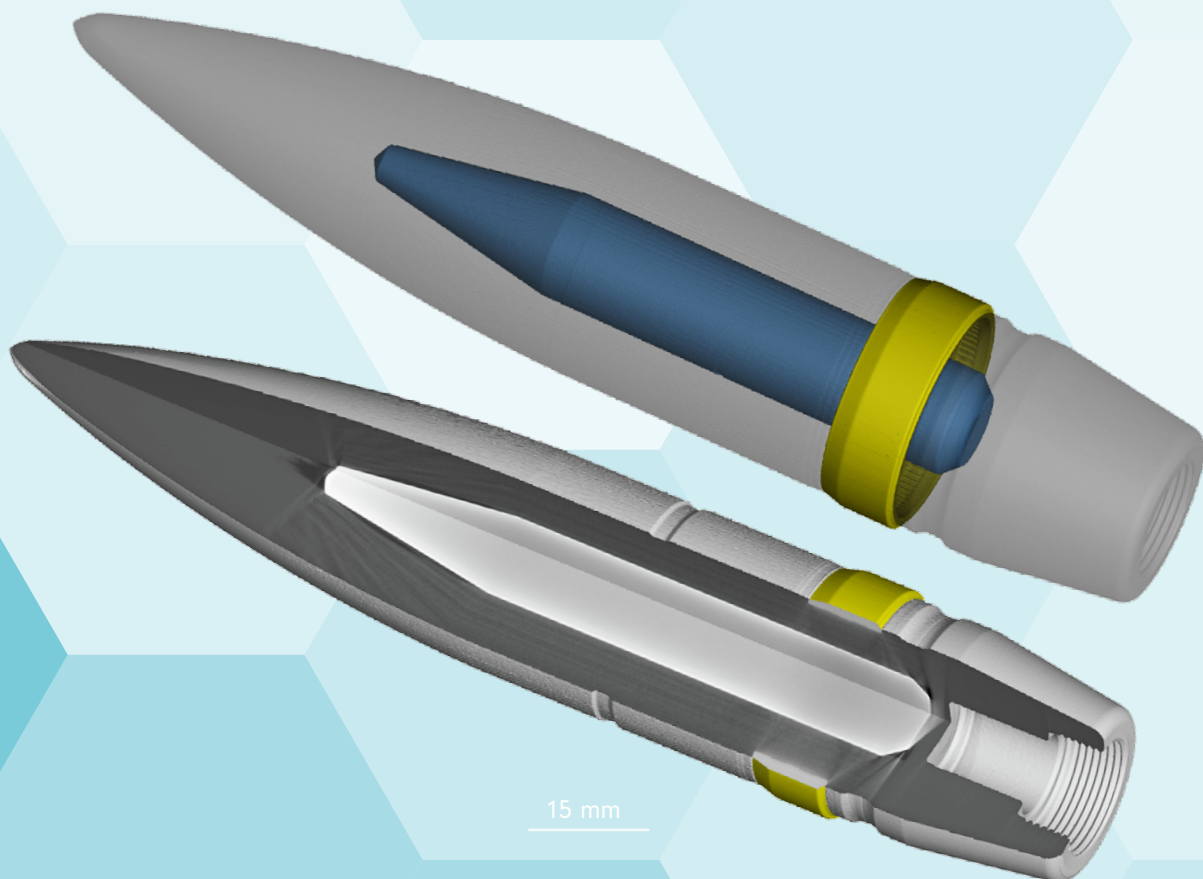




Sken průrazné střely na stránce 4

NEWSLETTER PODZIM 2020

Vážení příznivci počítačové tomografie,

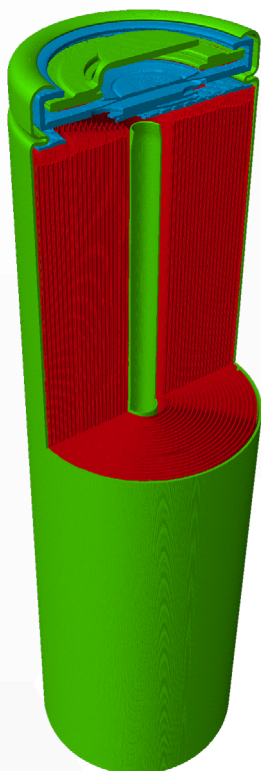
představujeme Vám nové číslo newsletteru Laboratoře rentgenové počítačové mikro a nano tomografie na CEITEC VUT v Brně a s ním i informace o aktivitách naší laboratoře. V tomto čísle se můžete dočíst o zajímavých analýzách, které jsme za poslední dobu na našich CT zařízeních provedli. Jedná se o analýzu lithium-iontové baterie, inspekci disku kola studentské formule či analýzu projektilu. V sekci Edukace Vám přiblížíme speciální metodu pro skenování širokých vzorků. V Novinkách si můžete přečíst o spolupráci s japonskou firmou Rigaku a novém produktu xy manipulátoru.

Přejeme Vám příjemné čtení!

