

16. ábra. Röntgen fluoreszcens mérőberendezés elvi vázlata

fizikai anyagvizsgálati módszer. Rövid idő alatt el lehet vele végezni anyagminták minőségi analizisét. Azt, hogy egy gyűrű anyaga arany-e, vagy réz, néhány perc alatt el lehet dönteni. Miután a módszer roncsolásmentes, semmilyen nyomot nem hagy a mintán. A hordozható RFA berendezések lehetőséget adnak lényegében bármely helyszínen mérésekre, ez biológiai és környezeti méréseknél nagy segítséget jelent. A mérés elvi vázlata a 16. ábrán látható.

Következtetés

A digitális röntgen vizsgálatok előnye, hogy a felvételi körülmények sok tekintetben egyszerűsödtek, az új detektor rendszerek, új módszerek (CT, dinamikus radiográfia) alkalmazását tették lehetővé, amely sokoldalúbb ismeretek megszerzését teszik lehetővé. Az eredmények kiértékelésében és azok tárolásában további előny, hogy az így tárolt adatok időállóbbak, mint a hagyományos adathordozók (pl. fotólemez) információi, amelyek könnyen sérülhetnek vegyi, vagy mechanikai

hatásokra. Fontos viszont ügyelnünk arra, hogy a számítástechnika rengeteg eszköze könnyen meghamisíthatóvá teszi a képek által hordozott információt. Amint láttuk, sok esetben segít bizonyos természetű elemek kihangsúlyozása, vagy elnyomása, ezen eszközök alkalmazása azonban a valóditól eltérő eredményre vezethet. Mivel a beavatkozásoknak általában nyoma sem marad, ezért felelősséggel és figyelemmel használjuk a képfeldolgozás adatait lehetőségeiket!

Irodalom jegyzék

- [1] www. MAROVISZ Digitális Radiográfia tanfolyam, felelős kiadó: Dr. Trampus Péter, Miskolc, 2008 november 27- 28, Röntgen filmdigitalizálás
- [2] Amemiya and Miyahara, Nature 336 (1988) 89.
- [3] H. Kobayashi, et al, Neutron radiography using cooled CCD camera, Proc. WCNR-3, Edited by Shigenori Fujine, Osaka, Japan, May 14-18, 1989, 421-428 pp.
- [4] Koch-ichi-Mochiki, et al, Neutron gamma radiography using a two color luminescent scintillator, Applied Radiation and Isotopes 61, Issue 4, October 2004, 497-501 pp.
- [5] J.T. Lindsay, et al, Real time neutron radiography and its application to the study of Internal combustion engines and fluid flow, Proc. WCNR-2, Edited by J.P. Barton, Paris, France, June 16-20, 1986, 579-586 pp.
- [6] Balaskó M. és Trampus P.: Beszámoló a 10. ECNDT konferenciáról, Anyagvizsgálók Lapja, felelős kiadó: Dr. Trampus Péter, 20. évfolyam, 2010, 3-7 old.
- [7] M. Balaskó, E. Sváb, Z. Kiss, A. Tanács, A. Nagy and A. Kuba: Study of the inner structure of a damaged control rod by neutron- and X-ray radiography and discrete tomography, Conf. Proc. of WCNR-8, Gaithersburg, USA. October 16- 19, 2006, 294-303 pp (2008).
- [8] J. M. Schultz: Az anyagvizsgálat diffrakciós módszerei, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987.
- [9] www. atomfizika.elte.hu/kornyfizlab/ml/nfs.html – 46k

