



NEWSLETTER JARO 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 unikátního golfového míčku, analýzu průsaku opěrky ve voze ŠKODA či analýzu svitku papyru. V sekci Edukace Vám přiblížíme metodu počítačové laminografie a pomůžeme nahlédnout do výzkumu zlomeniny holenní kosti. V Novinkách si můžete přečíst o aktuálním trendu, kterým je korekce vstřikovacích forem.

Přejeme Vám příjemné čtení!

Tomáš Zikmund
Vedoucí tomografické laboratoře

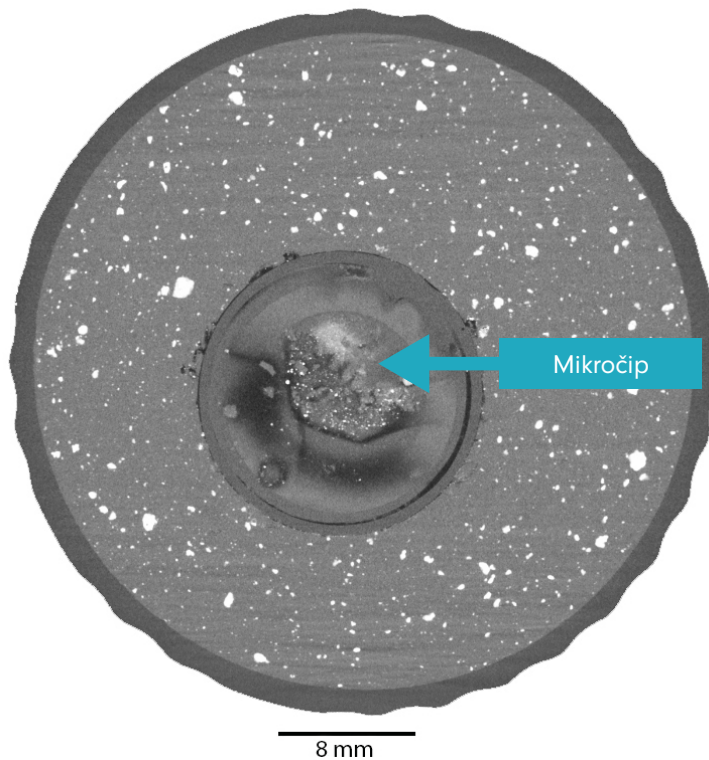


CT ANALÝZY

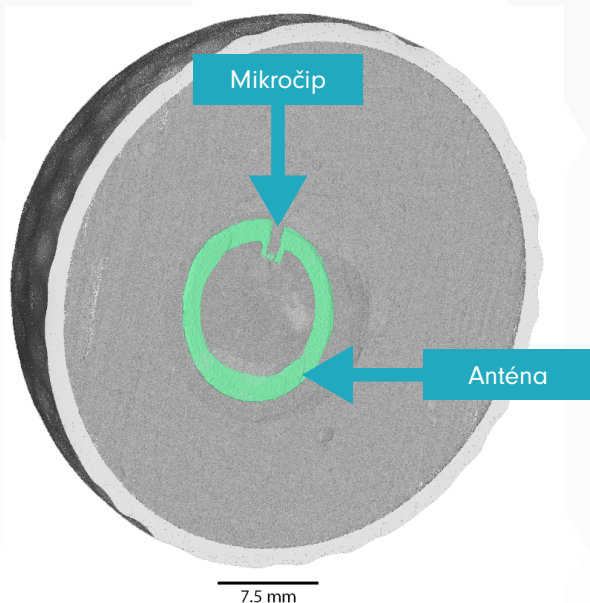
ANALÝZA UNIKÁTNÍHO GOLFOVÉHO MÍČKU

CT laboratoř měla možnost vyzkoušet si novou zábavnou formu golfu, se kterou přišla americká společnost Topgolf. Oproti klasickému golfu je tato hra plně spjata s moderními technologiemi a udržuje tak krok s dnešními trendy. Díky tomu může hráč sledovat trajektorii odpáleného míčku na digitální obrazovce. Body jsou hráči po dopadu míčku připisovány automaticky. Čím delší je let míčku a čím blíže míček dopadne k jednomu z terčů, tím je skóre vyšší.