Tomáš Zikmund
Vedoucí tomografické laboratoře

CT ANALÝZY

ANALÝZA LITHIUM-IONTOVÝCH BATERIÍ

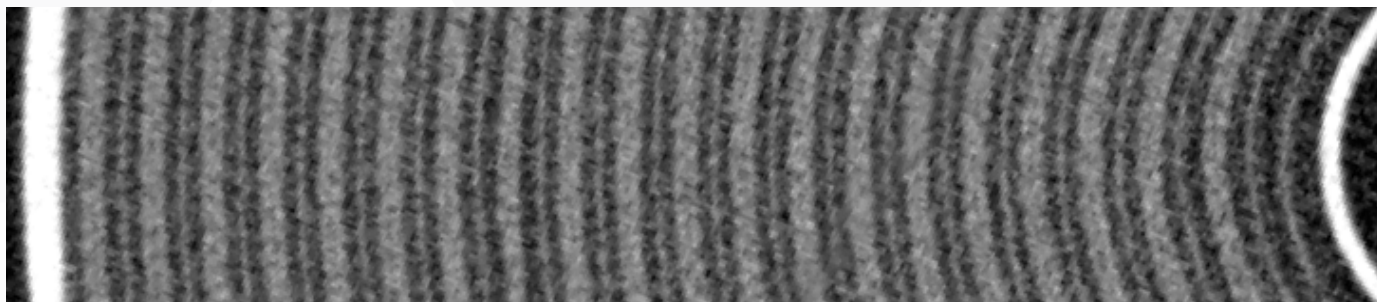


Obrázek 1: 3D render helikálního skenu baterie.

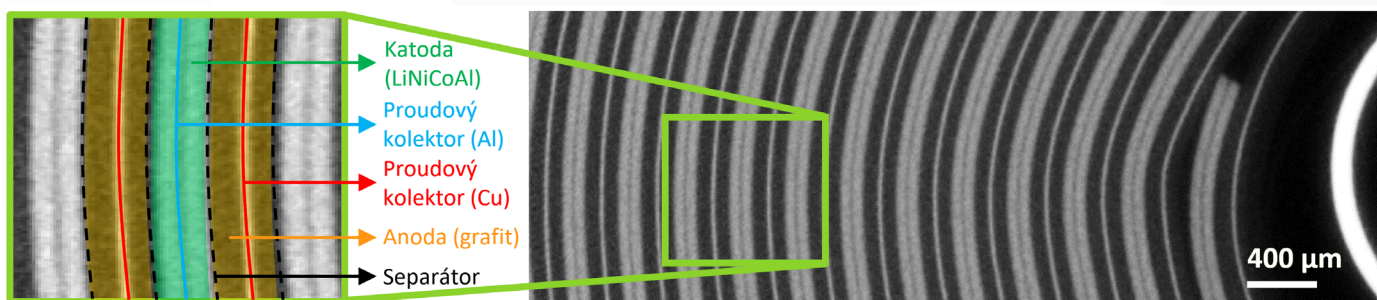
Lithium-iontové akumulátory (Li-Ion) jsou jedním z nejrozšířenějších druhů nabíjitelných baterií. Můžeme je potkat v mobilních telefonech, spotřební elektronice nebo v současnosti ve velmi rostoucím segmentu – elektromobilech. Současné akumulátory jsou schopny provést až stovky cyklů nabíjení a vybíjení, než dojde k jejich selhání. Pro sledování změn v morfologii, průběhu cyklu a analýzu defektů je výhodné použít metodu rentgenové počítačové tomografie, která umí zobrazit vnitřní strukturu baterie bez její destrukce (Obrázek 1).

