

Kompozit szerkezetek tanulmányozása Komplex, Digitális Radiográfiával [☐]

Study of composite structures with complex digital X-ray method

Balaskó Márton*, Horváth László*, Vígh Zoltán**, Pogácsás Imre**

Kulcsszavak: Roncsolásmentes vizsgálatok, neutron radiográfia, röntgen, kompozit, forgószárny-lapát,
Keywords: NDT, neutron radiography, X-ray, composite, rotor wing,

Summary

In the reference sectors of metal composite helicopter rotor wings produced each artificial defects (small size foreign material indentation, small quantity water injection, glue difference on small surface, small stone strikes) were successfully indicated with digital radiographic methods. The defects book was prepared from the tests of the previous years.

The digital radiographic measurements of plastic composite helicopter rotor wings proved that tests carried out by the complementary neutron rays are available to determine the position of metal structures and the checking of joining of plastic parts.

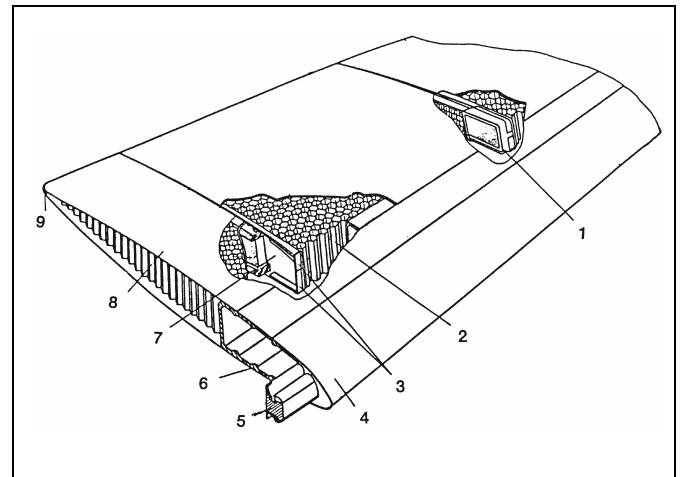
1. Bevezetés

Napjainkban egyre terjed a kompozit szerkezeti anyagok alkalmazása a könnyű szerkezeteket előállító iparágakban, mint amilyen a közlekedési eszközök gyártása, ezen belül, első sorban a repülés technika és az űrkutatás. A mi általunk vizsgált tárgyak is a repülő eszközök alkatrészei, nevezetesen a helikopterek forgószárnyai. Ezúttal az Mi-24 típusú, sok fém komponens is tartalmazó forgószárny-lapát szektorában, mesterségesen létrehozott hibahelyeket követtünk nyomon, illetve a Kamov-26 típusú, főleg műanyagból készült lapátokon végeztünk összehasonlító méréseket.

2. Vizsgálati tárgyak

2.1. Fém kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok

Az általunk vizsgált Mi-24 típusú helikopterek forgószárny lapátjai 9850 mm hosszúak, 700 mm szélesek és 65 mm vastagak voltak. Súlyuk ~110 kg volt. Egy különlegesen szilárd alumínium ötvözetből készült főtartót tartalmaztak, amelyekre speciális ragasztási technológiával voltak rögzítve, a felhajtó erőt szolgáltató szektorok (17 db). Az 1. ábrán látható a helikopter forgószárny-lapát felépítése. Jelen munkánkban ismertetjük, egy szektor sorozatban, mesterségesen létre hozott hibák nyomon követésével, létesítendő hiba könyvtár megalapozását.



- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. Rekeszközi betét | 6. Főtartó |
| 2. Sejtrácsos töltőanyag | 7. Borda |
| 3. Talp | 8. Borítás |
| 4. Jégtelenítő | 9. Hátsó hosszmerítő |
| 5. Ellensúly | |

1. ábra Helikopter forgószárny-lapát felépítése

[☐] Az V. Roncsolásmentes Anyagvizsgáló Konferencia és Kiállításon elhangzott előadás szerkesztett változata

* MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf 49.