Zajímalo nás, jaká technologie je ukryta uvnitř míčku, a proto jsme se rozhodli pro CT analýzu. Cílem naší analýzy bylo zjistit vnitřní strukturu, která by nám pomohla odhalit princip fungování topgolfu. Za tímto účelem se míček změřil na micro CT a proběhla analýza získaných dat. Bylo zjištěno, že je uprostřed míčku zalitý mikročip s anténou, který se podařilo detekovat i přes jeho malé rozměry. Za účelem lepšího zobrazení proběhla segmentace mikročipu a antény.



Obrázek 1: CT řez golfovým míčkem.



Obrázek 2: 3D zobrazení golfového míčku s vysegmentovaným RFID tagem.

Po krátké rešerši bylo zjištěno, že Topgolf využívá tzv. RFID technologii, která se skládá ze tří částí – RFID čtečky, antény a tagu. RFID tag umístěný v míčku se skládá z mikročipu a antény. RFID čtečky jsou rozmístěné po hracím hřišti a vysílají signál do antén, který odtud pokračuje v podobě vlny rádiového kmitočtu. Jakmile se golfový míček ocitne ve čtecí zóně, jeho anténa zachytí energii vyslané vlny, která poté napájí zabudovaný čip. Ten pak vysílá vlastní signál zpět k anténě čtečky, která poté interpretuje informaci o letu míčku v signálu. Následně se získaná data odesílají a určené skóre je hráči automaticky připsáno.

PRŮSAK V OPĚRCE VOZU ŠKODA

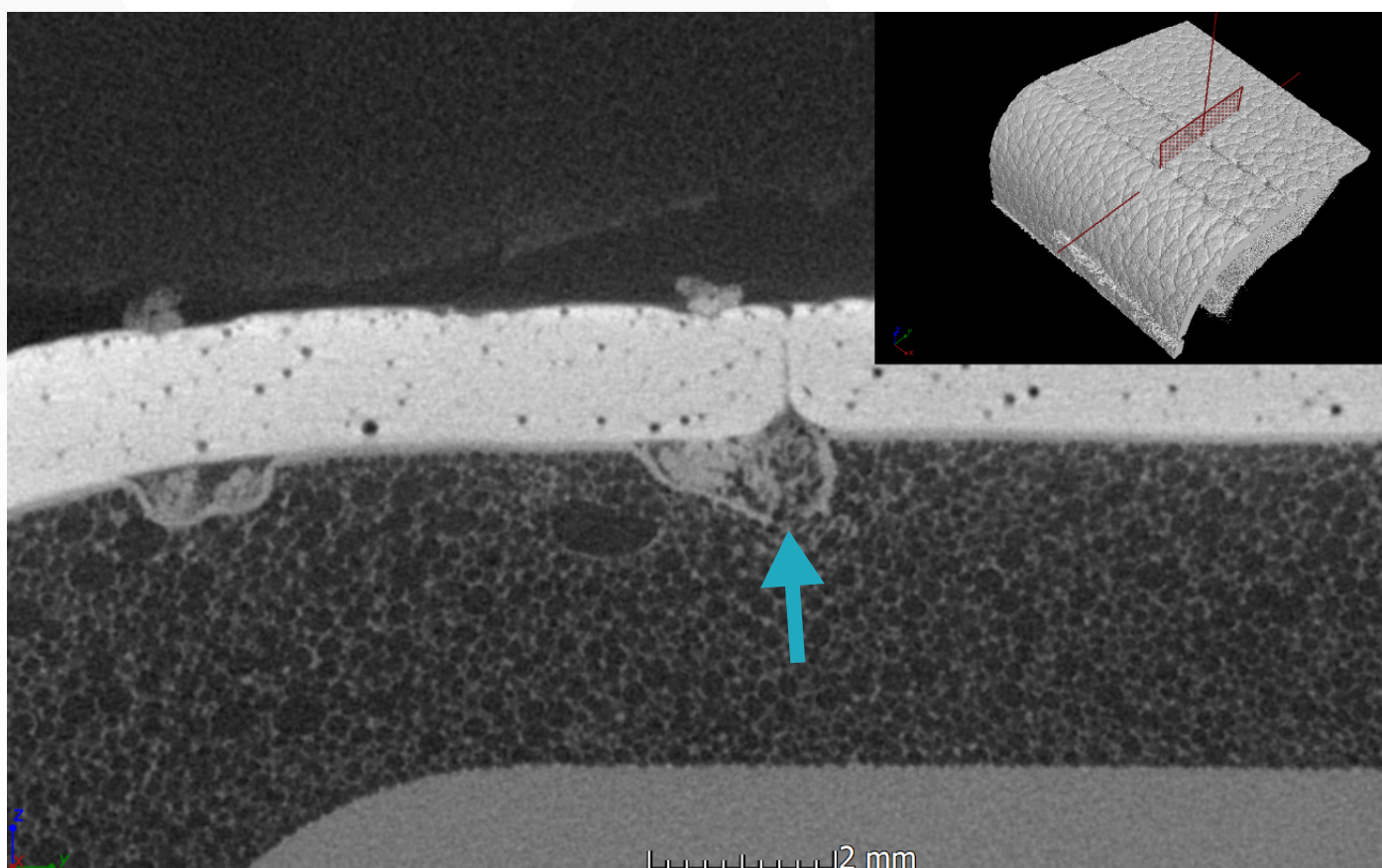
Nedávno jsme se v laboratoři zabývali problémem průsaku skrz ozdobné šití v loketních opěrkách pro vůz Škoda. Opěrky z gumové imitace kůže jsou při výrobě prošity a šití je z vnitřní strany přelepeno temovací páskou. Takto zpracovaný díl se následně nasazuje na plastový základ a mezera mezi nimi se vyplní pěnou. Právě tato pěna u některých dílů prosakuje skrz šití a zanechává na povrchu výrobku viditelné lesklé stopy.