V případě standardního cirkulárního skenu celé baterie je zorné pole detektoru zásadním omezením pro rozlišení CT dat. Lze měřit celou baterii (Ø18 x 65 mm) s nízkým rozlišením (Obrázek 2), které neumožňuje dostatečně rozlišit jednotlivé komponenty baterie, nebo s vyšším rozlišením změřit pouze malou část.

CT laboratoř na CEITEC VUT je vybavena unikátním přístrojem HeliScan, který s využitím helikální trajektorie skenování umožňuje analyzovat celou baterii s velmi vysokým rozlišením (lineární velikost voxelu až 8 µm), viz Obrázek 3. Lze tak rozlišit jednotlivé vrstvy elektrod, provádět přesná měření a získat komplexní informaci o akumulátoru, především o jeho morfologii a vnitřní struktuře, na které se projevují významné změny v důsledku cyklického nabíjení a vybíjení.



Obrázek 2: Příčný tomografický řez baterií. Výsledek mikro CT cirkulárního skenu celé baterie. Nízké rozlišení (lineární velikost voxelu 22 µm) snižuje přesnost analýzy.



Obrázek 3: Příčný tomografický řez. Výsledek helikálního měření na Heliscan. Vyšší rozlišení (lineární velikost voxelu 8 µm) umožňuje rozlišit jednotlivé komponenty elektrody v celém objemu baterie.

INSPEKCE KARBONOVÉHO DISKU Z FORMULE

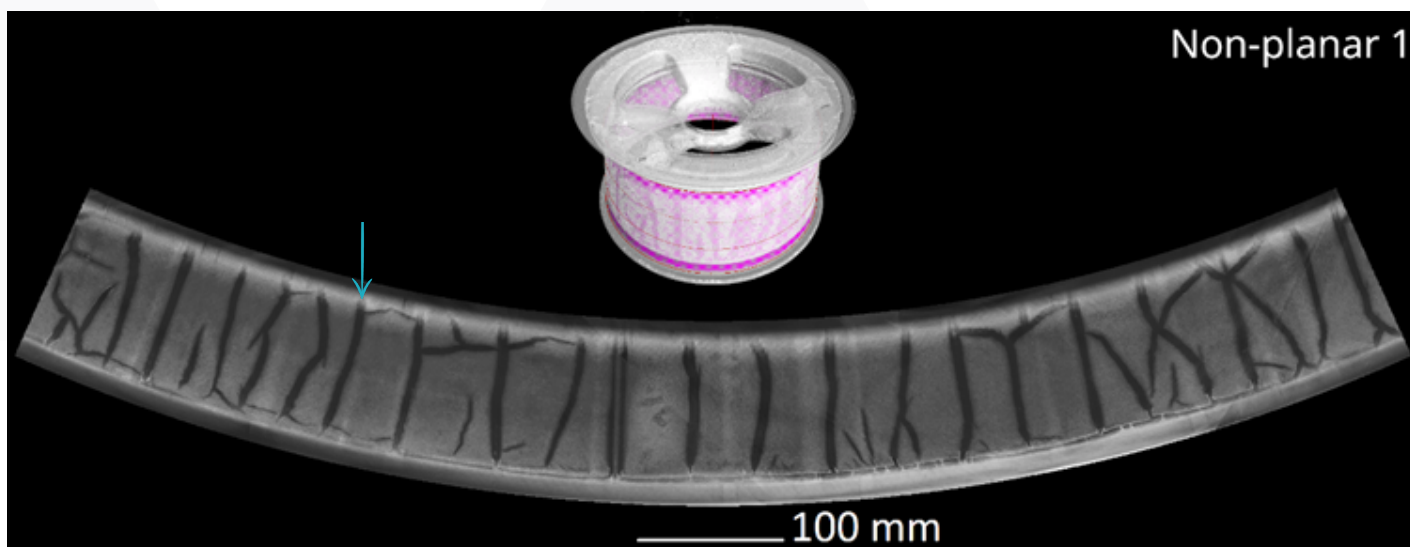
Soutěž Formula Student je celosvětový vzdělávací projekt technických univerzit. V rámci této soutěže studenti navrhují a staví jednomístný monopost formulového typu, se kterým se porovnávají na závodech po celém světě. Vzhledem k povaze soutěžních tratí je prioritou snižování hmotnosti, neodpružených hmot a momentů setrvačnosti. Z tohoto důvodu se tým na VUT rozhodl vyvinout vlastní disky kol z uhlíkových vláken.



