rozměry slinutých polotovarů dané v současné době průměrem 360 mm a výškou 250 mm (maximální hmotnost 250 kg). Podstatné rozšíření možností tváření polotovarů s velkým poměrem délky k průměru je zajištěno moderním strojem pro rotační kování.

Wolframové pseudoslitiny v současnosti v různých oborech plně nahrazují užívání uranových slitin. Jejich předností je vynikající korozní odolnost, jsou dobře opracovatelné, nejsou ekologickou zátěží.

Využití je velmi variabilní, zahrnuje řadu průmyslových odvětví:

- výroba radiačního stínění, kontejnery pro přepravu radioizotopů, kolimační systémy pro onkologické ozařovače
- penetrátory probíjející vysoce pevné pancíře
- vyvažovací závaží v letectví
- vysoce tuhé držáky nástrojů s nízkou vibrační a vrtací tyče



[Výrobky z wolframových pseudoslitin](#)



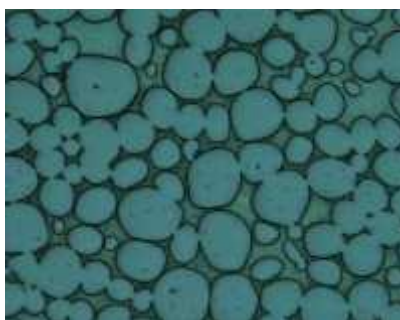
[Sekundární kolimační systém pro TERABALT](#)



[wolframové stínění CsAm 20](#)

[Technické informace \(PDF - 1,2 MB\)](#)

[Model průletu wolframové střely pancířem - animace \(3,3 MB\)](#)



# MATERIÁLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Obor materiálového inženýrství zahrnuje široký soubor mnoha velice exaktních a vysoce odborných odvětví. Cílem oboru je hlouběji poznat struktury materiálů, které se všeobecně používají pro strojírenské konstrukce a tím přispět k větší bezpečnosti konstrukcí. Dalším z mnoha oborů, ve kterém materiálové inženýrství hraje důležitou roli, je optimalizace strojírenských konstrukcí - optimalizace strojírenských konstrukcí umožňuje zjednodušit výrobu, snížit náklady na výrobu apod.

## Zkoušky technologických uzlů

Zkouškami technologických uzlů se rozumí oblast materiálového inženýrství zaměřená na rozbor stavu materiálu a stupně jeho provozního poškození dílů výrobních zařízení.

Zaměření výzkumných programů:

- sledování strukturních změn a změn mechanických vlastností při dlouhodobém účinku teploty (výzkumné projekty v rámci programu MPO "Konsorcia" a v rámci projektu 5. rámcového programu EU "XPECTION").
- rozbor korozních dějů v laboratorních podmínkách.

Průmyslové aplikace:

- posouzení stupně degradace materiálových vlastností a mikrostruktury a další provozuschopnosti technologických celků na konci plánované životnosti (parovody, kotle, produktovody).
- posouzení příčin zvýšeného provozního poškození dílů v důsledku nestandardních provozních podmínek, nalezení příčin, doporučení pro další provoz.
- optimalizace výběru materiálů a jejich tepelného zpracování při rekonstrukcích.

Příklady aplikací:

- parovody (Elektrárny Opatovice a.s.)
- stav a provozuschopnost velkokapacitních zásobníků chlóru (Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a.s.)
- stav a provozuschopnost velkokapacitních zásobníků propylenu (Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a.s.)



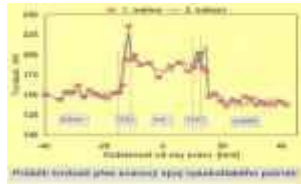
Zásobník pohonných hmot po dlouhé době provozu



Korozní poškození cisterny



Detail korozní trhliny



Měření průběhu tvrdosti přes svarový spoj

## Posuzování havárií strojírenských konstrukcí

Široká oblast expertizní činnosti zaměřená na hledání příčin vzniku poruch v materiálu, příčin nevyhovujících mechanických a fyzikálních vlastností provozovaných dílů a výrobků. Hledání příčin vzniku poruch a příčin nevyhovujících vlastností, doporučení pro zlepšení daného stavu.

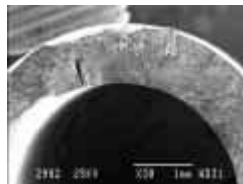
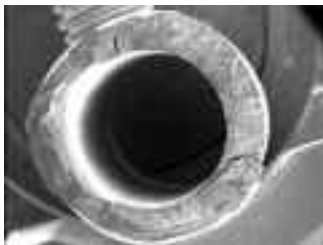
Pracovníci společnosti UJP PRAHA a.s. jsou oprávněni provádět expertízy na základě osvědčení ITI Praha, pobočka Jaderná energetika.

Zaměřené programy:

- určování příčin vzniku lomu u provozovaných dílů a výrobků na základě rozboru mikrostruktury, mechanických vlastností a fraktografické analýzy lomových povrchů
- vypracování soudně znaleckých posudků včetně oblasti jaderné energetiky
- určení příčin zvýšeného opotřebení dílů
- určení příčin nevyhovujících vlastností výrobků, optimalizace volby materiálu a tepelného zpracování
- materiálové atesty včetně dodávek pro jadernou energetiku

Příklady aplikací:

- atesty materiálových vlastností trub a svarových spojů (Modřanská potrubní, a.s.)
- příčiny havárií (vzniku trhlin) provozovaných



Příklad lomu vysokotlakého potrubí



Příklad lomové plochy - štěpné porušení



Korozní trhliny v potrubí



Interkrystalické trhliny v niklu (zařízení na výrobu louhu)



Ukázka havarovaného dílu

## Řízené stárnutí konstrukčních celků

Široká oblast expertizní činnosti zaměřená na hledání příčin vzniku poruch v materiálu, příčin nevyhovujících mechanických a fyzikálních vlastností provozovaných dílů a výrobků. Hledání příčin vzniku poruch a příčin nevyhovujících vlastností, doporučení pro zlepšení daného stavu.

Pracovníci společnosti UJP PRAHA a.s. jsou oprávněni provádět expertízy na základě osvědčení ITI Praha, pobočka Jaderná energetika.

Zaměření programů:

- určování příčin vzniku lomu (trhlin) u provozovaných dílů a výrobků na základě rozboru mikrostruktury, mechanických vlastností a fraktografické analýzy lomových povrchů
- vypracování soudně znaleckých posudků včetně oblasti jaderné energetiky
- určení příčin zvýšeného opotřebení dílů
- určení příčin nevyhovujících vlastností výrobků, optimalizace volby materiálu a tepelného zpracování
- materiálové atesty včetně dodávek pro jadernou energetiku

Příklady aplikací:

- atesty materiálových vlastností trub a svarových spojů
- příčiny havárií (vzniku trhlin) provozovaných dílů