Problémové části byly vyříznuty a analyzovány pomocí CT Phoenix v|tome|x L240 s rozlišením 20 $\mu\text{m}/\text{voxel}$ dle velikosti výřezu. Výsledná CT data objevila dvě možné příčiny, jak k průsaku dochází. První je nechtěná perforace temovací pásky, druhá pak deformovaný kontakt pásky s pryží, vznikající při procesu pění, kdy pěna pod páskou protéká. Příčinná souvislost je skryta v dalším sledovaném parametru, kterým je tloušťka gumového materiálu a následný útlak pásky, její poškození a vznik průsaku. Tloušťka nebyla výrobcem dodržena zejména v místech ohybů, což vede k obtížím následného šití i temování.



Obrázek 3: Foto průsaku na povrchu vzorku.

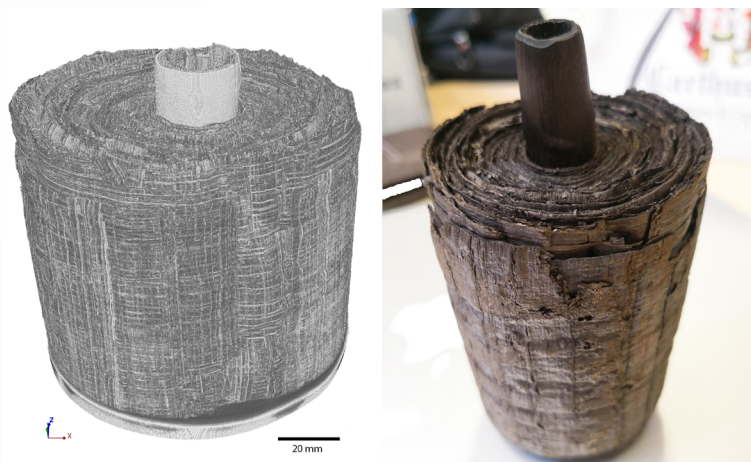
Tomografická analýza tak pomohla nejen identifikovat možnou kořenovou příčinu defektů, ale také situaci názorně vizualizovat, aby bylo možno prokázat nedodržení předepsané tloušťky vstupního materiálu jeho dodavatelem. Uvedená problematika je dále monitorována.



