

Középiskolai tanulmányait 1930-ban fejezte be, majd beiratkozott a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem gépészmérnöki karára. Mint rendkívüli egyetemi hallgató a Pázmány Péter Tudomány Egyetemen matematikát, fizikát és filozófiát hallgatott. Gépészmérnöki oklevelet 1935. júniusban szerzett. Mérnöki pályáját a Standard Villamossági Rt-nél kezdte, de már 1935. szeptember 2-től haláláig a Műegyetem Mechanikai Technológiai tanszékének lett munkatársa: gyakornok, tanársegéd, adjunktus, magántanár, nyilvános rendkívüli tanár, nyilvános rendes tanár.

Gillemot szakismerete szervező készsége, egyénisége predesztinálta őt sok felelős vezető szerep vállalására:

- A Nehézipari központ tudományos osztályának vezetője.
- 1948-tól 1969-ig az Alumínium (majd Fémipari) kutató Intézet megalapítója és igazgatója. 1949-től a Vasipari Kutató Intézet megszervezése is a feladata volt.
- 1949-től a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja.
- 1954. szeptember 1-től 1957. 08. 01-ig a Budapesti Műszaki Egyetem rektora.
- 1964. 08. 01. – 1967. 06. 01. között az Egyetem tudományos rektor-helyettese.
- 1965-ben lett a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja.
- 1969-től a Jugoszláv Tudományos Akadémia levelező tagja.

Megszámlálhatatlan kitüntetései közül kiemelésre érdemes:

- 1949 Kossuth díj arany fokozata
- 1957 Kossuth díj ezüst fokozata (fémítán kutatás)
- 1949 Köztársasági Érdemérem ezüst fokozatát 1950-ben a (Népköztársasági Érdeméremre módosították).
- 1966-ban a Francia Tudományos Akadémia az „Ordre du Mérite pour la Recherche et l'Invention”
- 1972 Munkaéremrend arany fokozata

Társadalmi tevékenységeit is nehéz felsorolni:

- Magyar Anyagvizsgálók Egyesülete,

- Mérnök és építész egyesület,
- Magyar mérnökök és technikusok szabad szakszervezete
- Bányászati és Kohászati Egyesület
- MTESZ
- Magyar Tudományos Akadémia Kohászati Főbizottság
- Budapest városi tanács tagja
- Hazafias Népfrent budapesti bizottsága
- Országos Béketanács tagja
- Kohó és gépipari miniszter műszaki tanácsának tagja
- Nehézipari miniszter műszaki tanácsának tagja
- Művelődési miniszter kollégiumának tagja
- Legfelsőbb bíróság műszaki ülnöke
- MTA gépészeti és kohászati szakcsoport
- MTA elméleti technológiai bizottság
- GTE tudományos bizottság
- BME gépészeti tudományos tanács
- BME egyetemi tanács és kari tanács
- Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság

Nemzetközi szervezetek:

- International Institute of Welding (IIW) kormányzótanács tagja, majd alelnöke (Páris és London)
- C.I.R.F. College International pour l'Étude Scientifique des Techniques de Production Mécanique (Páris)
- Metals Society (London)
- International Congress on Fracture magyar nemzeti bizottság elnöke (Japán)

Tudományos és műszaki tevékenységét több szakkönyv és több mint 150 dolgozat igazolja.

A fentiekben két zseniális embert ismerhettünk meg. Az egyik, aki az X-sugarakat feltalálta, a másik, aki hazánkban azokat a roncsolásmentes anyagvizsgálat számára hasznosította.

Digitális röntgen vizsgálati eljárások

Balaskó Márton, Horváth László*

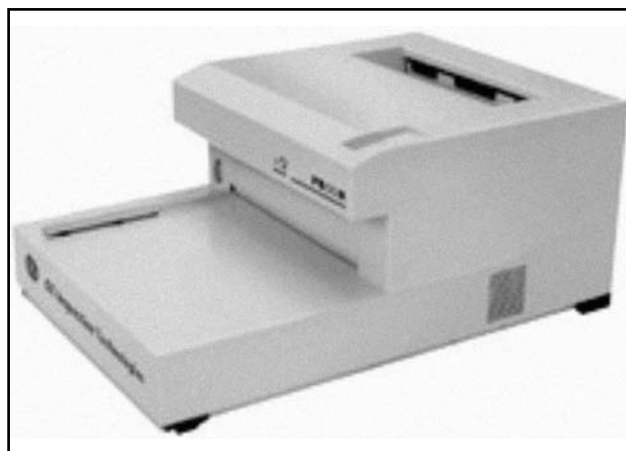
A digitális technika széles körű elterjedése tapasztalható a roncsolásmentes anyagvizsgálatok területén. A röntgensugárással végzett munka során elsőként a képfelvévő eszközökben került alkalmazásra, majd a felvételek kiértékelésében és a felvételek archiválásában vált nélkülözhetetlenné. A digitális adat tárolás nagy előnye, hogy az így tárolt adatok időállóbbak, mint a hagyományos adathordozók (pl. fotólemez) információi. Fontos viszont ügyelnünk arra, hogy a számítástechnika rengeteg eszköze könnyen meghamisíthatóvá teszi a képek hordozta információt. Természetesen vannak olyan röntgen vizsgálati módszerek is, ahol nem a képalkotási tulajdonságok miatt alkalmazzák a röntgen technikát, mint a röntgen diffrakció vagy a röntgen fluoreszcencia, azonban a „digitalizáció” ezeket a módszereket is elérte. Ezekről is említést teszünk.

