

Počítačová tomografie

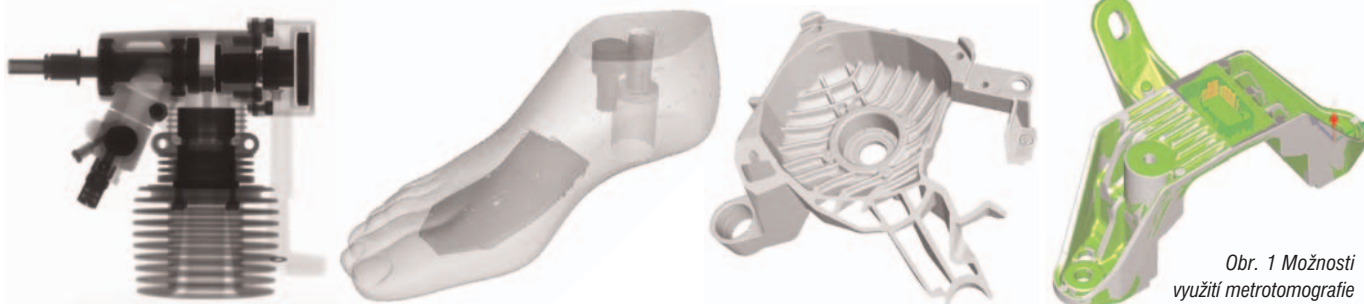
pro přesné měření, defektoskopii i reverzní inženýrství

Peter Katuch, Jozef Živčák, Miroslav Dovica, Jozef Kováč, Tatiana Kelemenová

Počítačová tomografie (CT) je známý pojem v oblasti medicíny. Počítačová tomografie se však v posledních letech dostala i do oblasti průmyslové. Donedávna bylo využití počítačové tomografie v průmyslu omezené většinou na kontrolu materiálu, z důvodu nedostatečné přesnosti. Moderní měřicí stroje slučující metrologii a tomografii dokážou nedestruktivním způsobem snímání získat z jediného skenování informace o vnější geometrii i objemu součástky s vysokou přesností. Kombinací přesných polohovacích mechanismů, odměřovacích systémů, rentgenového detektoru s vysokým rozlišením a výkonné výpočetní techniky je možné získat vysoce přesná data o měřené součástce během krátké doby, a to i bez jejího porušení.

také vliv na snižování intenzity záření vystupujícího za objektem. Výstupem ze snímání a následné rekonstrukce je mračno bodů, tzv. voxelů (voxel = volume pixel), jejichž umístění v prostoru a intenzita udaná v 16 bitech šedé barvy odpovídají reálným bodům v prostoru součástky i okolí a jejich propustnosti.

Přesnost lineárního vedení v případě Metrotomu se zajišťuje pomocí CAA (Computer Aided Accuracy) opravy chyb. Otočný stůl, který je uložen na vzduchových ložiscích, má extrémně vysoké rozlišení až 0,036 úhlové vteřiny. Díky vysoce přesným komponentům a korekci všech systema-



Obr. 1 Možnosti využití metrotomografie v průmyslu

Počítačová tomografie v průmyslu

Nová výše zmíněná metoda měření se nazývá metrotomografie. Nachází uplatnění zejména v oblasti testování nových výrobků, prototypů a součástek, které prostě není možné jiným způsobem kontrolovat. Mezi hlavní oblasti využití metrotomografie patří:

- testování – kvalita spojů v sestavách
 - analýza porézности
 - analýza poruch a defektů
 - inspekce materiálu
- měření vnějších i vnitřních prvků
- reverzní inženýrství
- porovnávání celkové geometrie jmenovité s reálnou (nasnímanou)

Zástupci počítačových tomografií pro průmysl jsou i souřadnicové měřicí stroje firmy Carl Zeiss s označením Metrotom 1500 nebo nová menší verze Metrotom 800.