** HM Fejlesztési és Logisztikai Ügynökség

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA

NDT TECHNICS

2.2. Műanyag kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok

Ebben a téma körben, hazánkban első sorban a mezőgazdasági repülésben használt Kamov 26 típusú helikopterek forgószárny lapátjait vizsgáltuk. Ezekben csupán a lapátot a vezérműhöz csatlakoztató gyök és a rezgéscsillapító flutter súlyok, valamint a burkolat készültek fémből. Hosszuk ~ 6,5 méter, szélességük ~ 320 milliméter, súlyuk ~ 11,5 kilogramm. A 2. ábrán két darab (egy üzemképes és egy üzemidejét már lerepült) Ka-26 lapát látható a Budapest kutató reaktor, Radiográfiai állomásának tetején.



2. ábra Ka-26 típusú helikopter rotor lapátjai a Radiográfiai állomás tetején

3. Vizsgálati módszerek

A helikopterek forgószárny lapátjainak vizsgálatát a Budapest kutató reaktor 2. számú vízszintes csatornájánál telepített Radiográfiai állomáson végeztük el [1]. A mérőhelyen lehetőség van, a tárgyak digitális röntgen - és digitális neutron radiográfiai (DXR), (DNR) módszerekkel történő tanulmányozására. A neutron radiográfiai vizsgálatok végzésére alkalmazott neutron nyaláb fluxusa, a kollimáció után $10^8 \text{ n X cm}^{-2} \text{ X sec}^{-1}$, átmérője 220 mm volt. Az ennél nagyobb méretű tárgyak letapogatására szolgáló, távvezérelt mozgó mechanizmusunk 10 m hosszú, 70 cm széles és 200 kg súlyú eszközök tanulmányozását teszi lehetővé. A röntgen radiográfiai felvételekhez egy Szuper Liliput típusú hordozható, ipari röntgen készüléket helyeztünk a sugárnyaláb pozíciójába, és azzal készítettük a felvételeket. A berendezés digitális radiográfiai képfelvévő rendszerének vázlatát a

3. ábrán látható. A vizsgálati tárgy sugárzások által keltett árnyképét a cserélhető sugárzás-fényátalakító szcintillátorok teszik láthatóvá. A belőlük kilépő kis intenzitású fény, egy tükörről reflektálódva kerül a képképző, távvezérelhető zoom optikával felszerelt nagyérzékenységű CCD kamerába, amelyet kétkörös Peltier - elemes hűtőmodullal szereltünk fel. A képképzési idő 40 msec és 400 sec között változtatható. A felvétel digitalizált képe a vezérlő PC monitorán jelenik meg, egyidejűleg DVD digitális képrögzítővel, illetve hagyományos S-VHS videó magnóval is rögzíthető. A mérőhelyen belüli mozgásokról a pozicionáló kamera szolgáltat információt.

A képképző rendszer főbb adatai:

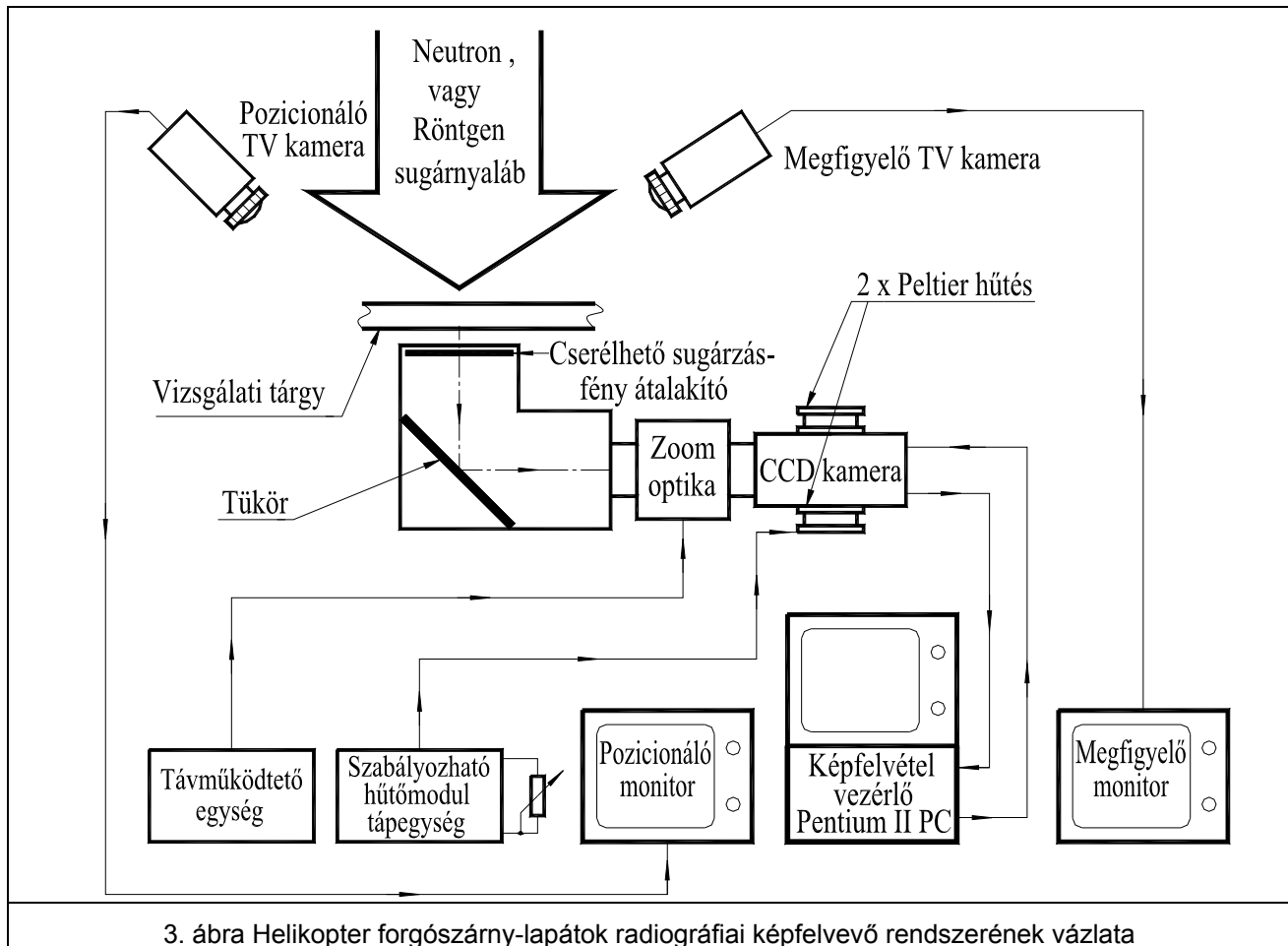
- A Photo Science nagyérzékenységű CCD kamera, érzékenység: 10^4 lux
- képfelbontás: 756x581 pixel, képképzési idő: 40 msec - 400 sec, A/D konverzió: 10 bit,
- CCIR rendszerű, kimenet: analóg és digitális.

4. Fém kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok digitális radiográfiai mérései

Az elmúlt évek során az MTA KFKI Atomenergia Kutatóintézetben 28 darab fém kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátot vizsgáltunk meg radiográfiai és rezgésdiagnosztikai módszerekkel a Magyar Hadsereg Repülő Műszaki Szolgálat Főnökségének (MHRMSZF) megbízásából [2], [3], [4],[5]. A mérések eredményeinek értékelése során nyilván valóvá vált, hogy a radiográfiai mérések alkalmasak a szektorokon belül egyidejűleg meglévő hibák feltárására, míg a rezgésdiagnosztika erre nem képes. Elhatároztuk, hogy eddig még nem használt, tartalék szektorokban létesítünk referencia hibákat, mint kis méretű idegen anyag behatolása, csekély mennyiségű vízbehatolása, kis felületű ragasztó eltérést és ütődéses (felverődés) kárt okozó változásokat, eszközünk. Először szektoronként egyet, majd a sikeres rezgésdiagnosztikai azonosítás után, újabbakat hozunk létre, egyenként. A 4. ábrán látható egy referencia hibát tartalmazó szektor radiográfiai felvétel közben.