Obrázek 4: Tomografický řez vzorkem, ukazující místo poškození temovací pásky, kde došlo k průsaku pěny.

ANALÝZA SVITKU PAPYRU

V rámci výměnného pobytu studentů s Univerzitou v Kalábrii v Itálii jsme měli možnost využít naše microCT zařízení k analýze jedinečného svitku papýru (Obr. 5). Tento svitek není historicky vzácným artefaktem, ale byl novodobě vytvořen jako referenční vzorek pro testování stavajících možností nedestruktivních technik.

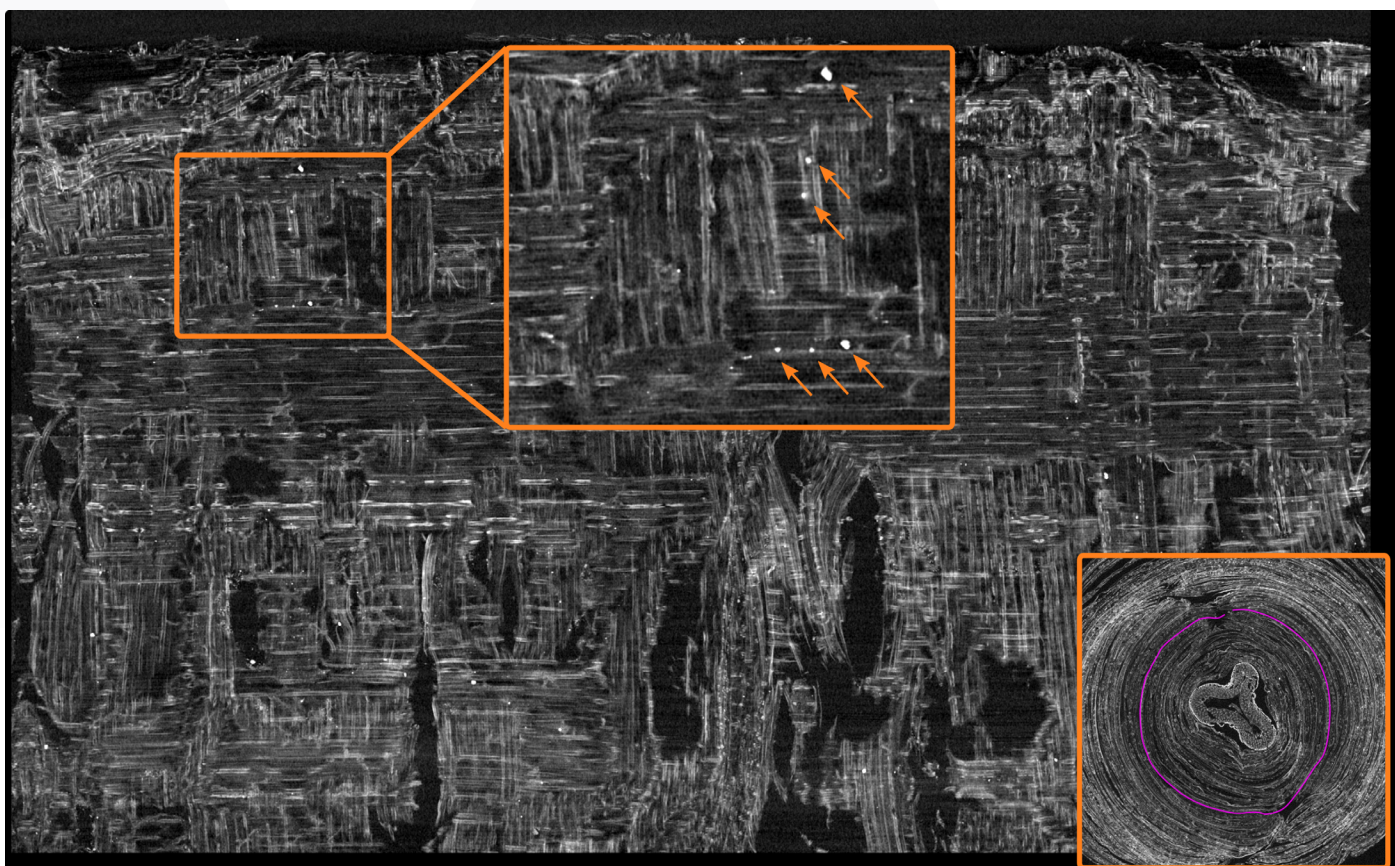


Obrázek 5: 3D model papýru a jeho reálné foto.

Vzorek byl připraven svinutím listu papýru, který byl popsán uhlíkovým inkoustem s obsahem octanu olovnatého v různých koncentracích. Přítomnost olova měla simulovat podmínky znečištění vody v dobách starověkého Říma. Vzniklý svitek byl navíc podroben tepelnému ošetření, jehož smyslem bylo simulovat podmínky erupce sopky Vesuv v roce 79 našeho letopočtu.

Cílem tomografické analýzy takto připraveného vzorku bylo nejen ověření přítomnosti olova uvnitř svitku, ale také jeho vizualizace ve 3D a přesná identifikace stopy inkoustu pro snadnější rozluštění písma.