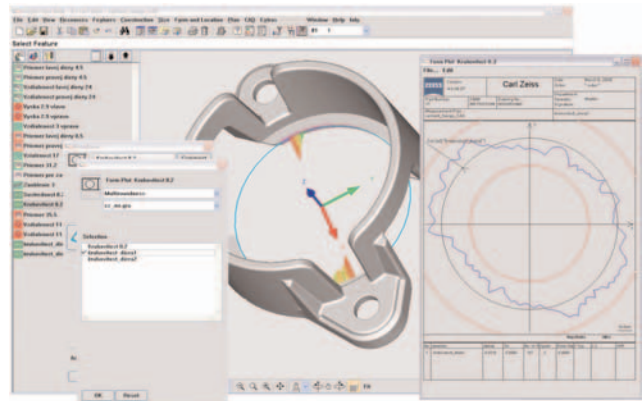
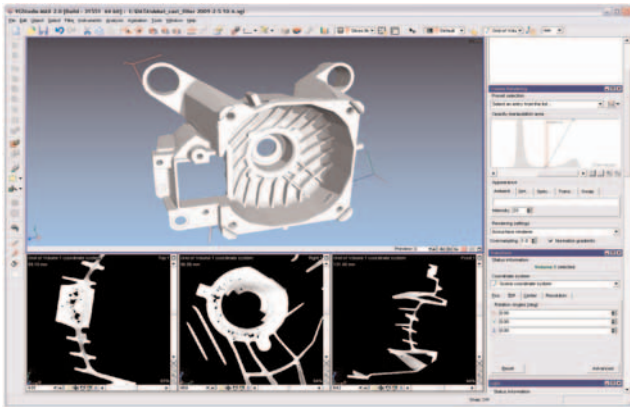
Způsob získávání dat

Na rozdíl od medicínských počítačových tomografií v Metrotomu nerotuje snímací systém (rentgenka, případně rentgenka i s detektorem), ale otáčí se měřený objekt. Ten je polohován s vysokou přesností ve třech kolmých osách tak, aby jeho obraz zabral co největší pole v oblasti detektoru. Během snímání je měřený objekt natočen o 360° kolem svislé osy a v jednotlivých krocích (např. 1000 kroků na otáčku) jsou nasnímany 2D obrazy, tzv. rentgenogramy. Všechny 1000 rentgenogramů s rozlišením 1024 × 1024 pixelů zpracovává výkonný výpočetní systém. Rentgenové záření procházející vzduchem ztrácí pouze minimální intenzitu, proto je snímáný bod světlý. Pokud je v cestě záření například ocelová nebo měděná deska, ztrácí paprsek intenzitu, k detektoru se dostane záření s výrazně nižší energií a snímáný bod je tmavý. Kumulovaná tloušťka materiálu, kterou musí paprsek proniknout, má

tických chyb je možné získat maximální povolenou chybu měření na Metrotomu MPEE v rozmezí $\pm (9 + L/50)$ μm , což je ve strojírenském a automobilovém průmyslu často dostačující hranice.

Možnosti využití metrotomografie

Využití Metrotomu 1500 je široké. Oproti konvenčním měřicím metodám má mnoho výhod, ale i několik limitujících hranic. K limitujícím vlastnostem patří rozměry součástky, které je možné proměřit. Maximální rozměr součástky je 300 × 300 × 300 mm, což však většinou postačuje. Dalším limitem je materiál součástek. Metrotom 1500 je ideální na plastové a hliníkové díly. Čím větší hustotu však materiál má, tím víc se úměrně zmenšuje kumulovaná tloušťka materiálu, kterou RTG záření projde. Při určité tloušťce je však možné vyhodnocovat i součástky z oceli, mědi a dalších slitin s vysokou hustotou.



