

Balaskó Márton¹, Veres István², Pogácsás Imre², Molnár Gyula² és Vigh Zoltán³

1. KFKI Atomenergia Kutatóintézet
2. MH Repülő Műszaki Szolgálat Főnökség
3. HM Technológiai Hivatal

MI-8, MI-17 ÉS MI-24 TÍPUSÚ HELIKOPTEREK FORGÓSZÁRNY LAPÁTJAINAK RADIOGRÁFIAI VIZSGÁLATA

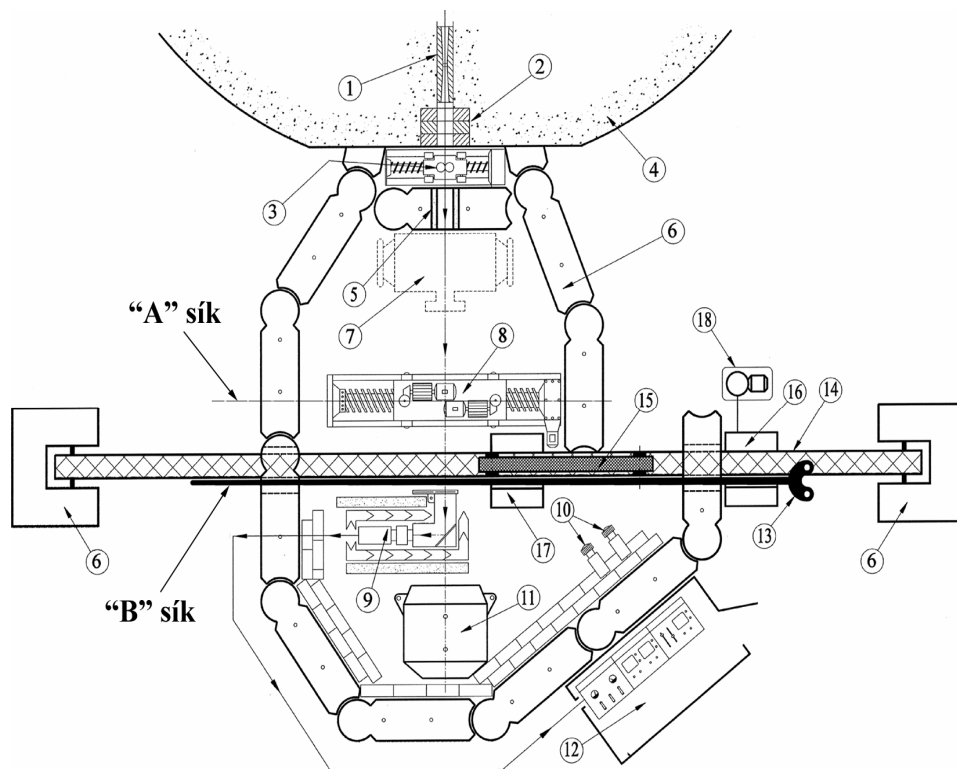
1. BEVEZETÉS

2000. év nyarán kaptunk egy felkérést a Magyar Honvédség Repülő Műszaki Szolgálat Főnökségtől (MHRMSzF) és a Honvédelmi Minisztérium Technológiai Hivatalától (HM TH), hogy létesítsünk egy olyan mérőhelyet, ahol lehetőség van az Mi-8, Mi-17 és Mi-24 típusú helikopterek forgószárny lapátjainak vizsgálatára. A vizsgálatok célja a forgószárny lapátok állapotának áttekintése volt, az élettartamuk esetleges kiterjesztésének érdekében. A Budapest kutató reaktornál átterveztük és átépítettük a Dinamikus Radiográfiai mérőhelyet. Alkalmassá tettük a ~10 m hosszú, ~70 cm széles és ~140 kg súlyú lapátok, képmezőnkénti (146X140 mm), neutron és röntgen sugarakkal való átvilágítására. A neutronradiográfiai ellenőrzések során feltárhatók a kompozit szerkezeti anyagok kötési- és ragasztási sajátosságai, úgymint gyantadús és gyantahiányos területek, folytonossági hiányok, rétegelválás, szekciók közötti tömítések épsége, és a lapátok belsejében lévő víz jelenléte, valamint annak eloszlása. A röntgensugarakkal való átvilágítás esetében megfigyelhetők a rejtett fém alkatrészek elhelyezkedése és a jégtelenítő rendszer meghajtó vezetékeinek bekötése, de érzékelhetővé válnak a jelentős víz beszívargások is.