Tomografická data jasně ukazují komplexní strukturu papýru, která zároveň ztěžuje detekci olověných částic. Ty se nakonec podařilo najít pomocí virtuálního rozvinutí svitku (Obr. 6), ve kterém lze lépe číst povrch jednotlivých listů papýru. Světlé tečky představují olověné částice, které v této slabé koncentraci neumožňují rozluštit text psaný inkoustem. Tyto prvotní pokusy však potvrdily, že by se v budoucnu mohly tímto způsobem studovat autentické vzorky neocenitelné hodnoty.



Obrázek 6: Virtuálně rozvinutý svitek zobrazující olověné částice. Rozvin podle fialové křivky ve vyznačeném příčném řezu.

METODA POČÍTAČOVÉ LAMINOGRAFIE

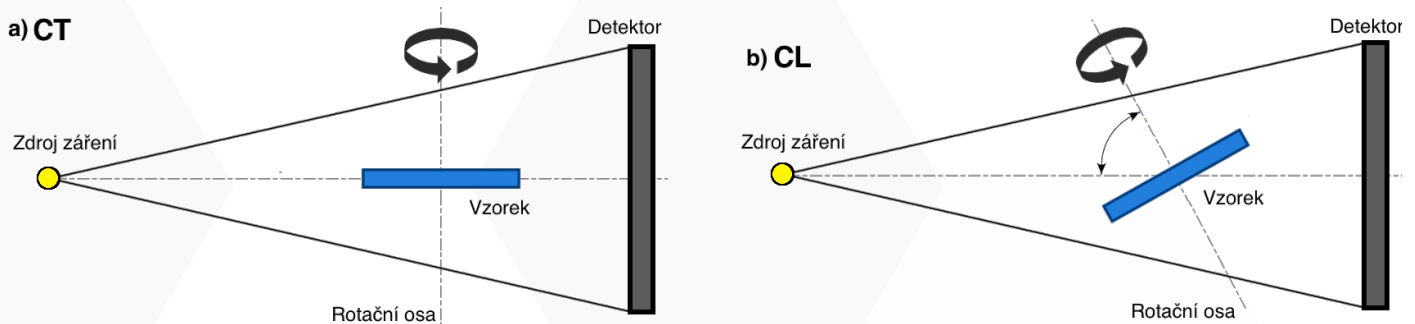
Počítačová laminografie (CL - computed laminography), případně také planární CT je zobrazovací technika vhodná zejména pro rozměrné ploché vzorky. V klasické počítačové tomografii (CT) dochází u plochých vzorků k situaci, kdy buď nelze dosáhnout kompletního otočení (o 360°) kvůli nárazu vzorku do rentgenové trubice, nebo jsou rentgenové paprsky zcela utlumeny velkým množstvím materiálu v případě, kdy se plošný vzorek dostane do souběžného směru s paprsky svazku.