Obrázek 4: 3D render snímaného disku.

Jednotlivé vrstvy tkanin jsou kladeny do vícedílné spojené formy, což umožňuje vyrobit disk v jednom kuse bez lepených spojů. Je ovšem nutné ověřit vnitřní strukturu materiálu, zda v disku není velké množství vzduchových kavit, které by měly za následek snížení tuhosti celého kola.

Z toho důvodu bylo jedno z kol analyzováno pomocí mikro CT. Celý 36 centimetrů velký disk byl nasnímán v rámci jedné akvizice na přístroji GE v|tome|x phoenix L240, který dokáže rozšířit zorné pole pomocí vychýlení detektoru (více v sekci Edukace). V naměřených datech byly nalezeny vzduchové kavity mezi vrstvami laminátu. Následný rozvin do kuželové plochy odhalil jistou pravidelnost v distribuci vzduchových kavit a pěnové výplně. Z dat je patrné, že k defektům dochází v místě spojů tkanin. Na základě tohoto zjištění dojde k úpravě výrobního procesu.



Obrázek 5: Non-planární tomografický řez plochou disku ukazující vzduchové kavity. Pozice původní nerozvinuté kuželové plochy je ukázána ve 3D renderu růžovou barvou.

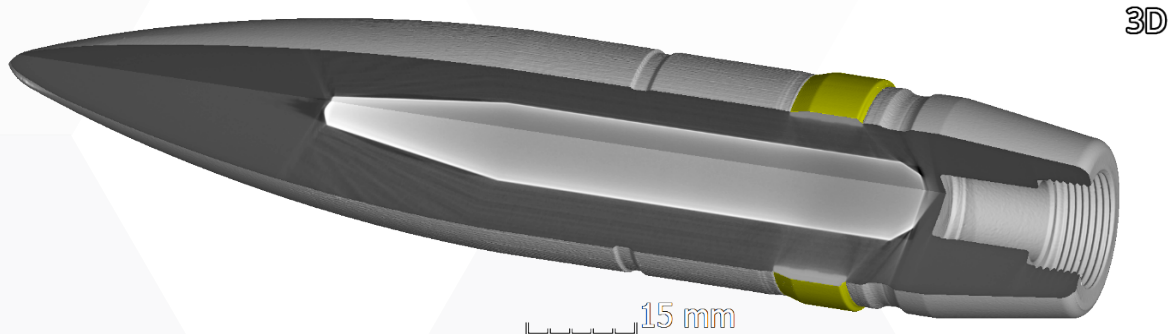
KONTROLA TĚŽIŠTĚ PRŮRAZNÉ STŘELY

Ne každá cesta vede k cíli, ne každá inovace je přínosem. Myšlenka výrobce střel s průbojným jádrem byla jednoduchá. Snížit pracnost, a s tím související časovou náročnost výroby střel pro průraznou munici ráže 30 mm s těžkým průbojným jádrem z pseudoslitiny wolframu, umístěném v duralovém těle střely. Inovativním prvkem ve výrobním procesu bylo v tomto případě použití rotačního kování při výrobě polotovaru náboje a spojení wolframového jádra s duralovým pláštěm. To přineslo značnou úsporu času v následném třískovém obrábění.