2. MÉRÉSI BERENDEZÉS

A Budapest kutató reaktornál kiépített mérőhely paramétereit és alkalmazási körét 1996-ban [1] közzétettük. A fenti felkérésig háztartási hűtőszekrénynél nagyobb tárgyakat nem vizsgáltunk. Kétségtelen, hogy 1996/97-ben dolgoztunk az MHRMSzF részére, akkor helikopter farokrotorlapátok speciális hőmérsékletfüggési sajátosságait mértük dinamikus neutronradiográfiával (DNR), dinamikus röntgenradiográfiával (DXR) és rezgésdiagnosztikával (VD) egy improvizált összeállításon [2].

A jelenlegi feladat azonban 9850 mm hosszú, 700 mm széles és 65 mm vastag, ~150 kg súlyú tárgyak rutinszerű, ± 1 mm visszaállási pontosságú mozgatását igényli. Erre a meglévő tárgymozgató rendszert nem lehetett alkalmassá tenni. Újat kellett terveznünk és kiviteleznünk. Ezt reprezentálja az 1. ábra 14 és 15 jelzésű részlete, hossza 20 m, teherbíró képessége 200 kg. Öt darab 1350×2250×330 mm³ méretű biológiai védelmi objektumot is ki kellett váltani saját tervezésű, üreges kivitelűre, amin keresztül mozgathatók a forgószárnylapátok. A forgószárnylapátokon lévő tömítések reprodukálható nedvességzáró képességének vizsgálatához szükségünk van egy Nedvesítő modulra, amelyben modellezni lehet a helikopterek zivatarfelhőkön való áttörése során fellépő kölcsönhatásokat. A reaktorcsarnokban csak zárt körű vízrendszer üzemelhet, ezért az 1. ábrán látható 16 jelzésű, saját tervezésű Nedvesítő berendezést, valamint egy vízbetápláló és nyomásfokozó szivattyúkat tartalmazó, saját tervezésű ellátórendszert helyeztünk üzembe, amely az 1. ábrán 18 jelzéssel van feltüntetve.



- | | |
|--|---------------------------|
| ① Belső kollimátor | ⑩ Háttér TV kamerák |
| ② Vaszár szerkezet | ⑪ Sugárnyaláb csapda |
| ③ Nyaláb átmérő változtató és szűrő egység | ⑫ Mérőfülke |
| ④ Reaktorfal | ⑬ Rotorlapát (~ 10 m) |
| ⑤ Külső kollimátor | ⑭ Rotorlapát mozgatósín |
| ⑥ Biológiai védelem | ⑮ Rotorlapát mozgatókocsi |
| ⑦ Rtg. generátor helye | ⑯ Nedvesítő berendezés |
| ⑧ Vizsgálati tárgy a hagyományos távvezérelhető mozgató mechanikával | ⑰ Szárítóegység |
| ⑨ Képalkotó rendszer nagyérzékenységű TV kamerával | ⑱ Nyomásfokozó szivattyú |

1. ábra A radiográfiai mérési elrendezés egyszerűsített vázlata

2.1. A mérési berendezés fő paraméterei:

A csatorna belsejében a zárszerkezet mögött egy „pin hole” típusú komplex kollimátor van, amely alkalmas a reaktorból kilépő neutron- és gamma sugár nyaláb egyidejű formálására, a jó minőségű radiográfiai képek céljából.

A vizsgálati tárgyak a reaktorfaltól 2 m-re („A” sík) és 2,8 m-re („B” sík) helyezhetők a sugárnyaláb tengelyére merőlegesen távvezérelhető módon. A dinamikus radiográfiai (DR) mérőhely elrendezési rajza az 1. ábrán látható. A forgószárnylapátok mozgatása a „B” síkban történik, amelynek főbb adatai:

Neutron radiográfiai munka esetén

A neutronfluxus

$7,5 \cdot 10^7 \text{ n} \cdot \text{sec}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$

Gammasugárzás értéke:

8,4 Gy/h

Sugárnyaláb átmérője:

220 mm

Kollimációs tényező:

197.