Az ipari komputer tomográfia vizsgálati lehetőségei

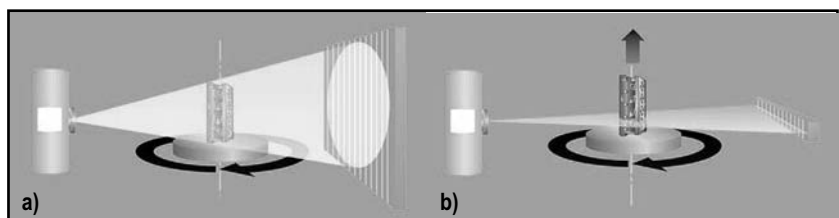
Czinege Imre¹, Kozma István¹,

Az ipari komputer tomográf működési elve

Az ipari CT az orvosi diagnosztikai eszközhöz hasonlóan kétdimenziós röntgen felvétel sorozatot készít a vizsgálandó objektumról úgy, hogy a tárgyasztal és az azon felfekvő alkatrész egy kis szöggel sorozatosan elfordul. Ez addig ismétlődik, amíg az alkatrész teljesen körbe nem ér és ez idő alatt minden egyes szögelfordulásakor egy röntgenkép készül. A munkadarab ellentétes oldalán elhelyezett sík vagy vonal detektor érzékeli az intenzitás változást. Az 1. ábra a vizsgálati elrendezést mutatja. Az a.) ábra hasonlít a klasszikus röntgen technikához a különbséggel, hogy nem egyetlen 2D-s átvilágítás készül az alkatrészből, hanem a tárgy minden egyes kis szögelfordulásakor egy röntgenképet tárol a készülékhez kapcsolt számítógép. A b.) ábrán vonaldetektor érzékeli az intenzitás különbségeket, ennél a vizsgálatnál a röntgenszó és a vonaldetektor együtt mozog függőlegesen, és közelítően milliméterenként készül egy szelet a forgó tárgyról. Emiatt a vizsgálat hosszadalmas, például egy hengerfej leképezése több óráig is eltarthat, ugyanakkor az így kapott kép élessége jobb, mint a sík detektorral felvett képé.

Mindkét leképezési mód esetében a mért jelek feldolgozását és sokoldalú elemzését hatékony 3D szoftver segíti.

A komputer tomográf segítségével teljes értékű három dimenziós geometriai modell készíthető a vizsgálandó tárgyról, amely bármelyik CAD rendszerbe átvihető és ott elemezhető vagy módosítható. Belső folytonossági hiányok, anyaghibák, idegen anyagok is kiválóan detektálhatók, a térfogati anyaghibákat (üreges, zárványok) a kiértékelő rendszer automatikusan felismeri. A hibák mind a 3D-s geometrián, mind a 2D-s metszeten szemléltethetők. További előnye a technikának, hogy komplex, több anyagból és alkatrészből álló szerkezetek felépítése, esetleges hibái is ellenőrizhetők, az egyes alkatrészek és azok kapcsolata a szerkezetből kiemelten is megjeleníthető. E sokoldalú felvételi technika birtokában a berendezés fő alkalmazási területei a következők:

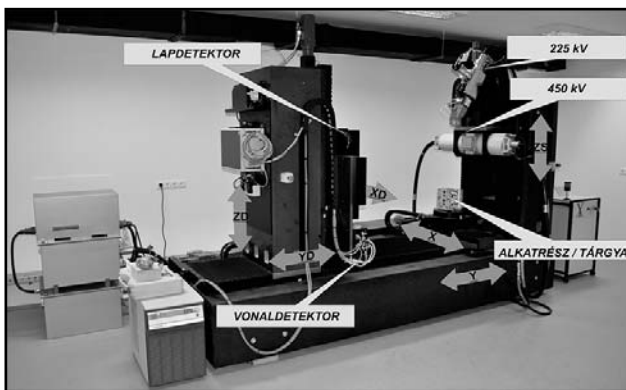


1. ábra. a.) Leképezés sík detektorral. b.) Leképezés vonaldetektorral

¹ Széchenyi István Egyetem

- Geometriai rekonstrukció, méretek meghatározása azonos anyagú és komplex szerkezeteken.
- Roncsolásmentes anyagvizsgálat három dimenzióra kiterjesztve.
- Belső, nem látható elváltozások követése az alkatrész élettartama vagy vizsgálata során (pl. fárasztás közben a károsodás előrehaladása).

A Széchenyi István Egyetem Anyagtudományi és Technológiai Tanszékén 2010 júniusa óta üzemel egy YXLON Y.CT Modular ipar CT berendezés. A gép különlegessége, hogy 2 röntgensugár csővel és két detektorral van felszerelve. A kisebb csőfeszültségű (225 kV) mikrofokuszú röntgensugár csővel akár a 7 µm-es, a nagyobb feszültségű csővel (450 kV) pedig 50 µm-es felbontás érhető el. Az átvilágítható falvastagság acélok esetén 70 mm, alumínium ötvözeteknél 120 mm. A berendezés 7 manipulátorral működő portál rendszerével 800x1200-mm-es méretű alkatrészek vizsgálhatóak, fényképét a 2. ábra mutatja.