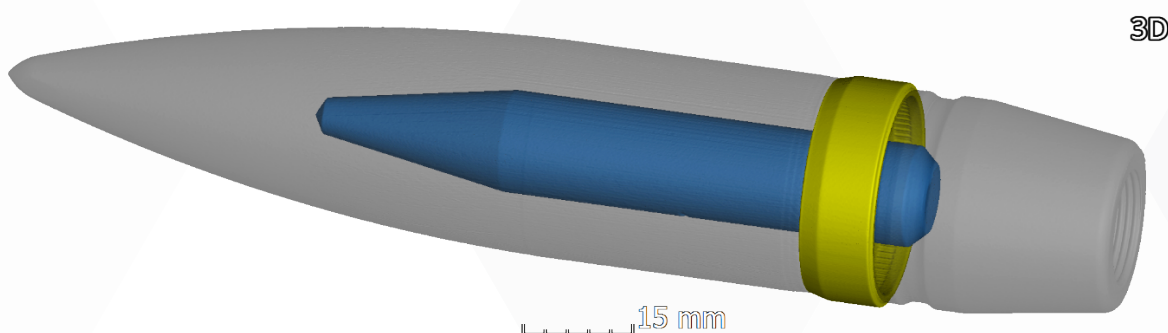


Obrázek 6: Reálné foto střely.

S touto technologií je však náročné splnit požadavky výkresové dokumentace. Střela totiž musí být především přesná a účinná. Hlavními parametry pro posouzení přesnosti výrobního procesu bylo stanovení těžiště celé sestavy a hodnota souososti duralového pláště s wolframovým jádrem. Analýza vybraných střel ukázala nadměrný rozptyl v obou sledovaných parametrech, což potvrdil i výsledek na střelnici.



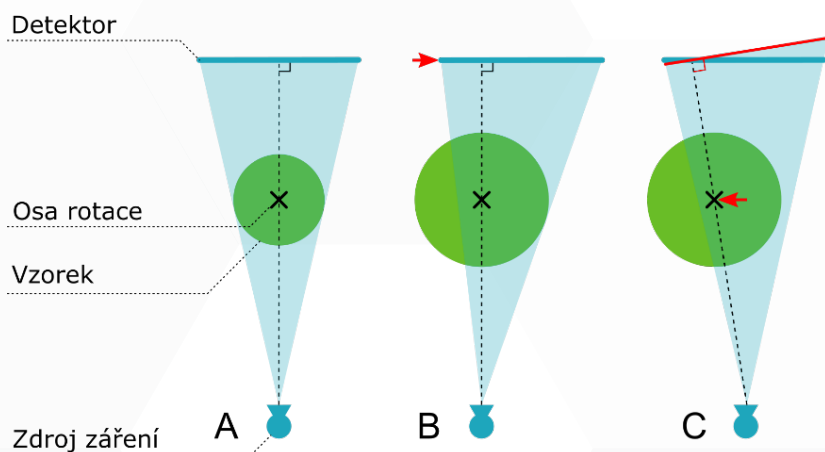
Obrázek 7: 3D render střely, na řezu lze vidět rozdíly v hustotě použitých materiálů.



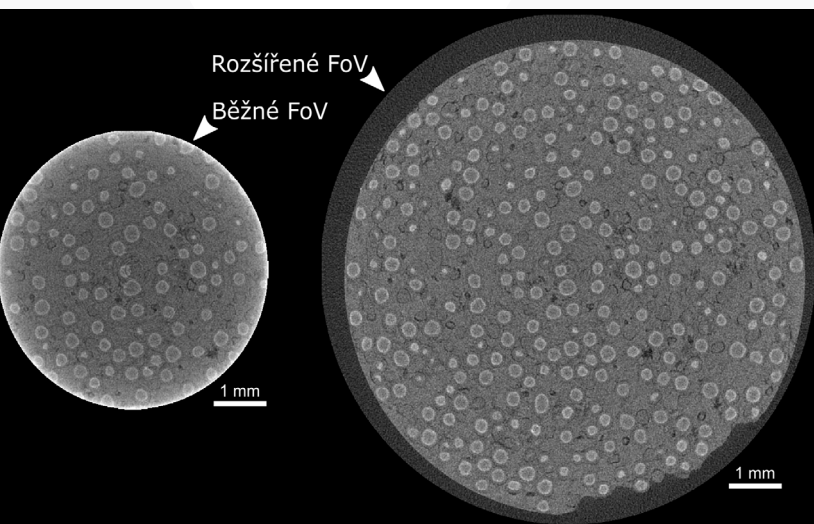
Obrázek 8: 3D render střely s jednotlivými komponenty: modrá – průbojné jádro z pseudoslitiny wolframu, žlutá – měděný těsnící kroužek, šedá – duralové tělo.