Röntgen radiográfiai munka során

A cső feszültség értéke:

80 – 140 kV

A cső árama:

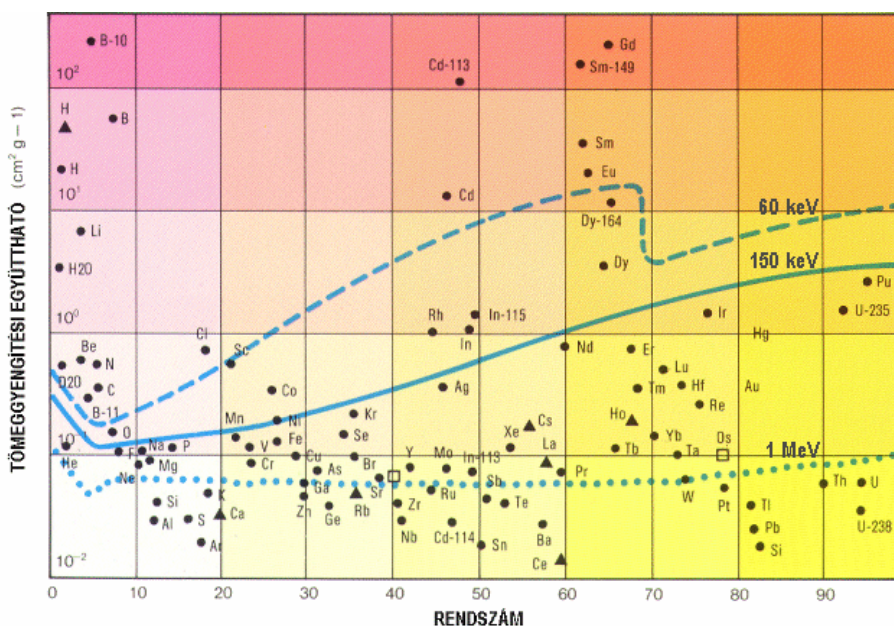
2,5 – 5 mA

A besugárzott terület (kollimátor alkalmazásával)

150 X 160 mm²

3. A RADIOGRÁFIAI KÉPALKOTÁS SAJÁTOSSÁGAI

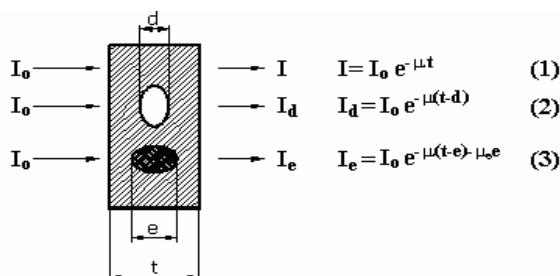
A forgószárnylapátok vizsgálatára az 1. ábrán látható, 9-es jelű képfelvevő rendszert használjuk. A vizsgálandó tárgy árnyképe megjelenik a cserélhető sugárzás-fényátalakító ernyőn, amely a képfelvevő rendszer sugár nyaláb tengelybe eső homlok lemezén helyezkedik el. A kis intenzitású fény információ egy tükrön reflektálódik, és egy távvezérelhető zoom optikán való áthaladás során optimalizálva lesz. A CCD tv kamera által detektált digitális képet a képfelvételező Pentium II. számítógéppel rögzítjük és tároljuk. A Photo Science gyártmányú CCD kameránkat saját tervezésű, járulékos Peltier hűtéssel láttuk el, hogy a XR felvételek során szükségessé váló hosszú exponálási idők ne okozzanak zajproblémákat. A 10-es jelű pozicionálókamera segítségével állítjuk be a szükséges képmezőket. A megfigyelő-kamera az esetleges balesetek megelőzését teszi lehetővé. A DR mérőhelyen lehetőség van a neutron- és röntgenradiográfiai felvételek elkészítésére. Ismeretes, hogy a neutronsugárzás az atommagon szóródik, míg a gamma- és a röntgensugárzás atomok elektronjaival lép kölcsönhatásba. A kétféle sugárzásfajta esetében a szórási folyamatok igen eltérő jellegűek a különböző kölcsönhatások következtében. A neutronsugárzás a technikai gyakorlatban felhasználásra kerülő fémek nagy részén igen csekély veszteséggel halad át, míg a hidrogéntartalmú anyagok (víz, ammónia, olaj, műanyagok), erősen csökkentik intenzitását, és így lehetőség nyílik azok láthatóvá tételére. A gamma- és a röntgensugárzás alig lép kölcsönhatásba a kis rendszámú elemek elektronjaival, így a könnyű elemeket tartalmazó anyagokban áthaladva alig veszít intenzitásából, ugyanakkor a nagyobb rendszámú elemekből és azok ötvözeiből álló fém alkatrészekről már jól értékelhető képet szolgáltat. Ezt támasztja