Digitális röntgenkép készítés

Röntgen filmdigitalizáló

Nem lehet figyelmen kívül hagyni, hogy az elmúlt időszakban többnyire röntgen filmeket használtak a röntgen radiográfiai és radiológiai munkák során a felvételek elkészítésekor és azok archiválásakor. Elképzelhető, hogy a filmek tárolása milyen hatalmas hely igényel jár, akár a műszaki gyakorlatban, akár az egészségügyben felhalmozódó, kötele-

zően archiválható anyagokra gondolunk. Ezért létrehozták a röntgen filmdigitalizáló készülékeket, amelyek segítségével az archiválás hely igényét, annak tört részére lehet csökkenteni, anélkül, hogy az eredeti film-felvétel minősége számottevően csökkenne [1]. Egy ilyen készülék fotója látható az 1. ábrán. Ebben a készülékben egy HeNe lézer világítja meg a filmet, amelynek intenzitását pontról-pontra kiolvassa egy speciális csatolású multiplier, vagy vonal kamera, amelyeknek a



1. ábra. Röntgen filmdigitalizáló

* MTA Energetikai Kutatóközpont

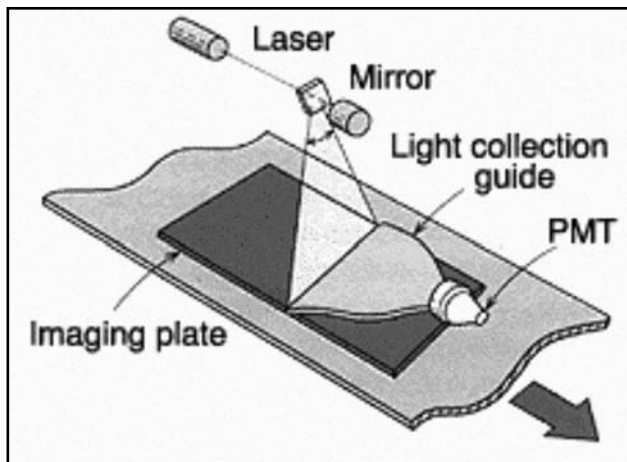
RÖNTGEN VIZSGÁLATOK

felbontása 50 mm. Az egyes pontok dinamika tartománya 12 bit (4096 szűrkeség árnyalat). Valamennyi szabványos filmméret digitalizálására képes 35 cm filmszélességig, hossz méreti korlátozás nélkül. A feldolgozási sebessége egy 350 X 435 mm-es film esetén 2 perc.

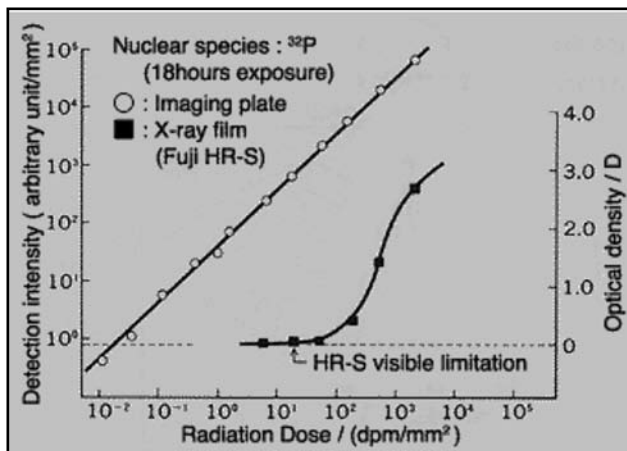
Röntgenkép felvételt készítés foszfor lumineszcenciás lemezzel

A XIX. század végétől az 1980-es évekig a röntgen film volt a röntgen vizsgálatok eredményeinek megjelenítésére és archiválására szolgáló egyedüli eszköz a műszaki gyakorlatban. Tudomásul kellett venni, hogy a film előhívása labor munkát igényelt, sötétkamrában. Ezen egy kicsit könnyítették a XX. század utolsó évtizedében tömegesen megjelenő automata, könnyen szállítható film előhívói, de azért ezekkel is volt elég üzemeltetési probléma. A röntgen film érzékenységének nem-lineáris sugárdózis függése, az alkalmazása során mindig gondot okozott.

A foszfor lumineszcenciás lemezek (a nyugati szakirodalomban „Imaging Plate”-nek nevezik és az IP rövidítést használják a jelölésére) felhasználásán alapuló, digitális röntgen technika sok tekintetben forradalmi változást hozott, a röntgenfelvételi technikában [2]. Ennek a lemeznek az anyagában a vizsgálati tárgy röntgen radiográfiai, látnak képe, töltésképként örökítődik meg, amelyet akár több napig is képes megőrizni. A kiolvasás menetét vázlatosan mutatja a 2. ábra. A kiolvasóba helyezett lemezt, egy galvanikus tükör segítségével, HeNe lézerral világítják meg soronként, amely hatására a lemezben tárolt töltések, az azokat létre hozó röntgensugár intenzitásával arányos, fény felvillanásokat generálnak, amelyek szál optikával összekapcsolt multiplierbe kerülnek felerősítésre, majd egy A/D konverter digitalizálja azokat pontonként. Az eszköz felbontása 50 μm . Ez kétségtelen, hogy kissé