2. ábra. Az YXLON Y.CT Modular ipar CT berendezés funkciói

Az 1. ábrán bemutatott két leképezési mód főbb jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

A CT és hagyományos röntgen technika összehasonlítása

Már az eddig elmondottakból is látható, hogy a komputer tomográf a hagyományos röntgen technika lényeges továbbfejlesztésének tekinthető azáltal, hogy a síkba vetített leképezés helyett teljes értékű térbeli modellezést tesz lehetővé. Természetesen a növelt teljesítőképességnek ára is van, amely mind a beszerzési költségben, mind a vizsgálati idő növekedésében megjelenik. A 2. táblázat ezeket a különbségeket hasonlítja össze.

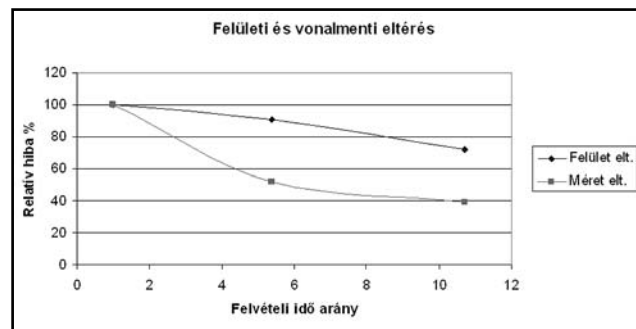
A CT-vizsgálatok során a geometriai pontosság és a felvételi idő ellentétes értelemben változik. A 3. ábrából leolvasható, hogy a felvételi

1. táblázat

	Sík detektor	Vonal detektor
felbontás	7 µm-től	70 µm-től
leképezés	3D térfogat leképezés	2D metszeti leképezés
leképezési idő	eredmény akár néhány perc alatt	adatfelvétel akár több óra
képminőség	alacsony csőfeszültség esetén műhiba mentes kép	műhiba mentes kép alacsony és magas csőfeszültség esetén is
jellemző alkalmazás	homogén alkatrészek roncsolásmentes vizsgálata	szertelt egységek, nagy falvastagságú alkatrészek vizsgálata

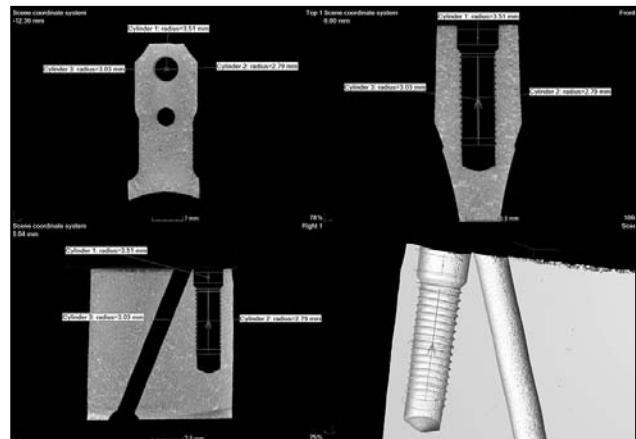
2. táblázat

Komputer tomográf	Hagyományos röntgen berendezés
Teljes 3D képkalkotás	Egy vetítési irányból 2D kép
Hiba méret és koordináta ismert	Hiba méretek vetületben láthatók
CAD modell alkotás	Csak vetített kép látható
Bármilyen külső vagy belső méret megmérhető	Méretek korlátozottan láthatók, becsülhető
A berendezés ára magas	A berendezés ára elfogadható
A felvétel ideje több óra is lehet	Gyors felvétel készítés
Csak laboratóriumi vizsgálatra alkalmas	Helyszíni vizsgálat terjedelmes szerkezeteken is lehetséges



3. ábra. A felvételi idő kapcsolata a relatív hibával

idő tízszeresre növelésével a geometriai méretek eltéréseinek relatív hibája csak az eredeti érték 40%-ára csökken, ezért a felvételi időt mindenképpen optimalizálni kell.