2. ábra A röntgen-, gamma- és neutronsugárzással szembeni lineáris tömeggyengítési együttható (μ) változása az elemek rendszámának függvényében

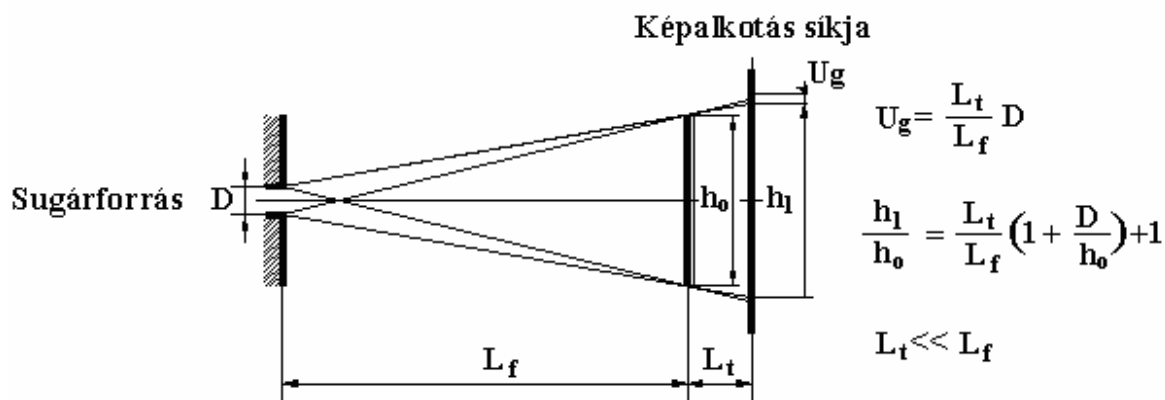
alá a 2. ábra, amelyen látható az anyagok és a különböző sugárzások kölcsönhatására jellemző tömeggyengítési együttható változása az elemek rendszámának függvényében [3].

A 60 kV-on és 150 kV-os röntgen, valamint az 1 MeV-os gammasugárzásokkal szembeni csillapítások növekvő jelleget mutatnak az atomszámmal, míg a semleges töltésű neutronokra semmiféle egyértelmű összefüggést nem lehet megállapítani, amint azt az ábrán látható diszkrét pontok mutatják. A mi esetünkben a neutronradiográfiai felvételek segítségével a kompozit anyagok kötési és ragasztási eltéréseit, valamint a rekeszek (szekciók) közötti tömítések épségét és a rekeszek belsejébe jutó vizet és annak eloszlását kívánjuk észlelni. A röntgenradiográfiai felvételeken a rejtett fém alkatrészekről, valamint a jégtelenítő rendszer vezetékeiről szerezhetünk információkat. Itt is érvényes a sugárgyengülési törvény, amelyet a 3. ábra segítségével szemléltetünk. Az (1) jelű egyenlet a homogén μ lineáris abszorpciós tényezőjű anyagon áthaladó sugárzás intenzitásváltozását írja le, míg a (2) jelű egyenlet esetén egy d méretű anyagfolytonosság hiányt tartalmazó részen halad át a sugárzás. A (3) jelű esetben az anyagban egy a sugárzási irányában e mérettel jellemezhető és μ_e lineáris abszorpciós tényezőjű zárványon halad át a sugárzás. Kompozit, laminált szerkezetek esetén ezen hibajelenségek kombinációjára is számítanunk kell, de jelenleg még nem célunk az elté-



3.ábra A radiográfiai hibakimutatás alapesetei

rések kvantitatív jellemzése. A mérőhely geometriai életlenségét és nagyítási torzítását 4. ábra szerint számítottam a [3] alapján.