2. ábra. A foszfor lumineszcenciás lemez kiolvasásának vázlatja



3. ábra. A foszfor lumineszcenciás lemez és a röntgen film érzékenységének,

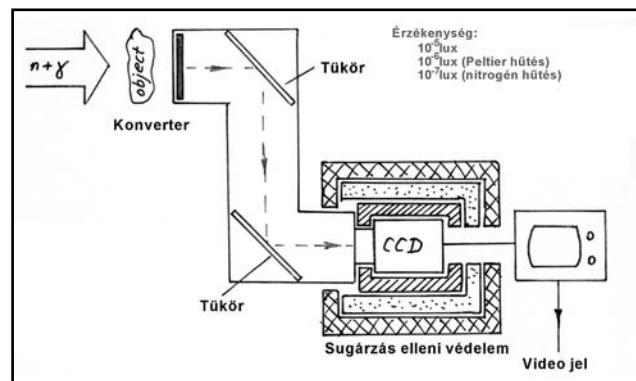
elmarad a legjobb röntgen filmek felbontásánál, de ennek a technikának nagyon sok előnye van a filmes módszerhez képest.

Sokkal nagyobb az érzékenysége, amellyel az átvilágítási idő csökkenthető tört részére, vagy a röntgensugárzás teljesítménye csökkenthető, így enyhébb követelményeket kell teljesíteni a szükséges sugárvédelmi intézkedéseknél. A lemez érzékenységének sugár dózis függése lineáris. A 3. ábrán láthatjuk a foszfor lumineszcenciás lemez és a röntgen film érzékenységének, valamint azok sugár dózis függésének összehasonlítását. Az elektronikus kiolvasott kép a vezérlő PC-be kerül. Itt el lehet tárolni, vagy el lehet végezni a felvétel kiértékelését, a digitális képfeldolgozási technika minden transzformációs lehetőségét kihasználva, az eredeti felvétel információ tartalmának megőrzése mellett. A kiértékelte felvételt elektronikus úton el lehet juttatni a megbízóhoz, de video-konferencia keretében más kollegákkal is meg lehet vitatni az érdekesebb sajátosságokat. A lemez integrális típusú detektor és kiolvasás után egyszerűen törölhető, legalább 1000-szer újra használható. Nem igényel sötétkamrát, de ultra-ibolyán túli sugárzásnak nem szabad érnie (mert törődik). Nincs szüksége vegyszeres kezelésre, tehát elkerülhető a hosszadalmas, vegyszer megsemmisítési eljárások lefolytatása. A telepítésekor nem kell különleges infrastrukturális igényeket kielégíteni. Elegendő a fokozott tisztaság. A megfelelően kiképzett és nagy gyakorlattal rendelkező RT-3 és RT-2 mű-nősítéssel rendelkező anyag vizsgálatok rövid időn belül (1-2 hét) elsajátíthatják a kezelését.

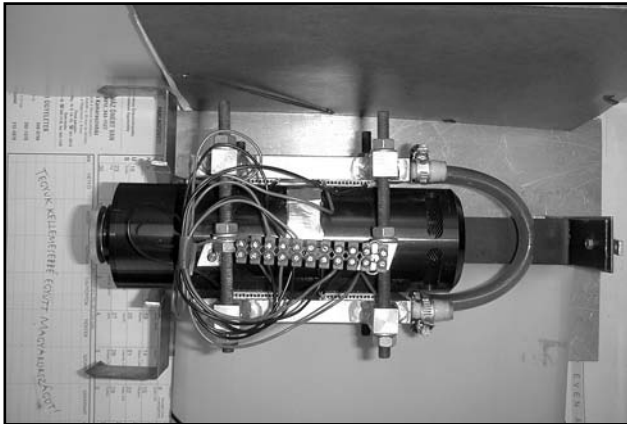
Röntgenkép felvétel készítése CCD kamerával

A félvezető ipar fejlődésében az 1980-as évek robbanásszerű gyártástechnológiai áttörése (nagy tisztaságú, nagyméretű szilícium egykristályok tömeggyártása), lehetővé tette a CCD kamerák érzékelő lapkáinak előállítását. A lapkákban a fotoeffektus hatására, a beérkező fény mennyiségével arányos nagyságú töltés halmozódik fel az inverziós rétegben. Az összegyűlt töltés nagyságát megmérve következtethetünk a beérkező fény mennyiségére. Meg kell jegyeznünk, hogy a lapkákban töltött részecske sugárnyalábbal való kölcsönhatás során is létre jön a töltés felhalmozódás. A különleges gyártási technológiával készülő lapkával ellátott CCD kamerákat használják a közvetlen (direkt) radiográfiai munkákban detektorként. A félvezető alkatrészek nagy többsége azonban nem rendelkezik megfelelő sugár állékonysággal, ezért csak alkalmas elrendezésben és elegendő sugárvédelmi anyagot tartalmazó környezetben szabad használni a CCD kamerákat, amint az a 4. ábrán látható.