ROZŠÍŘENÍ ZORNÉHO POLE PRO ŠIROKÉ VZORKY

Výpočetní mikrotomografy a nanotomografy (μ CT a nCT) umožňují nedestruktivní měření s velmi vysokým prostorovým rozlišením, ale často vyžadují poměrně drobné vzorky. Velikost zorného pole (field of view, FoV) těchto přístrojů je dána velikostí použitého detektoru a dalšími charakteristikami, jako je například zvětšení. Omezení detektoru však lze překonat změnou měřicí geometrie a dodatečným zpracováním dat.



Obrázek 9: Pohled shora na běžné CT měření (A) a měření s rozšířeným zorným FoV pomocí posunutí detektoru (B) a AoR (C).



Obrázek 10: Srovnání tomografického měření tabletky s běžným (vlevo) a rozšířeným (vpravo) FoV.

FoV tomografu lze ve směru příčném na osu rotace vzorku (axis of rotation, AoR) poměrně jednoduše rozšířit, což je užitečné pro měření širokých vzorků. Hojně využívaná metoda příčného rozšíření FoV je založena na vychýlení detektoru či AoR do strany (obrázek 9) a snímání vzorku v úhlovém rozsahu 360° . Takto snímaná data obsahují dostatek informace pro plnohodnotnou rekonstrukci příčných řezů vzorkem za předpokladu, že AoR se stále nachází uvnitř FoV. Běžnou šířku FoV tak lze téměř zdvojnásobit. Některé rentgenové paprsky jsou během snímání zaznamenány dvakrát, zatímco jiné pouze jednou, což je korigováno v rámci zpracování dat po akvizici, kdy je zajištěn rovnoměrný příspěvek všech paprsků k výsledku.

Rozdíly v datech s vychýleným detektorem a s vychýlenou AoR je také nutné brát v úvahu – u mnohých běžně používaných CT přístrojů je kvůli jednodušší práci s daty preferována první varianta. Pokud je však vychýlena AoR, lze takto snímaná data digitálně pootočit (červená linie v obrázku 9C) a převést je tak na data s vychýleným detektorem. Výsledkem je technika, která zásadním způsobem rozšiřuje možnosti tomografických přístrojů. To ilustruje příklad v obrázku 10, kdy se vzorek nevejde do běžného FoV přístroje, avšak do rozšířeného FoV již ano.