4.ábra A geometriai életlenség és a nagyítás mértékének radiográfiai alapértelmezése

Ahol L = fókusz - képalkotó távolság

L_f = fókusz tárgy távolság

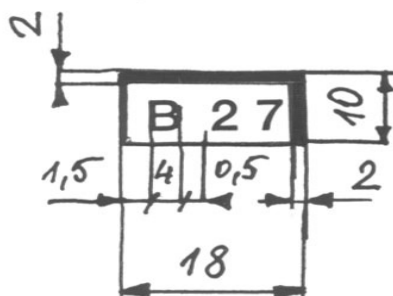
L_t = tárgy - képalkotó távolság

D = fókusz méret (NR-nél kollimátor legkisebb átmérője)

A számítások elvégzése után a neutronradiográfiai mérések során 0,42 mm-re, míg a röntgen-radiográfiai mérések során 0,13 mm-re adódott a geometriaiéletlenség. A nagyítás mértéke mind két esetben elhanyagolhatónak tekinthető volt (kevesebb, mint 1%).

4. A RADIOGRÁFIAI KÉPEK AZONOSÍTÁSA

A helikopter forgószárnylapátok hossza majdnem 10000 mm és szélessége meghaladja a 600 mm-t. A feladatunk az, hogy a rekeszek (szekciók) és a hozzájuk tartozó ragasztások minden egyes négyzetcentiméteréről készítsünk radiográfiai felvételeket. A lapátot négy sávra (A, B, C, D) és 53 oszlopra bontottuk, amint ez az 5/b. ábrán látható. Egy képmező mérete $146 \times 140 \text{ mm}^2$. Minden képmező mind a négy sarkában található egy azonosító, amely egyik méretezett példája a 5/a. ábrán látható. Mindig a jobb felső sarokban lévő, három karaktert



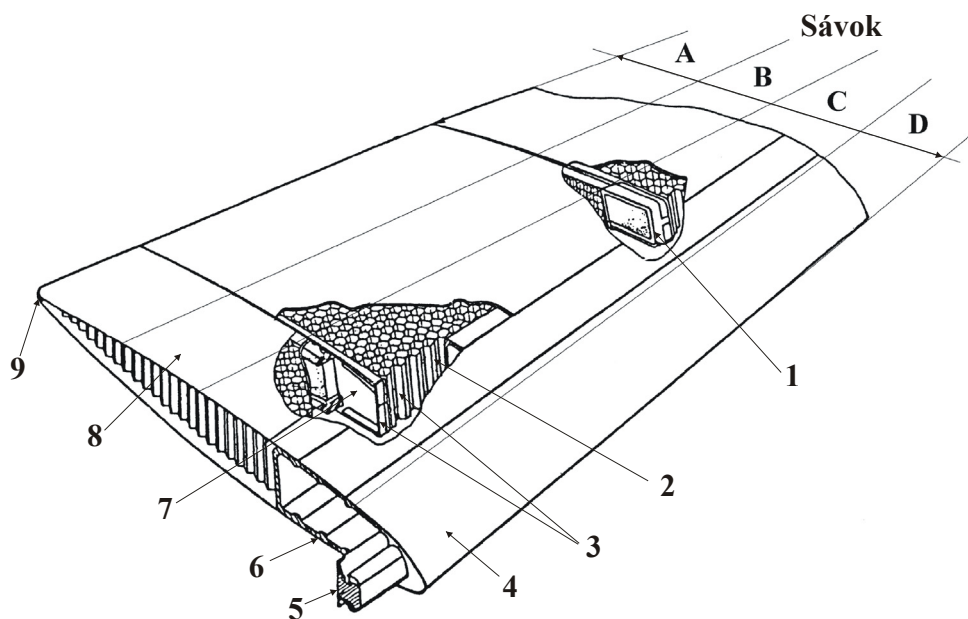
5/a. ábra A képmező azonosító méretezett rajza