A nagyérzékenységű CCD eszközt nem szabad a direkt nyalábbba helyezni. A vizsgálati tárgy sugárzás által keltett, a sugárzás-fény átalakító konverteren megjelenített radiográfiai képét, tükör segítségével kell, a megfelelő sugárvédelmi árnyékolásban elhelyezett kamerához juttatni. Az érzékelő lapkán (chipen) nem csak a sugárzás, hanem a hő mozgás miatt is elszabadulhatnak (sötét áram) töltések [3]. Ez a jelenség erősen függ a lapka hőmérsékletétől. Ezért célszerű annak felületét hűteni. Példaként megemlítjük, hogy egy asztromia jelenségek megfigyelésére használt CCD kamera érzékenysége szobahőmérsékleten 10^{-5} lux, két körös, vízhűtéses Peltier elemek között, -70C° -on, 10^{-6} lux, míg cseppfolyós nitrogénnel hűtve, -190C° -on 10^{-7} lux volt. A



4. ábra. Nagyérzékenységű CCD kamera felvételi környezetben

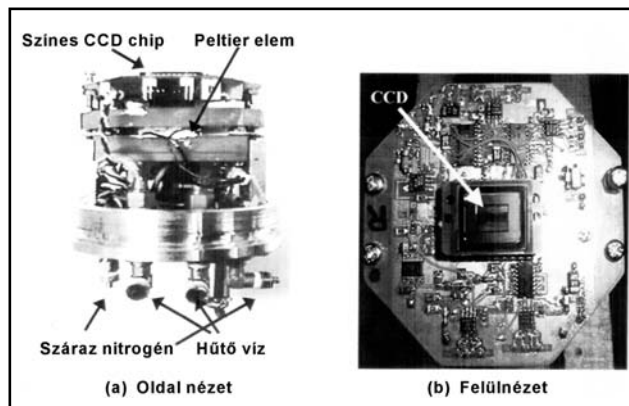


5. ábra. CCD kamera zaj csökkentése, utólagosan felszerelt víz hűtéses Peltier modulokkal

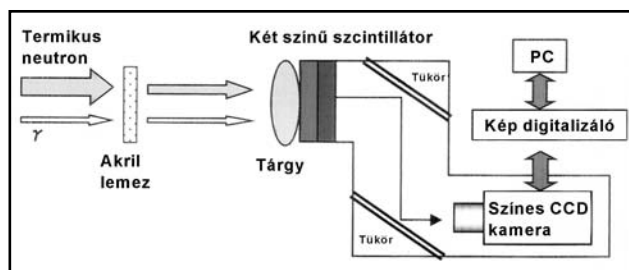
CCD kamerák hűtésén utólag is lehet javítani, amint azt az 5. ábrán lehet látni. Ebben az esetben az egész kameraházat sikerült lehűteni vízűtéses Peltier modulokkal, 45 C°-ról 15 C°-ra, ami jelentős képminőség javulást eredményezett.

Japán mérnökök, kutatási célra kifejlesztették a nagy érzékenységű és nagy felbontású, színes CCD kamerákat. Amelynek fényképe a 6. ábrán látható. Az alkalmazását a 7. ábrán láthatjuk.

A képfelvétő lapkát két körös, vízzel hűtött Peltier elemmel hűtik, a lefűvátásra száraz nitrogént használnak. Fő alkalmazási területe az egyidejűleg használt, komplex neutron- és gamma radiográfiai mérés technika. Az elrendezés vázlatja a 7. ábrán látható [4]. A Toshiba cég által gyártott szcintillátor lemez a neutronsugárzás által keltett képet piros színnel, míg a gammasugárzás által keltett képet zöld színnel jeleníti meg. Meg kell említeni, hogy a CCD technika elterjedése előtt is használtak a radiográfusok vidicon csöves tv kamerákat [5], azonban ezek képfelvételi ideje 40 msec volt, ezért képerősítő egységet kellett hozzájuk illeszteni, ami jelentős költséggel járt, azonkívül az is némi zajnövekedést eredményezett.



6. ábra. Nagy érzékenységű és nagy felbontású, színes CCD kamera nézeti képei



7. ábra. Színes CCD kamera alkalmazása az egyidejűleg alkalmazott komplex, neutron – és gamma radiográfiai

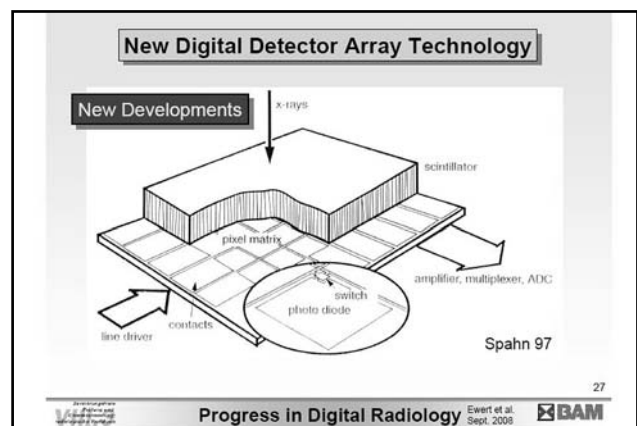
Röntgenkép felvétélkészítés Flat-Panel detektor lemezzel

A technika lényege, hogy a felvételek detektor lemezre, úgynevezett flat panelre készülnek., amelynek vázlatja 8. ábrán látható.