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA

NDT TECHNICS



4. ábra Referencia hibát tartalmazó szektor a radiográfiai vizsgálatok közben

4.1. Digitális Neutron radiográfiai mérés

A képkötési síkban ZnS_{Ag}/Li^6 tartalmú szcintillációs lemez alakítja fénné a neutronnyaláb alkotta képeket, amelyeket nagyérzékenységű tv kamera tesz láthatóvá. A Photo Science CCD kamerával készült digitális felvételeket, a kameravezérlő PC-n keresztül tudjuk kiértékelni a gyártó cég Image-Pro Lite programja felhasználásával a reaktorcsarnokban. Az 5. ábrán egy fém zárvány neutron radiográfiai képe látható a 2.sz referencia tárgy A03 jelű képmezőjében, magyarázó feliratokkal ellátva.

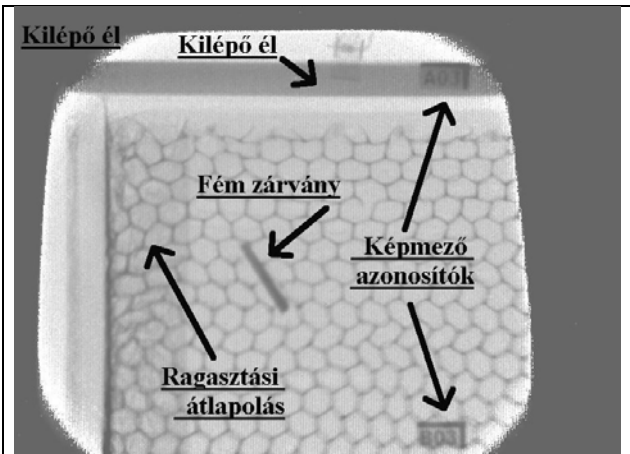
4.2. Digitális Röntgen radiográfiai mérés

Ebben az esetben a képkötési síkban lévő ZnS tartalmú, LGG 400 típusú szcintillációs lemez alakítja fénné a röntgen sugár nyaláb alkotta képeket, amelyeket a Photo Science CCD, nagyérzékenységű tv kamera tesz láthatóvá. A 6. ábrán a 2. sz. referencia tárgyban létre hozott,

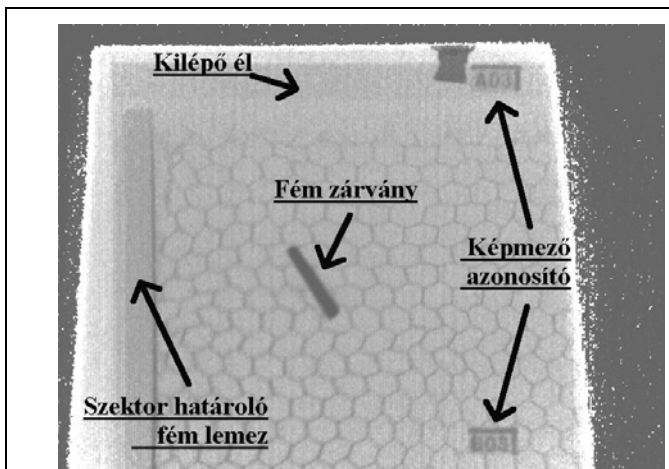
RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA

NDT TECHNICS

idegen tárgy behatolását modellező, fém zárvány röntgen radiográfiai képe látható.



5. ábra Fémzárvány DNR képe a 2.sz referencia minta A03 jelű képmezőjében.



6. ábra Fémzárvány DXR képe a 2.sz referencia minta A03 jelű képmezőjében.