tartalmazó azonosító jellemző a monitoron látható képmezőre, amely egy sávot jelentő betűből és kettő darab, oszlopot jelentő számból áll. Az azonosító, egy 0,3 mm vastag üvegszál erősítésű, kétoldalas NYÁK lemez, amelyre tükrölitográfiával alakítottuk ki a karaktereket. Speciális bevonatként kadmiumot használtunk, amelynek rendkívül magas a neutronokkal szembeni lineáris abszorpciós tényező. A forgószárnylapát hossza olyan nagy, hogy csak két irányból lehet letapogatni, amint az a 3/b. ábrán látható. Az első irány végeztével a lapátot ki kell szállítani a koordinátakocsival a mérőhelyről, majd a reaktorcsarnok nagy darujával megfordítani az átforgatási tengely körül, és újból visszaszállítani a mérőhelyre és folytatni a mérést a 2. letapogatási irányból. A képmezők pontos beállítása a lapátok sugárzás felőli oldalára felhelyezett, olvasható azonosítók segítségével történik az 1. ábrán látható pozicionáló kamera segítségével, amelynek képe a pozicionáló monitoron látszik, és amelyen figyeli meg a pozicionálást végző személy az illeszkedést a monitoron lévő markerhez. A beállítás végleges ellenőrzését a felvételvezető végzi el a radiográfiai kép alapján, szükség esetén optimalizálást kér. A felvétel sikeres elkészítése után a felvételvezető optimalizálja a radiográfiai képet a CCD kamera Image-Pro Lite software-je segítségével rögzíti és eltárolja azt. Minden egyes radiográfiai kép nyolc karakteres file-vel van jellemezve. Minden képmező azonosító jobb felső sarkában van egy

illesztő derékszög, amely méretbecslésre is alkalmas a kiértékelési munka során, valamint lehetővé teszi a teljes forgószárnylapát radiográfiai képének megkomponálását.

5. A VIZSGÁLAT TÁRGYA

A forgószárnylapát fő teherviselő eleme a főtartó, amelynek övléceihez és gerinclemezének hátsó felületéhez vannak ragasztással erősítve a sejtrácsos töltőanyaggal kitöltött hátsórekeszek (szektorok). A hátsó rekeszek a főtartóval együtt képezik a lapát körvonalát. A főtartó megvastagított törésére van szerelve a forgószárnylapátot az agyban rögzítő végrész (gyök). A lapát orr-részében csomópontot alakítottak ki, a kiegyenlítő nehezékek felszerelésére. A lapátoknak pneumatikus jelzőrendszere van, amely a főtartók meghibásodását jelzi. A 16. és 17. számú rekeszekre 40 mm széles kiegyenlítő lapokat szereltek, amelyek alapvető eszközei a forgószárnylapát nyomték-karakterisztikájának megváltoztatásához. A forgószárnylapát rekeszét az 6. ábra mutatja. A lapátok 21 darab (1.-21. számú) önálló rekeszt tartalmaznak. Mindegyik rekesz könnyűfém ötvözetből készült, 0,3 mm vastag borítással. A borítást sejtrácsos töltőanyaggal egybe ragasztották a két oldalsó bordával és a hátsó hosszmerévítővel. A borítást a hátsó hosszmerévítőnél nem vágták szét, hanem ráhajtották a hosszmerévítőre. A sejtrácsos töltőanyag 0,04 mm vastag, és az elméleti kontúrnak megfelelően maratott alumíniumfóliából készült szalagkészlet, ami összeragasztás és kifeszítés után 5 mm-es lapszélességű hatlapú sejtrácsot alkot. A bordák 0,4 mm vastag könnyűfém ötvözetből készülnek. A főtartóhoz történő felerősítés helyén a borda gerinclemezét meghajlították, és ezáltal a főtartóhoz erősítendő talpat alkot. A hátsó hosszmerévítő textolitből készül. A rekesz a főtartó övléceihez és gerinclemezének hátsó feléhez van ragasztva. A rekeszek közötti levegő áramlását a tömítőbetétek akadályozzák meg. A nedvesség eltávoztása a végrekeszekből és a végborda töréséből, leeresztő furatokon és levegőző nyílásokon át történik.



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

5/b. ábra Helikopter forgószárnylapát felépítése

6. KOMPOZIT SZERKEZETI ANYAGOK FŐBB HIBÁI

A szakirodalomban [4] találtunk egy a korosodó repülőeszközök problematikájával foglalkozó cikket, amely az alábbi I. táblázatban foglalta össze a kompozit szerkezeti anyagokban előforduló hiba jelenségeket.