Počítačová laminografie je specifickým případem počítačové tomografie, který používá osu rotace nakloněnou o méně než 90 stupňů vůči dopadajícímu paprsku. U laboratorních systému se tento pohyb řeší buď vykloněním detektoru, nebo osy rotace. U větších dílů je zdroj a detektor uchycen na dvě nezávislá robotická ramena, která konají synchronizovaný pohyb kolem dílu.

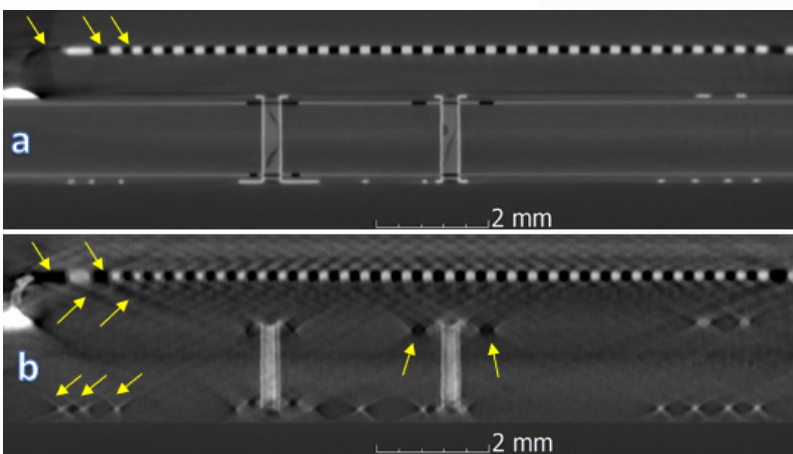
Tato metoda má široké uplatnění zejména v elektronice pro kontrolu desek plošných spojů s oboustrannou montáží, kde není možná kontrola klasickým 2D rentgenem. Další využití se v průmyslu ukazuje pro inspekci lepených spojů velkých dílů nebo velkorozměrné karbonové kompozity.



Obrázek 7: Foto měřeného čipu.



Obrázek 8: Rozdíl v prostorovém uspořádání komponent při (a) tomografii a (b) laminografii.



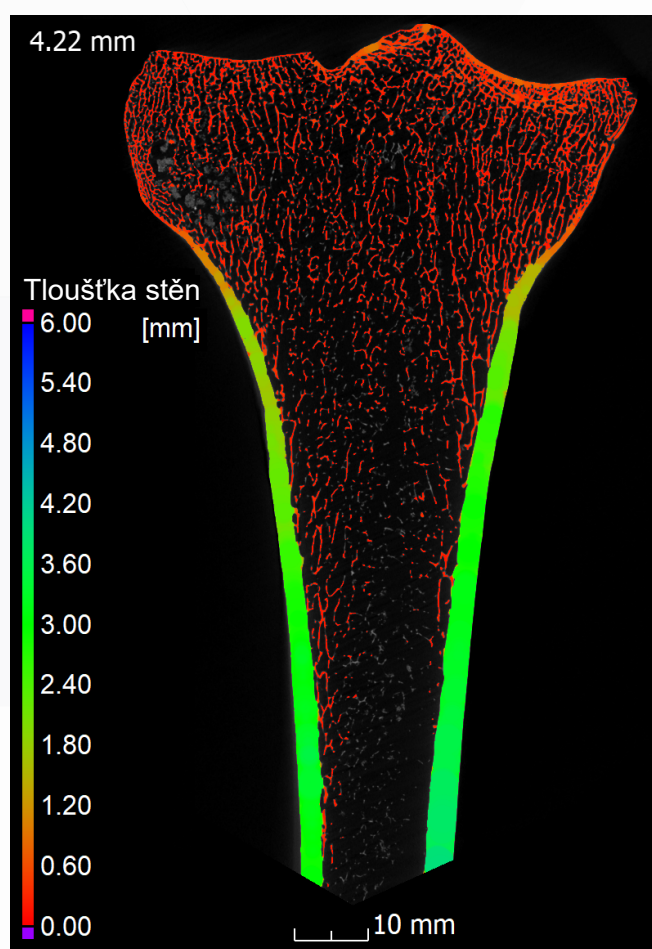
Obrázek 9: Příčné řezy počítačovým čipem pořízené pomocí (a) micro CT, (b) laminografie. Žluté šipky ukazují artefakty.