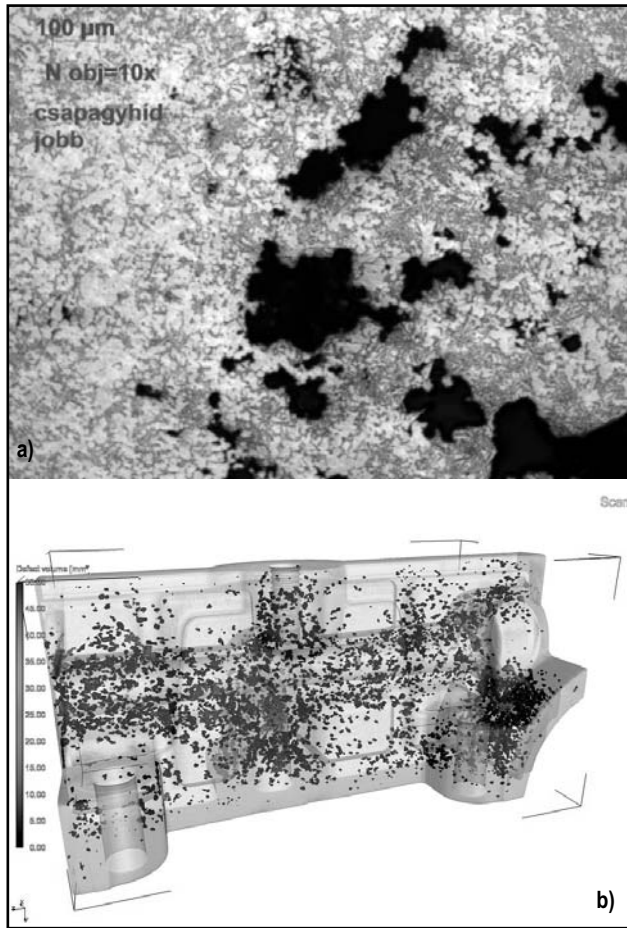
4. ábra. Öntvény menetes furat ellenőrzése

Jellegzetes alkalmazási területek és vizsgálati eredmények

Az elmúlt időszakban sokféle vizsgálati igénytel jelentkeztek a környező járműipari és egyéb alkatrész beszállító vállalkozások. Jelentős volt az érdeklődés a geometriai rekonstrukcióra, az öntvények belső hibáinak kimutatására és komplex szerkezetek elemzésére. A további példák az itt szerzett tapasztalatokat mutatják be.

Geometriai rekonstrukció: belső alkatrész méretek ellenőrzése

A 4. ábra egy alumínium öntvény geometriai vizsgálatát mutatja. Problémaként jelentkezett, hogy



5. ábra. Alumínium ötvény belső folytonossági hiányai (a) és a metszeti csiszolat bemutatása (b)

az ellenőrzés során a menetes furat méreteiben eltérést észleltek. A CT-felvételre alapozott geometriai méret ellenőrzés kimutatta, hogy az M6-os menet magfuratának névleges mérete 5 mm helyett 5,56 mm, tehát a magfurat készítés hibájára volt visszavezethető a selejt. Kiegészítő geometriai méréssel igazolható volt, hogy a CT-vizsgálat pontos méretet szolgáltatott az összetett geometriai alakzatról.

Roncsolásmentes anyagvizsgálat: Csapágyhíd porozitás ellenőrzés

Az 5. ábra a) képe jól mutatja, hogy egy alumínium ötvény (csapágyhíd) esetében a porozitásokat milyen valóságúen szemlélteti a vizsgálat. A porozitások színezése a méret függvényében változik, így a hibák geometriai osztályokba sorolhatók, és az egyedi hibák, üregek méretei is lekérhetők a szoftverből. A vizsgálat a tapasztalattal egyezően kimutatta, hogy a szivárgások helyén összefüggő lunker sorok alakultak ki.