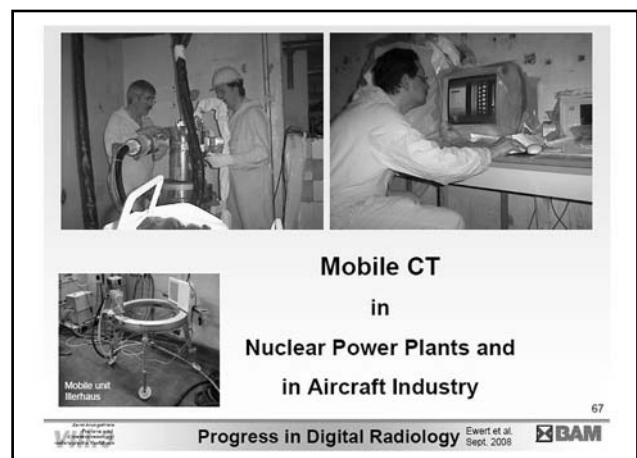
A detektor lemez egy konverter réteggel fedett, az elektromos jelet érzékelő, vékonyfilm tranzisztor panel. A konverter rétegben a röntgensugár feszültségkülönbséget indukál és elektronlukak alakulnak ki a sugárzás intenzitásától függően. Ezt az elektromos jelet fogja fel a vékonyfilm tranzisztorpanel. Az elemi pixeleket alkotó tranzisztorok mérete 100X100 mm. Az elektromos jelek soronként és oszloponként kerülnek kiolvasásra. Egy lemez 2048 X 2048 elemi tranzisztort tartalmaz.. Az eszköz lineáris és 12 bit a dinamika tartománya. A lemez mérete 300X400 mm [6]. A kiolvasási sebessége igen nagy, 40 msec/kép, ami azt jelenti, hogy megfelelő teljesítményű röntgen sugárforrás alkalmazása esetén, a vizsgálati tárgyat mozgás közben is tanulmányozhatjuk. A detektorpanel vezeték nélkül kommunikál a megfelelő számítógépes rendszerrel, nincs közbülső kiolvasó interface egysége, tehát könnyen mobilizálható és így lehetőség nyílik a röntgen computer tomográfiai (CT) technika ipari alkalmazásának elterjedésére is, amint ennek a nukleáris ipari és repülés ipari felhasználását láthatjuk a 9. ábrán. Egyébként lehetőség van a raioszkópiai technika alkalmazására is. Ez utóbbi azt jelenti, hogy video technikával megjeleníthetővé válnak a tárgyak belsejében történő változások.

(A digitális felvételeken lehetőség van az utólagos processzálásra is pl. kiértékeléskor való fényerő- és kontrasztbeállítás). A szervereken, digitális archivumokban könnyen előkereshetők a vizsgálati tárgy előző felvételei, így az összehasonlító ellenőrzései is könnyebben elvégezhetők. A felvételek digitális címkékkel megjelölhetők, válogathatók, csoportosíthatók, ami nagyban segíti az oktatást és a tudományos tevékenységet.

Napjainkban sok szó esik a CERN-ben folyó kutatásokról, itt most egy a röntgen CT alkalmazásával kapcsolatos vizsgálatot mutatunk be.



8. ábra. Flat-Panel detektor elvi felépítése

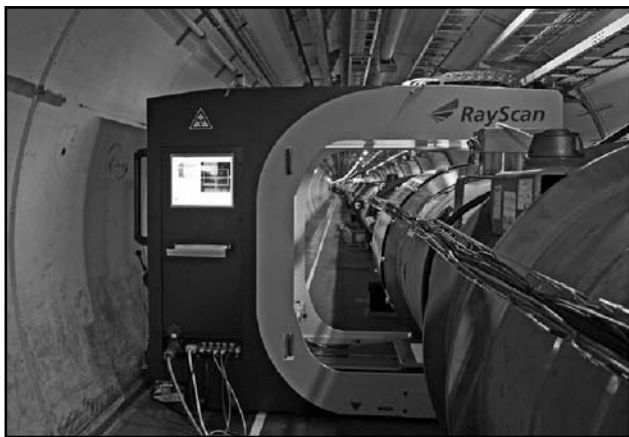


9. ábra. Hordozható ipari röntgen tomográfiai berendezés

RÖNTGEN VIZSGÁLATOK

Ez a berendezés a CERN Large Hadron Collider (LHC)-jének, egyik karbantartására szolgáló mobile CT eszköze, amelyről szó van [6]. Az LHC néhány paramétere: az alagút kerülete 26,65 km, az alagút átmérője 3,8 m, mindez 100 m mélyen a föld felszíne alatt. A részecske nyalábokat maximálisan 14 TeV energiával lehet ütköztetni, ilyenkor a nyaláb közepén a részecske sűrűség eléri a 10^{34} -t $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$ -ként. Ezt a nyalábot szuper folyékony héliummal hűtött (1,9 K^o) szupravezető mágnesekkel tartják a repülési cső tengelyében. 7500 szupravezető mágnes veszi körül az LHC-t. Ezek 1232 fő-dipól gyűrűbe és 438 fő-quadropól gyűrűbe vannak szerelve. Az előbbiek 15 m hosszúak, míg az utóbbiak 8 m hosszúak. Így az alagútban 22,5 km-t töltenek ki. Ezek szerelésekor ~40000 plazma-hegesztést végeztek és több, mint 60000 összekötést alakítottak ki a szupravezető mágnesek között. A rendszer ellenőrzésére bontás nélküli NDT technikát kell alkalmazni, mert az alacsony hőmérséklet hőszigeteléséhez és a részecskék mozgásának a biztosításához „nagy” vákuumot kell biztosítani. Csak a radiológiai vizsgálatot lehetett kivételezni a rendszer összetett jellege miatt, mivel a hibahely meghatározása nagyon fontos volt, ezért a választás a röntgen CT-re esett. Létrehozták a RayScan Mobile készüléket, amely a 10. ábrán látható, amint az LHC-n CT felvételt készít. Sugár forrásként 225 kV-os mini röntgen készüléket, míg detektorként 400 mm X 400mm méretű Flat Panel (FP) került alkalmazásra. Az FP 2048 X 2048 pixelt tartalmaz.