1. Táblázat Kompozit szerkezetek hibáinak leírása

Hiba	Leírás
Rétegelválás	Rétegelválás, egy réteg lapjainak elválása, oka a helytelenül előkészített felület, szennyeződés és idegen anyag beágyazódása.
Bezáródás	Bezáródás, ha idegen anyag beágyazódik, vagy a réteg közé kerül.
Üreg és porozitás	Üreg és porozitás befogott levegő és gázbuborék, okai; párolgó anyagok, a gyanta szennyezett repedése és egyenlőtlen eloszlású nyomás. Üregek gyűlnek össze a gyantában, mivel zacskók vannak a szilárd anyagban.
Gyantában gazdag terület	Gyantában gazdag behatárolt rész, megtöltve gyantával vagy szálakban hiányos. Ezt a hibát helytelen tömörség, vagy szivárgás okozza.
Gyantahiányos terület	Gyantahiányos terület, elégtelen gyantával behatárolva nyilvánvalóan száraz folt, vagy fénytelen, vagy látszanak a szálak.
Szálak rossz egyezése, gyűrődés, deformáció	Szálak rossz egyezése, elferdülés a rétegeződésben, amely eltér a kívánt elhelyezéstől, vagy a szálak gyűrődése és deformációja. Ezt a hibát helytelen elhelyezés és kezelés okozza.
Száltörés	Törött szálak megszakítottak vagy rosszul elhelyezettek oka helytelen kezelés, vagy elhelyezés
Elválás	Elválás különböző részek között történik a több elemből álló szerkezeteknél. Kötéshiányt a felület szennyeződése, túlzott nyomás, vagy rossz illesztés okoz.

Kétségtelen, hogy leggyakrabban a gyantában, ragasztóban dús, ill. hiányos területekkel, a felverődésekből származó horpadásokkal találkozunk, amelyek a belső formakitöltő méhsejt szerkezetek torzulásait okozzák, de a lövészeteken felcsapódó repeszek is zárványként megtalálhatók a szektorokban. Saját tapasztalatainkból tudjuk, hogy a szektorok közötti tömítések közé bejutott víz sem tud kikerülni onnan mindig a szellőzőnyíláson keresztül. Gyakran előfordul, hogy utat talál a méhsejt szerkezetbe. Itt, részint a lapátok függőleges tárolási pozíciója miatt, részint a lapátok változó állásszöge miatt, lejut a szekort a főtartóhoz rögzítő ragasztási felületre. Ez a legkritikusabb helye az általunk vizsgált forgószárnyaknak, mert ez a ragasztás tartja a felhajtóerőt szolgáltató szektorokat. A hangárokat télen nem fűtik és a jéggé váló víz károsítja a ragasztási felületeket.

7. VIZSGÁLATI TECHNOLÓGIA

7.1. Neutronradiográfiai vizsgálat száraz állapotban

A mérés célja, hogy a csapatoktól beérkező helikopter forgószárny lapátokban lévő eltéréseket feltérképezzük, amelyek lehetnek gyantadús, ill. gyantaszegény helyek, rétegelválások, nagy felületű üvegszál törések, vagy egyenlőtlen üvegszál elrendeződések, zárványok, javítási nyomok. Legfontosabb a rekeszekbe jutó víz és annak eloszlásának

feltárása, a cserélendő tömítések meghatározása. Az ily módon megtalált nedvességet elsőfajú víznek nevezzük.

7.2. Neutronradiográfiai vizsgálat nedvesítés után

A mérés célja, hogy a légköri csapadék és a lapátok között kialakuló kölcsönhatás szimulálása után, mutassuk ki a nedvesség bejutásának helyét és eloszlását, terjedésének irányultságát. A légköri viszonyokat a lapát két oldaláról nagy nyomású vizet permetező fúvókák állítják elő (~60 bar). A lapát ~10 mm/sec sebességgel mozog a Nedvesítő berendezésben. Először a rekeszek felső részét, majd az alsó részét permetezzük két oldalról, ~200 mm átmérőben, amint az a 6. ábrán látható. Jobbra a Nedvesítő modul, balra a nagy nyomású szivattyúk és ellátó rendszerük helyezkednek el. A lapátok olyan festékekkel vannak bevonva, amelyről függőleges pozícióban 600 másodperc alatt eltűnik a víz. A vizsgálatok során van, hogy a nedvesség a rekeszközi határolókba jut, de nem folyik szét. Ezt másodfajú víznek nevezzük. Az ilyen víz a pozícióváltások során, az ismét szabaddá váló levegőző nyílásokon át le is ürül. Persze az áteresztő rekesztömítést ez esetben is cserélni kell. A rosszabbik eset az, amikor a nedvesség a rekeszközi határolókon is átszivárog, részint a méhsejt szerkezet ragasztási felületeinek repedésein, részint a határoló felületek apró kis elválásain át. Sajnos az átszivárgott vizet már nem tudjuk egyszerű módon eltávolítani. Az ilyen nedvességet nevezzük harmadfajú víznek.