5. Műanyag kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok digitális radiográfiai mérései

Ez esetben a digitális radiográfiai egy másik eszközét, a FUJI cég által kifejlesztett Imaging Plate (IP) technikát alkalmaztuk munkánk során. Ezen képfelvévő lemezek pixel mérete 50 mikron. Kétféle lemez méret áll rendelkezésünkre egy 20 X 25 és egy 20 X 40 cm kiterjedésű, mindkettő dinamikája 16 bit volt. Az exponált képek, BAS

2500 típusú letapogatóval való kiolvasása után, generált file-k, 40 -, illetve 60 MB terjedelműek voltak. A technika előnye, hogy mind a neutron -, mind a röntgensugárzásra érzékeny IP lemezek már ki vannak fejlesztve.

5.1. Digitális Neutron radiográfiai mérés

A neutron radiográfiai mérések során 100 mm vastag ólom szűrőt kellett alkalmaznunk a sugárnyalábunkban lévő intenzív (~ 8.2 MeV; 8,3 Gy/h) gamma sugárzás káros hatását elkerülendő. Egy BAS ND 20 X 25 jelzésű, 200 X 250 mm kiterjedésű, neutron sugárzásra érzékeny IP lemezt használtunk a műanyag kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok digitális radiográfiai mérése során. A 7. ábrán látható neutron radiográfiai felvételen, egy Ka- 26 típusú helikopter forgó szárnyának vég eleme látható. A C01 jelű képmező azonosító alatt jól megfigyelhető a hermetikus zárást biztosító ragasztó anyag elhelyezkedése. Ez alatt húzódik a koordinációs skála, amely lehetővé teszi a geometriai méretek becslését. A lapát alján lévő belépő élben jól megkülönböztethető az ólom kiegyenlítő súly és a felette lévő vasból készült rögzítő szerelvény. A lapát alatt NR képmínőség jelzők voltak elhelyezve.

5.2. Digitális Röntgen radiográfiai mérés

Egy BAS MS 20 X 40 jelzésű, 200 X 400 mm kiterjedésű, röntgensugárzásra érzékeny IP lemezt használtunk a műanyag kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok digitális radiográfiai mérése során. A 8. ábrán látható röntgen radiográfiai felvételen, egy Ka- 26 típusú helikopter forgó szárnyának vég eleme látható. A kép felső részét kitöltő műanyag habbal kitöltött szektorok nem érzékelhetőek, csupán a huzalos képmínőség jelzők egy része értékelhető. A lapát műanyag főtartójának éle alatt jól látszanak a rögzítés fém alkatrészei, valamint az ólomból készült kiegyenlítő súly és a rézből készült belépő élvédő.