Pro demonstraci možností této metody a zároveň rozdílu vůči klasickému CT jsme realizovali analýzu procedurou základové desky stolního počítače. Měření bylo realizováno na GE mixrome|x (detaily v minulém čísle) a mikro tomografické stanici GE v|tome|x L240. Přestože laminografie byla realizována s lepším voxelovým rozlišením $11 \mu\text{m}/\text{voxel}$ oproti rozlišení mikro CT $15 \mu\text{m}/\text{voxel}$, srovnání jasně ukazuje, že mikro CT dosahuje výrazně lepších výsledků díky projekcím z více úhlů. Laminografie tak najde uplatnění u vzorků jako velké desky plošných spojů, kde by bylo mikro CT limitováno rozlišením a mnohdy také energií, potřebnou k prozáření desky v příčném směru.

VÝZKUM ZLOMENINY HOLENNÍ KOSTI

Intraartikulární zlomeniny proximální epifýzy tibie (holenní kosti) známé také jako „Tibial Plateau Fractures“ jsou velice komplikované a jejich fixace vyžaduje rozsáhlé zkušenosti. Léčba těchto zlomenin je založena na klasifikaci podle rozsahu poškození kosti (AO klasifikace) nebo souvisejících měkkých tkání (klasifikace podle Moora). I přes pokročilé metody diagnostiky a vhodné léčby nejsou výsledky hojení uspokojivé. Prozatím není totiž známo, jak se přenáší tlak působící na proximální epifýzu tibie, a jak jsou uspořádány kostní trámce. Na léčbu „Tibial Plateau Fractures“ se specializuje

Dr. Ritesh Rathi z James Paget University Hospital v anglickém Norfolk. Dr. Rathi ve spolupráci s přednostou Anatomického ústavu LF MU Dr. Markem Joukalem pracuje na vytvoření nové klasifikace zohledňující mikrostrukturu proximální epifýzy tibie použitelné pro individualizaci léčby těchto zlomenin. Pro lepší podmínky zkoumání bylo provedeno měření na mikro CT, díky kterému tým lékařů získal kompletní 3D model včetně vnitřních struktur tibie. Nahlédnutím do libovolných částí kosti přes 3D model bude zkoumaná oblast lépe srozumitelná a usnadní se tak práce vědců.



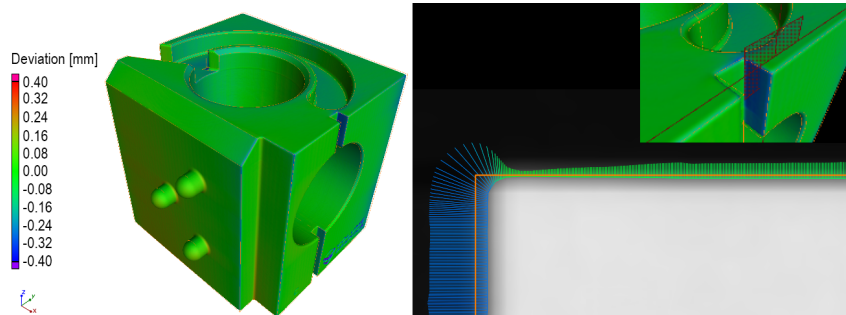
Obrázek 10: Podélný CT řez kostí.



Obrázek 11: Reálné foto zkoumané tibie.