Obr. 2 Program VGStudio Max pro práci s mračenem bodů a Calypso pro rozměrové vyhodnocování

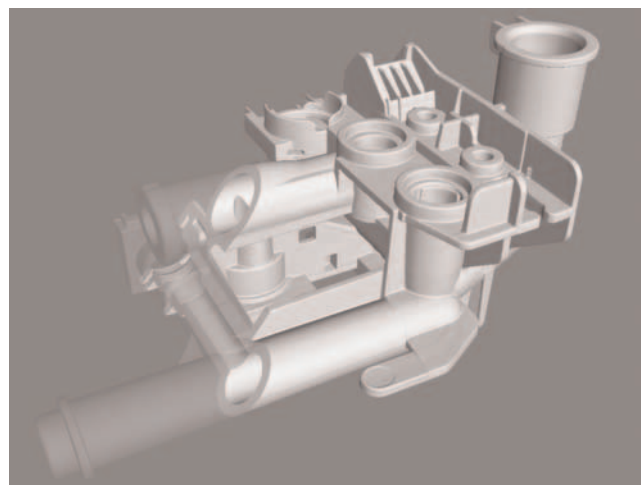
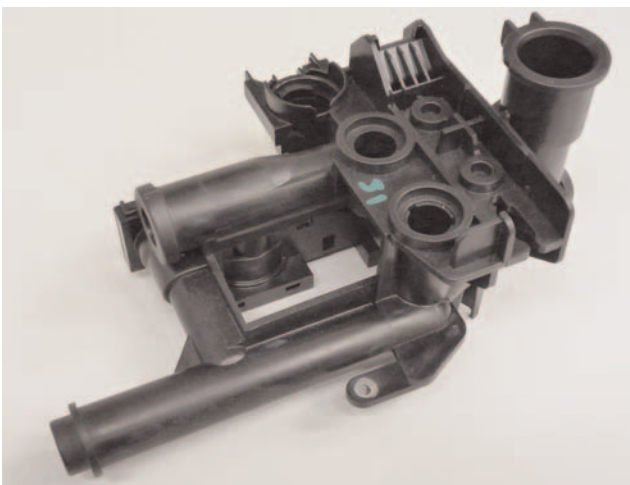
Naopak značnou výhodou je kontrola v nepřístupných oblastech pro konvenční 3D souřadnicovou měřicí techniku, ať už dotykovou, kamerovou nebo laserovou. Dnes se vyskytující tvarově velmi složité díly vyráběné vstřikováním nebo odléváním do vícedílných forem často není možné kontrolovat jinou metodou. Rentgenovým snímáním dostáváme informaci o celém objemu součástky nezávisle na její složitosti. Virtuální model můžeme v libovolném směru přeřezávat a natáčet (obr. 3).

Protože výstupem snímání je mračno bodů nejen povrchu, ale i vnitřku součástky, z toho

Další nenahraditelnou výhodou je kontrola sestav. U složených nebo smontovaných dílů je obvykle již nemožné zkontrolovat sestavu ve vnitřních oblastech. Díky CT technologii se dá celá sestava virtuálně zkontrolovat buď virtuálními řezy skrz mračno bodů, nebo dokonce separací materiálů různé hustoty. U dílů, které jsou složeny z různých materiálů, jako kov a plast, je možné určit, aby plastová část, které přísluší body s určitým stupněm šedé barvy, nebyla zobrazena (obr. 5 vlevo). Takovým zprůhledněním částí modelu (většinou povrchových krytů) je možné prohlédnout sestavu bez této překážky. V sestavách

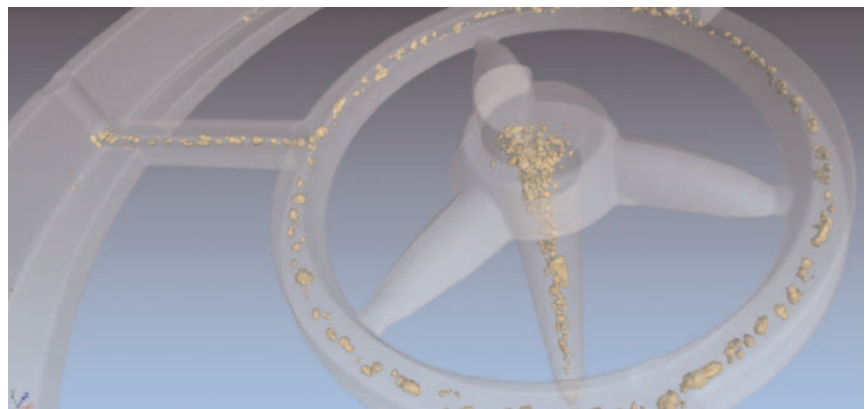
často nastávají problémy při montáži, kde jazýčkové spoje nezapadnou do finální polohy nebo elektrické kontakty nedoléhají správně, nebo vlivem špatného procesu sestavení dochází k výrazným průhybům nebo ulomení některých částí.