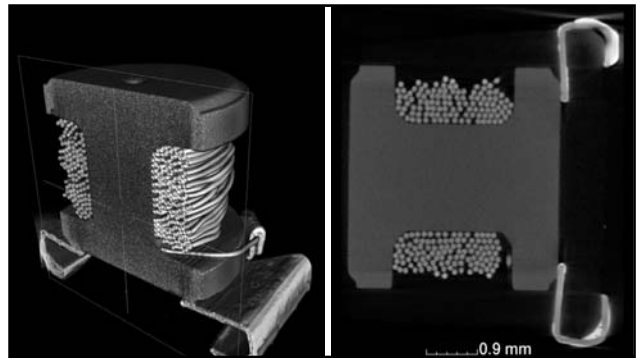
Összetett szerkezet elemzés:

Tekerics elhelyezkedésének vizsgálata

A 6. ábra egy tekercsot mutat, amelyet elkészítés után műanyaggal kiöntöttek, tehát még roncsolásos módszerrel sem lehet a kialakult állapotát megbízhatóan elemezni. A CT-vizsgálat jól értékelhető képet adott a 3 x 3 x 5 mm-es befoglaló méretű csövetestről, amelyre 0,1 mm átmérőjű huzal van tekercselve. A felvétel jól mutatja a tekercs meneteinek lazaságát, különösen figyelemre méltó az áramvezető sarú és a huzal élethű szemléltetése is.

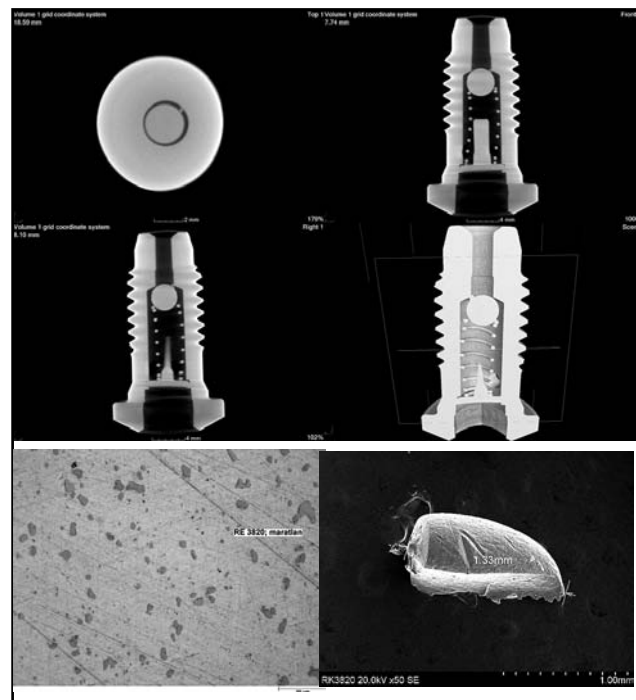
Komplex szerkezet vizsgálat: idegen anyag feltárása

A 7. ábrán egy golyós szelep látható, amelyről a tesztek kimutatták, hogy nem zár tökéletesen. A feltételezések széles skálán mozogtak,



6. ábra. Tekerics térbeli metszeti és síkmetszeti képe

gyártási hiba, a csatlakozó cső forrasztási hibája is felmerült lehetséges okként. A CT-vizsgálat azonban egyértelműen kimutatta, hogy az elégtelen zárás oka a golyó és a szelep ülék közé szorult idegen részecske volt, amely a 7. ábra bal oldali képeről egyértelműen látszik. Itt több vetületben is észlelhető a golyó nem megfelelő elhelyezkedése a szeleptányéron és a szivárgás oka. A jobb oldali felső képen látható a szelepből kivett részecske, melynek befoglaló mérete 1,33 mm. A jobb alsó kép mutatja a részecske szövetszerkezetét, a pásztázó elektronmikroszkóp mikroanalizátorával pedig azonosítható volt, hogy az idegen anyag közelítően 1,5% Mg ötvözésű alumínium ötvözet.



7. ábra. Golyós szelep metszeti képei és az azonosított idegen részecske

Összefoglalás

A bemutatott példák egyértelműen igazolják, hogy a CT-röntgen technika a hagyományos radiográfiák felvételekhez képest jelentős információ növekedést eredményez. A vizsgálat nem csupán magasabb szintre emeli a hagyományos röntgenozási eljárást, hanem számos új alkalmazást tesz lehetővé. A geometriai rekonstrukció, az anyaghibák elemzése és a komplex szerkezetek vizsgálata jelentősen bővíti a roncsolásmentes vizsgálatok körét. A CT-vizsgálatokból nyert eredményeket hagyományos fémtani elemzéssel kiegészítve azonosíthatók olyan ipari problémák, melyek a hagyományos eljárásokkal nagyon nehezen voltak felderíthetők.