6. Eredmények

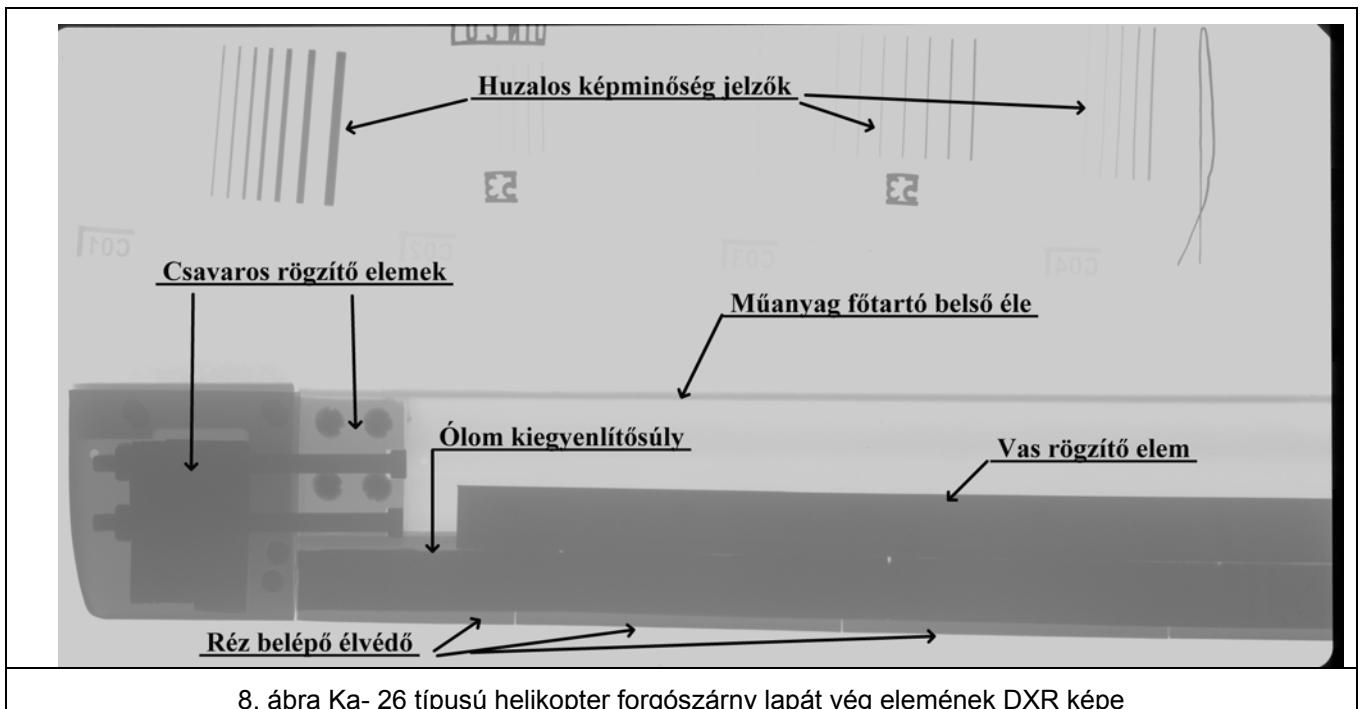
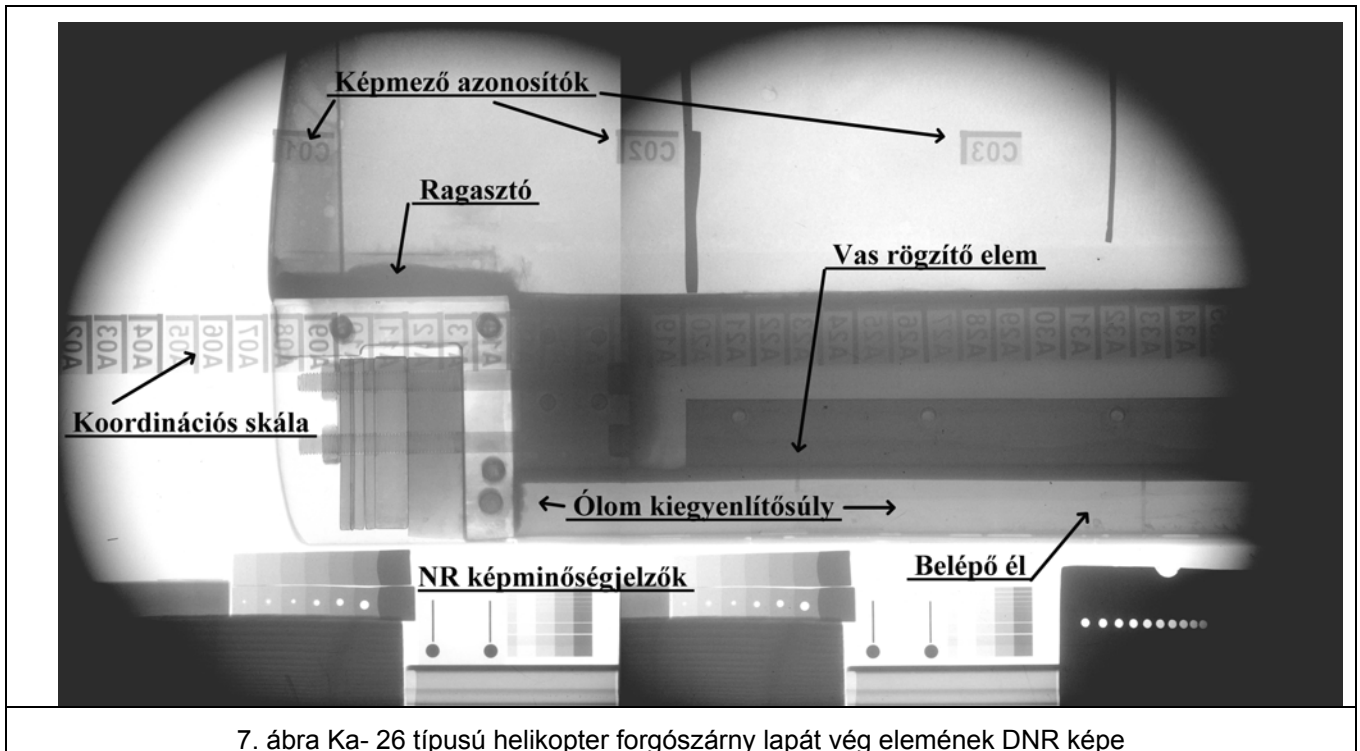
A fém kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok referencia szektoraiban generált összes hibát (kis méretű idegen anyag behatolása, csekély mennyiségű vízbehatolása, kis felületű ragasztó eltérést és ütődéses - felverődés) sikerült feltárni a digitális radiográfiai módszerekkel. A rezgés diagnosztikai mérésekkel való összehasonlítás, anyagi okok miatt elmaradt. A hibakönyvtárat az előző évek mérési eredményeiből hoztuk létre. A műanyag kompozit