Neposlední možností využití Metrotomu je rozměrová analýza. Podle výrobní dokumentace je možné vyhodnocovat délkové i úhlové rozměry, odchylky tvaru a polohy v prostředí programu Calypso (obr. 2 vpravo). Tento software je znám uživatelům souřadnicových měřicích strojů (CMM) firmy Carl Zeiss, protože se univerzálně používá u všech typů CMM této firmy. Kromě vyhodnocení

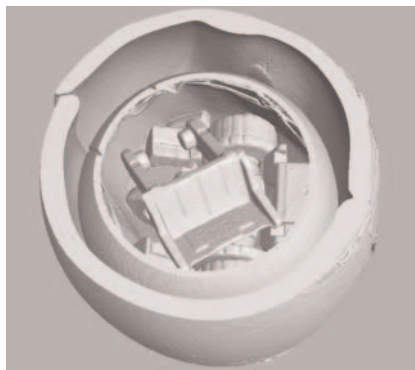


Obr. 3 Reálná součástka komplikovaného tvaru a mračno bodů s virtuálním řezem

plynoucí výraznou výhodou metrotomografie je analýza vnitřní struktury a defektoskopie. Mračnem bodů je možné v programu VGStudio Max (obr. 2 vlevo) virtuálně procházet libovolným směrem bez porušení reálné součástky. Na obrázku 2 vlevo je vidět hliníkový díl v 3D renderovaném pohledu a také ve třech řezových navzájem kolmých rovinách. V materiálu jsou viditelné vzduchové bubliny, které vznikly během výrobního procesu. Díky automatické detekci vzduchových bublin je možné vytvořit histogram se seznamem všech bublin (luněk) v objemu součástky s popisem jejich velikosti a přesných souřadnic polohy.



Obr. 4 Automatická detekce vzduchových bublin uvnitř materiálu



Obr. 5 Separace a zprůhlednění materiálů protězy a pohled do Kinder Surprise ve virtuálním řezu

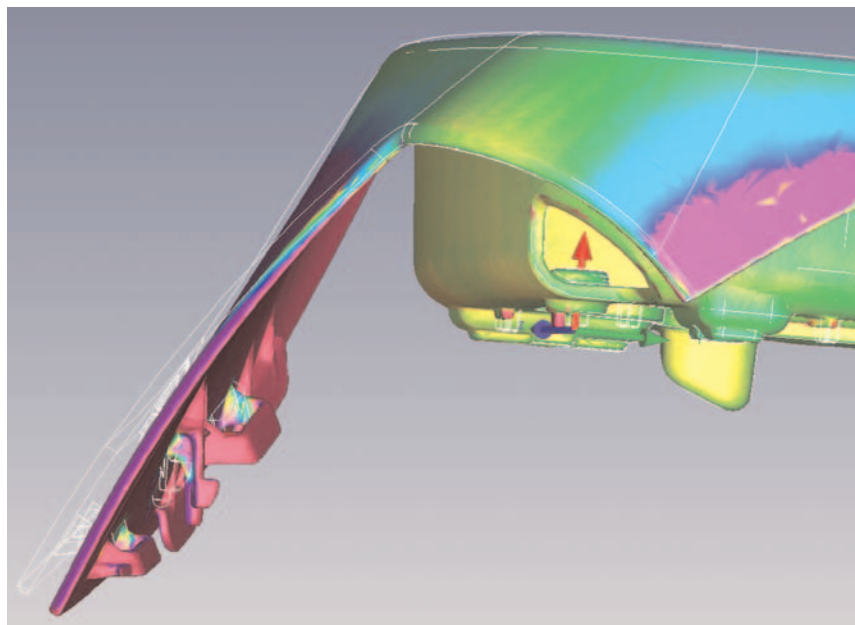
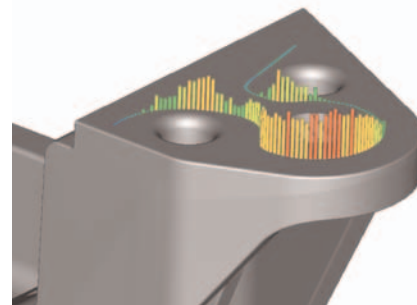
rozměrů je navíc v CT modulu programu Calypso možné ztotožňovat nominální CAD model s mračnem bodů, tedy modelem reálné součástky. Po ztotožnění je možné buď vyhodnocovat přímo charakteristiky předepsané na výkresu s přidavnou grafickou interpretací (obr. 6 nahoře), nebo zobrazit tzv. barevnou mapu odchylek bodů povrchu (obr. 6 dole), kdy je každý bod povrchu reálné součástky zbarven podle hodnoty jeho odchylky od jmenovité polohy. Zelená barva znamená ideální ztotožnění, a čím je hodnota ve škále posunuta více k modré nebo červené barvě, tím je odchylka větší. Takto je možné získat rychlý pohled na tvarové odchylky a následně se zaměřit na identifikaci rozměrů v konkrétním místě součástky. Tato funkce umožňuje podat rychlou informaci o problémovém stavu v prototypové výrobě.