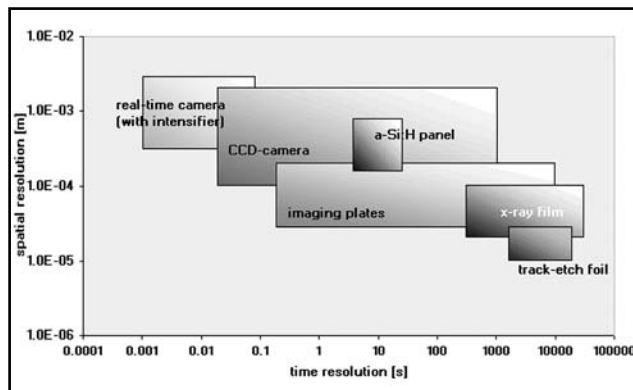
Egy pixel mérete 0,2 mm X 0,2 mm. A felvételező rendszer haladását és forgatását, egy négytengelyű szervo rendszer biztosítja. A képkalkító egység mindkét tagja plusz-mínusz 45°-ra elfordítható. Egy felvételi beállításból maximum 1,2 m-es részről készülhetnek képek. A vizsgálat során az FP-val valósidejű radioszkópiai felvételeket vesznek fel folyamatosan, és azok el lesznek tárolva. Amennyiben kétséges állapotú (hiba gyanús) helyhez érnek, ott komplett CT felvétel készül. A RayScan Mobile készülék üzemelése során, biztonsági előírásként, előtte és mögötte 100 méteres távolságban lezárják az LHC alagútját.



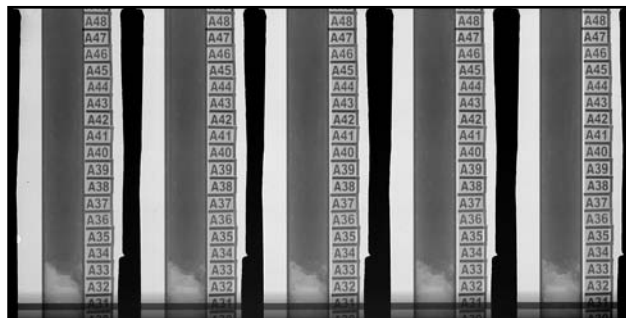
10. ábra. A RayScan Mobile készülék CT vizsgálatot végez az LHC-n

A digitális röntgen vizsgálatok detektorainak rövid áttekintése

Eddig kevés szó esett a detektor eszközök időfelbontásáról, amelyet a 11. ábrával teszünk érzékelhetővé. A statikus kép rögzítésére szolgáló detektorok, többnyire nagy felületű, lemez formátumú eszközök (röntgen film, imaging plate és az első generációs Flat-Panel detektorok, valamint a régi típusú CCD kamerák, amelyek felbontása igen jó és többnyire kétdimenziós felvételek készítésére alkalmasak. Az átlagos felvételi idejük 1 másodperc és 1 óra között változik, a vizsgálati tárgy anyagától és radiális vastagságától, valamint az alkalmazott átvilágítási röntgen teljesítménytől függően. A röntgen film kivételével azonban ezekkel a detektorokkal is lehet 3 dimenziós képekhez szükséges felvétel sorozatokat készíteni. A legbonyolultabb eljárást az imaging plate-val készült felvétel sorozat elkészítése igényli. Ismeretes, hogy egy jó minőségű



11. ábra. A digitális röntgen detektorok speciális felbontás és időfelbontás függése



12. ábra. Röntgen tomográfiai felvétel sorozat részlet, egy meghibásodott szabályzó rúdról

tomográfiai kép rekonstrukálásához 180 darab, a vizsgálati tárgy 1 fokosként elforgatásával előállított, radiográfiai felvételre van szükség. Tudjuk, hogy egy IP lemezre maximum 1000 felvétel készíthető, így a meglehetősen drága detektor lemez, öt felvételi sorozat elkészítése után, gyakorlatilag használhatatlanná válna. Ezért csak akkor vállalható ez a felvételi technika, ha a tárgy mérete csekély és legalább öt felvétel készíthető egymás mellé róla egy lemezre, megfelelő takarás- és távvezérelt lemezmozgatás alkalmazásával. Erre látunk példát a 12. ábrán, ahol egy meghibásodott szabályzó rúdról készült felvétel sorozat részlet látható, amelyen öt, különböző szögben exponált radiográfiai felvétel helyezkedik el egy 20 X 40 cm-es lemezen, kölcsönhatások nélkül [7].

Dinamikus radiográfiai felvételek csak a korszerű Flat-Panel és CCD kamerákkal készíthetőek, amint ez a 11. ábra alapján megállapítható. Itt is létezik kivétel, mert ha a hagyományos vidikon felvevő csöves kamera elé illesztünk egy elektronikus képerősítőt, akkor annak a segítségével tanulmányozhatóak lesznek a vizsgálati tárgy belsejében lejátszódó mozgással járó események. Természetesen ilyenkor a kép egy kissé zajossá válik, ami a felbontás romlásával jár.