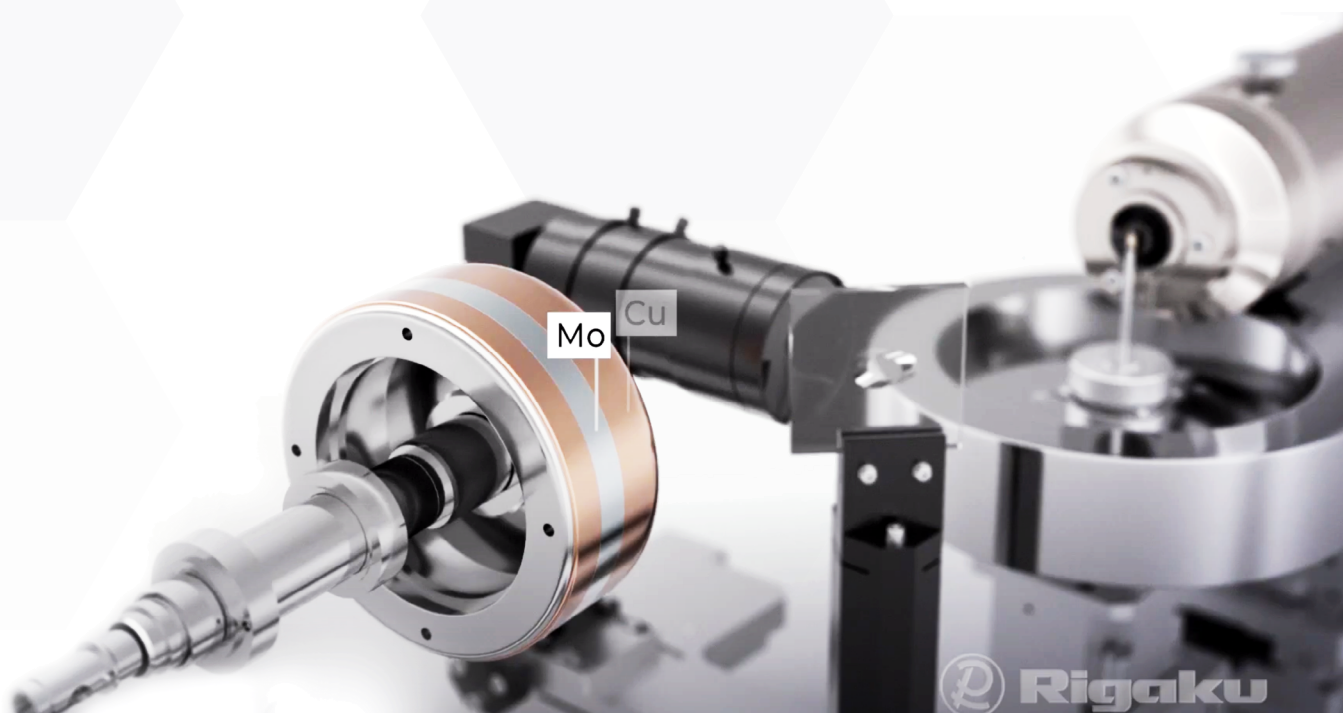
SPOLUPRÁCE S JAPONSKOU FIRMOU RIGAKU

Na jaře tohoto roku podepsali ředitel CEITEC Vysoké učení technické v Brně prof. Radimír Vrba a ředitel rentgenové výzkumné laboratoře firmy Rigaku Dr. Kazuhiko Omote novou darovací smlouvu s platností do roku 2022. Tato smlouva je výsledkem úspěšné dlouholeté spolupráce mezi Laboratoří rentgenové počítačové tomografie a japonskou firmou Rigaku. Na základě této smlouvy bude umožněno financování nákladů spojených se studijními pobyty našich studentů ve výzkumné laboratoři v japonském Tokiu. Vybraní studenti tak budou mít možnost zapojit se do vývoje rentgenových systémů, pokročilých zobrazovacích technik, a také softwaru pro tomografickou rekonstrukci.



Obrázek 11: Náš student s japonským týmem.