Technologie metrotomografie nabízí i další možnosti využití, jako je například reverzní inženýrství, tedy získání CAD modelu z reálného objektu. Tento proces obsahuje několik kroků. Prvním je nasnímání součástky a transformace na mračno bodů. Dalším krokem je vytvoření povrchové sítě bodů, která je nejčastěji exportována do STL formátu. Následně je však v externím programu nutno vytvořit z povrchových bodů elementy (např. válec, rovinu, kužel, atd.), které budou ve finále tvořit CAD model. Ten je možno modifikovat a vytvořit novou upravenou výrobní dokumentaci nebo technologický postup.

► Metrotomografie na Slovensku

Technologické centrum počítačové tomografie na Technické univerzitě v Košicích nabízí služby zákazníkům, kteří by mohli díky výhodám


metrotomografie zkvalitnit svůj výrobní proces a prověřit kvalitu výrobků rychle a s dosud nerealizovatelnými možnostmi. Defektoskopie, kontrola sestav, měření tvarově složitých součástek a tvarová analýza poddajných dílů jsou nabízené služby, které se na slovenském trhu, ale i v okolních zemích jen těžko najdou. Metrotom 1500 na Technické univerzitě v Košicích je zatím jediný měřicí tomograf ve střední a východní Evropě,



Obr. 6 Zobrazení odchylek rovinnosti hliníkového dílu a barevná mapa odchylek tvaru plastového dílu

a proto nabízené služby využívají firmy nejen z okolí, ale z celého Slovenska, Česka a Maďarska. Díky této technologii můžeme nabídnout firmám, které ji využijí, konkurenční výhodu na trhu, zefektivnění procesu výroby a zvyšování kvality výrobků.

Technologické centrum počítačové tomografie je jedním ze dvou moderních laboratoří Katedry biomedicínského inženýrství, automatizace a měření na Strojnické fakultě Technické univerzity v Košicích. Druhým pracovištěm je Laboratoř souřadnicové metrologie, kde je umístěn kromě jiných přístrojů i souřadnicový měřicí stroj

Contura G2 firmy Carl Zeiss s dotykovou otočnou VAST XXT hlavou a bezdotykovým kamerovým snímačem ViSCAN. Tímto CMM dokážeme vyhodnocovat délkové rozměry, úhly a geometrie dílů různého druhu. 

Projekt byl řešen s částečnou podporou grantové agentury v rámci projektu VEGA 1/4164/07 Výzkum specifických problémů při měření délek a bilancování nejistot měření. Autoři pracují na Strojnické fakultě Technické univerzity v Košicích.



Obr. 7 Technologické centrum počítačové tomografie na Technické univerzitě v Košicích