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA

NDT TECHNICS

szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok digitális radiográfiai mérései jól mutatták, hogy a komplementer sugárzásokkal végzett vizsgálatok alkalmasak a fémszerkezetek elhelyezkedésének

áttekintésére és a műanyag alkatrészek illesztésének ellenőrzésére.



RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATTECHNIKA

NDT TECHNICS

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton köszönik meg az MHRMSZF szakembereinek támogatásukat a fém kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok radiográfiai méréseinek során, továbbá Büchler József úr, a Repszor Kft. ügyvezetőjének támogatását, amely lehetővé tette a műanyag kompozit szerkezetű helikopter forgószárny-lapátok radiográfiai vizsgálatát.

Hivatkozások

- [1] M. Balaskó, E. Sváb, Dynamic neutron radiography instrumentation and applications in Central Europe, Proc. 2nd Int. Topical Meeting on Neutron Radiography System Design and Characterization, Rikkyo, Japan, Eds. K.Mochiki and H.Kobayashi, 1995, pp.345-350 (invited) and Nuclear Instr. and Methods in Physics Research **A 377**, 140-143 (1996)
- [2] M. Balaskó, G. Endröczi, J. Veres, Gy. Molnar, F. Körösi, Research of extension of the life cycle of helicopter rotor blade in Hungary. Proc. NATO conference for Applied Vehicle Technology Panel (AVT), Manchester October 7-11, 2003, RTO-MP-079(II) ISBN-837-1089-4 (SM 39.1-30.15) pp
- [3] M. Balaskó, I. Veres, Gy. Molnár, Zs. Balaskó, E. Sváb: Composite structure of helicopter rotor blades studied by neutron- and X-ray radiography, Physica B, 350, 107-109 (2004)
- [4] M. Balasko, E. Svab, I. Veres, Gy. Molnár: Classification of defects in honeycomb composite structure of helicopter rotor blades, Nuc. Inst. and Method A542, issues1-3, 21 April 2005, pp. 45-51
- [5] Balaskó Márton, Veres István, Pogácsás Imre, Molnár Gyula, Sváb Erzsébet, Vigh Zoltán: Helikopter rotorlapátjainak vizsgálata radiográfiai módszerekkel, Anyagvizsgálók Lapja, , 15.Évfolyam 2. szám, 37- 41 oldal.