Végül a digitális röntgen radiográfia képfelvevő egységeinek főbb paramétereit tekinthetjük át az 1. táblázatban. Kétségtelen, hogy alkalmazástechnikailag a Flat-Panel típusú eszközök használatba vétele tűnik a legelőnyösebbnek. Azonban tudnunk kell, hogy a planár tranzisztorok átmeneti rétegei, a 100 kV feletti besugárzási teljesítmény,

1. táblázat

Detektor rendszer	Rtg film digitalizálás	Szcintillátor+ CCD kamera	Imaging Plates	Amorf Si Flat Panel
Felbontás (pixel méret μm)	20 – 50	100 – 500	5–25–50–100	100
Típusos exponálási idő	5 min	40 msec–10 sec	20 sec	40 msec–10 sec
Detektálási terület	18 X 24 cm ²	25 X 25 cm ²	20 X 40 cm ²	30X40cm ²
Vonal menti pixel szám	4096	2048	6000	1750
Dinamikus érzékenység	10^2 (nem lineáris)	10^5 (lineáris)	10^5 (lineáris)	10^5 (lineáris)
Digitális dinamika	10 bit	16 bit	16 bit	14 bit

tartós használat esetén meghibásodnak. Az IP lemezek használata során is kerülni kell a szükségtelenül nagy besugárzási teljesítmények használatát, mert a lemezek „beéghetnek”. Ezt szűrők és részleges takarások alkalmazásával kerülhetjük el. A megnövelt idejű törlés a „beégési” hegek kezelésében nem szokott eredményes lenni, mert a túlzott felmelegedés hullámossá teszi a lemezt.

A teljesség igénye nélkül közléseink néhány fontos szabványt, amelyek ismerete, nélkülözhetetlenül fontos a digitális röntgen vizsgálatokat végző szakemberek számára.

E 2445 – 05 Long term stability

E 2446 – 05 Classification

E 1000-92 Standard Guide for Radioscopy

E 1411-91 Standard Practice for Qualification of Radioscopic System

E 1255-92 Standard Practice for Radioscopy

New Standards on Digital Industrial Radiology	
EN 13068	Radioscopy
EN 14096, ISO 14096	Film Digitisation
EN 14784 CR	Part 1: Classification of Systems, Part 2: General principles
ASTM CR	Classification (E 2446), Long term stability (E2445), Guide (E 2007), Practice (E 2033)
ASME (BPVC, S.V. XI) CR Code Case 2476	Radiography (CR) with Phosphor Imaging Plates
ASTM E 2597	Characterisation of DDAs by manufacture
ASTM E 07	DDA practice under development
ASTM E 2422	First digital catalogue, light alloy casting digitized films from ASTM E 155 (BAM)
- EN 1435 Teil 1 NDT of welds: Film	
- EN 1435 Teil 2 NDT of welds: CR	

Progress in Digital Radiology Ewert et al. BAM

A teljesség igénye nélkül megemlítünk két további röntgen vizsgálati módszert, amelyek alkalmazása egyre nagyobb teret kap a tudományos és műszaki életben egyaránt.

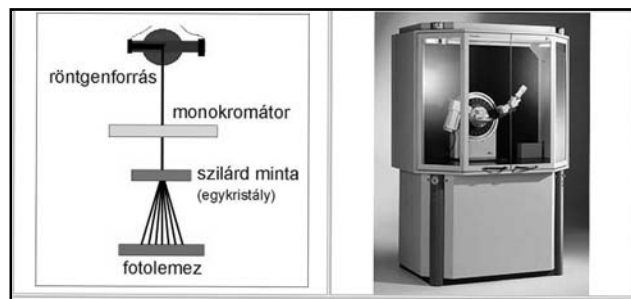
Röntgen diffrakció

A röntgen diffrakció esetében röntgensugarak hajlanak el az atomok elektronburkán. A két vagy több atomról szóró sugárzás interferál egymással, és a fényképező lemezen, vagy az IP lemezen szabályosan elhelyezkedő foltokból álló interferenciakép jelenik meg [8]. Ebből egykristályos, szilárd anyagból álló mintánál meghatározható az atomok pontos helye az elemi cellában. A foltok méretéből következtetni lehet az atomok minőségére is. A módszer nagy molekulák (pl. fehérjék), kisméretű, gázállapotú molekulák és porok szerkezet-vizsgálatára is használható.

Kapott információ:

- rácsállandó (kötéshossz)
- kötésszög
- kémiai minőség

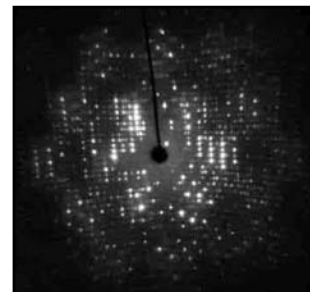
A röntgen diffrakciós berendezés elvi rajza az 13/A. ábrán látható, míg egy korszerű röntgen diffrakciós készülék az 13/B. ábrán látható. A foto lemez helyettesíthető IP lemezzel és a 15. ábrán látható por-



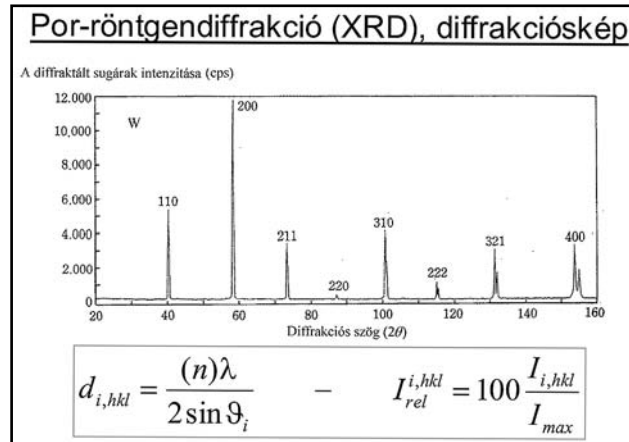
13/A. ábra. Röntgen diffrakció elvi felépítése

13/B. ábra. Egy modern röntgen diffrakciós műszer fotója mérés kiértékelése digitalizálható

diffraktogramon a kristályrácsot jellemző ($dhkl$) rácscik távolságoknak megfelelő (2Θ) szögeknél intenzitás maximumokat kapunk. A diffraktogramon minden egyes csúcs (hkl) rácscik seregnek felel meg. A reflexiók indexelése alapján meghatározható a minta rácscik paramétere, a megfelelő adatbázisok használatával. Az ötvöző atom rácscik paramétere alapján meghatározható annak koncentrációja és szemcsemérete a diffrakciós vonalak szélességéből.