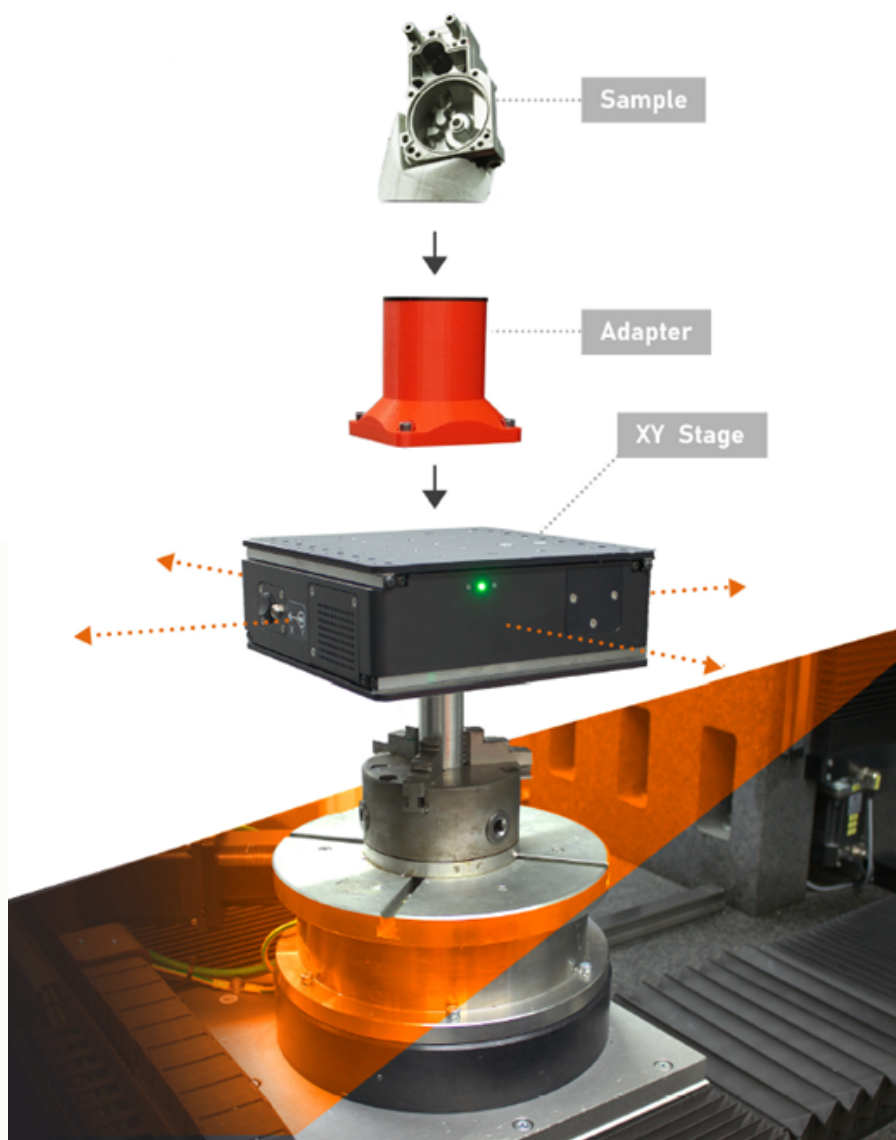
V souvislosti s tímto podpisem proběhla také rozsáhlá modernizace naší nanotomografické stanice Rigaku Nano3DX. Ta zahrnovala výměnu starého zdroje rentgenového záření za naprosto unikátní zdroj využívající bezkonkurenční technologie rotační anody se dvěma rozdílnými materiály (Dual-Target anoda). Naše laboratoř konkrétně zvolila kombinaci mědi a molybdenu, čímž bude umožněno skenování rozsáhlého materiálového a charakterového spektra vzorků od biologických, farmaceutických, až po vzorky z textilních materiálů. Touto modernizací bude dále umožněna praktická implementace metody duální tomografie, ať už pro redukci kovových artefaktů či hodnocení specifických vlastností studovaných vzorků.



Obrázek 12: Duální-Targetová anoda Rigaku.

XY MANIPULÁTOR

Naše laboratoř vyvinula nový unikátní xy manipulátor, který představuje řešení pro rychlé a správné upnutí vzorku při nedestruktivní analýze metodou rentgenové počítačové tomografie. Obvykle zdlouhavý proces hledání správného umístění vzorku do osy rotace přístroje je eliminován použitím bezdrátově řízeného posuvného stolku. Je ovládán z vnější strany ochranného kabinetu za pomoci joysticku. S plochou 220mm x 220mm, pohybem v rozsahu 100 mm, a nostností 10 kg manipulator splňuje většinu požadavků pro průmyslové aplikace.



Obrázek 13: xy manipulátor.

Upevnění vzorku je realizováno pomocí speciálního válcového adaptéru připevněného na horní část manipulátoru. Různé druhy adaptérů zvyšují variabilitu montáže vzorků, a také umožňují připojit i nejmenší vzorky blízko zdroje rentgenového záření.

Za účelem komercializace manipulátoru byla založena nová start-upová společnost nazvaná **CACTUX**. Prestižní časopis Metrology.news se o tom zmínil v článku „XY Translation Stage Provides μ CT Direct Center of Rotation“.

Díky inovativnímu konceptu ovládání a technickému řešení vyhrál manipulátor cenu CEITEC Innovation Entrepreneurship Award 2020 a získal grant Prototypuj a ověřuj od Jihomoravského inovačního centra.

KONTAKT

Ing. Tomáš Zikmund, Ph.D.
tomas.zikmund@ceitec.vutbr.cz
+420 541 142 846

www.ctlab.ceitec.cz
ctlab@ceitec.vutbr.cz
+420 541 149 867

CEITEC VUT
Vysoké učení technické v Brně, Středoevropský technologický institut
Purkyňova 656/123, 612 00 Brno