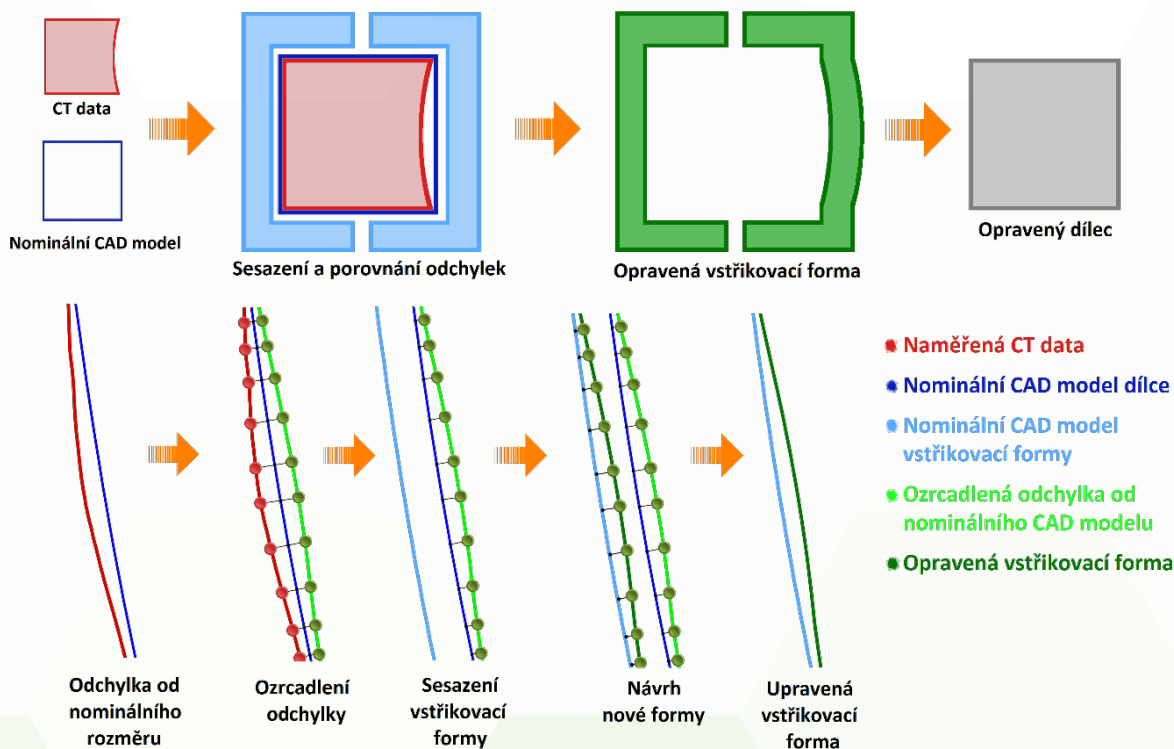
KOREKCE VSTŘIKOVACÍCH FOREM

V současnosti se při konstrukci a výrobě vstřikovací formy využívají 3D softwary a simulace výrobních procesů. Při těchto simulacích však nejde dosáhnout přesné shody s okrajovými podmínkami, mnohé procesy jsou z důvodu výpočetní náročnosti zjednodušeny a při výrobě tak dochází k systematickým a geometrickým odchylkám. Tyto geometrické odchylky často nejsou v rámci tolerance daného výrobního dílce a vstřikovací forma tak musí projít korekcí, aby tyto odchylky eliminovala. V mnoha případech se navíc nejedná o jednu korekci, ale forma prochází několika-cyklovým procesem.



Obr. 12: Barevná mapa odchylek povrchu od nominálního CAD modelu. CAD model je vyznačen oranžovou kontrurou.

Pomocí počítačové tomografie je možné tento cyklus zefektivnit a ušetřit tak případné náklady na korekci forem. Pomocí softwarových nástrojů je naskenovaný díl porovnán s nominálním CAD modelem dílu a jsou zjištěny výrobní odchylky tvaru (Obr. 1). Manuálně vybrané plochy s netolerovanými odchylkami jsou následně využity pro návrh nové modifikované formy. I přesto, že se nejedná o zcela automatický proces, je tento přístup momentálně velkým trendem v průmyslu. Naše laboratoř nyní testuje softwarový nástroj určený právě pro tuto aplikaci.



Obr. 13: Znáznornění postupu při korekci forem pomocí počítačové tomografie.

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