14. ábra. Diffraktogram



15. ábra. Por-röntgen diffrakciós kép szerkezet meghatározásra

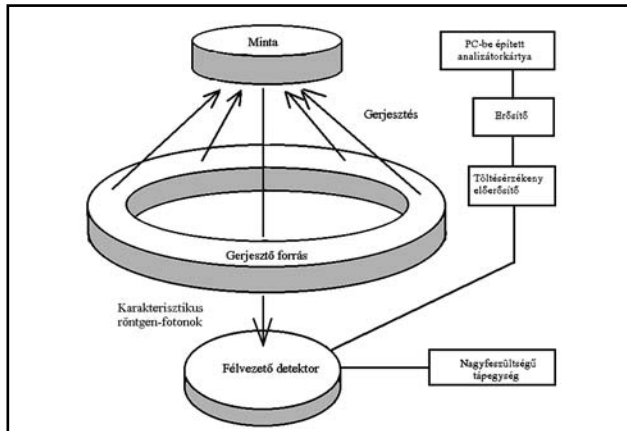
Powder Diffraction File (PDF) adatbázis: fázisazonosítások, fáziselemzések

- Az adatbázis megjelenési formái (katalógus kártyák, könyvek, CD-ROM, relációs adatbázis PDF-4/Full, PDF-4/Organics)
 - ICDD (International Centre for Diffraction Data), kb. 6000 USD.
 - BME-OMIKK 1993-ig kártyák + könyvek; CD-n az újabb beszerzésű diffraktométerekhez (2006-2010, Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék)
 - Indexek (Alphabetical Index, DDView-programok), Kereső könyvek (Hanawalt Search Index, Sieve-programok)
 - Inorganic Phases
 - Organic and Metall-organic Phases
- A kísérleti fázisok azonosítása (adatbázis forráskód, set- és kártyaszám megadása)
 - Elosmeretek hasznosak a kiindulási anyagokról, a vegyületekben várhatóan előforduló elemekről,
 - A mért nagyintenzitású csúcsok, de lehetőleg a referencia kártyán szereplő összes jelentős intenzitással bíró rács távolságok (λ) a mérési hibákon belül egyezést mutatnak a kísérleti értékekkel
 - Számítógépes kereső-összehasonlító (Search - Match) algoritmusok segítségével generált valószínűségi lista kritikai értékeivel.
 - Por diffrakciós referenciakártya hiányában az egykristály diffrakciós adatbázisokból elérhető szimulált portévételek segítségével hívásával.
 - Rietveld-analízis (szerkezet portévételeiből, fázisarányok illesztése az intenzitás arányokra)

Röntgen-fluoreszcencia

A röntgen-fluoreszcencia módszer lényege, hogy valamely kis energiájú röntgen-, vagy gamma-sugárral a minta atomjainak belső elektronjait kiütjük [9]. Ilyenkor magasabb energiaszintről ugrik be egy elektron a lyukba, és az atom a két nivå energiakülönbségének megfelelő energiájú karakterisztikus röntgensugárzást bocsát ki. Ezt a választ hívjuk röntgenfluoreszcenciának. Az elemeket a kilépő röntgenfoton energiája alapján ismerhetjük fel, hasonlóan ahhoz, amikor a rádió-állomásokat a frekvenciájuk alapján azonosítjuk ($E=h \cdot \nu$, ahol E a foton energiája, h a Planck-állandó és ν a foton frekvenciája). A röntgenfotonok energiája a megfigyelések szerint a rendszám négyzetével arányos. A kibocsátott karakterisztikus sugárzás intenzitásából a hatásokok és az önnyelődés meghatározása után az adott elem koncentrációja meghatározható. Így a röntgen-fotonok energiája alapján lehet minőségi-, az intenzitásuk alapján pedig mennyiségi analízist végezni.

A röntgen-fluoreszcencia analízis (RFA) roncsolásmentes atom-



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

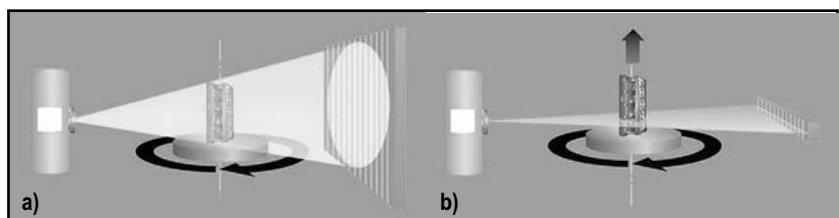
Czinege Imre¹, Kozma István¹,

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 szögrel 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 azzal a különbséggel, hogy nem egyetlen 2D-s átvilágítás készül az alkatrésztől, 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 (üregek, 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