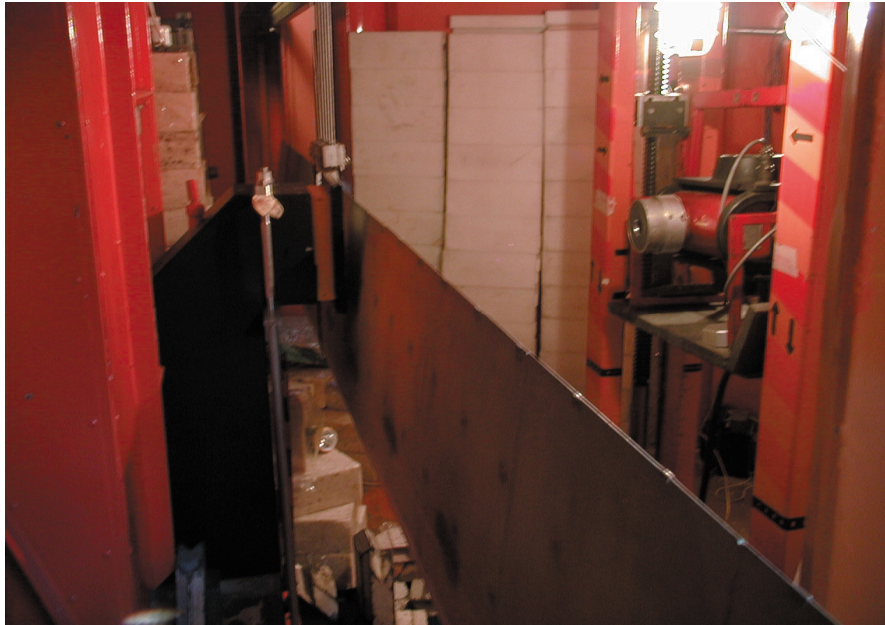


6. ábra Forgószárnylapát nedvesítés közben

7. 3. Röntgenradiográfiai vizsgálat

Célunk, hogy a forgószárnylapátok állapotmeghatározását olyan szintre fejlesszük, hogy azt a csapatoknál lehessen majd elvégezni. Ott már nem számíthatunk az NR technikára, mert nem áll rendelkezésünkre nagy intenzitású hordozható neutronforrás. Egy röntgen berendezés telepítése azonban elképzelhető. A 7. ábrán a rotorlapátot látjuk XR felvétel készítése közben, jobbra a hordozható röntgen generátor, balra a CCD kamera fényárnyékoló csőve helyezkedik el. Az XR felvételek is nagyon sok, fontos vizuális információt

szolgáltatnak a forgószárnylapátok belső felépítéséről, valamint a bennük tapasztalható eltérésekről és nagyobb mennyiségű víz kimutatására is alkalmasak. Jelenleg az XR eredményeket összehasonlítjuk az NR eredményekkel, hogy mire lehet majd számítani a csapatoknál majdan végzendő állapotmeghatározó munka során.



8. ábra Rotorlapát röntgen radiográfiai felvétel készítés közben

8. DOKUMENTÁLÁSI ELJÁRÁS

A RMSZF-gel kötött megállapodásunk alapján az alábbi mellékleteket tartalmazzák a forgószárnylapátok radiográfiai vizsgálati eredményeinek összesítője lapátonként:

1. sz. melléklet: Felvételi adatlapok gyűjteménye 30 db A4 oldal
2. sz. melléklet: A teljes felvételi adathalmaz 3×212 db tiff kiterjesztésű file, 1 db CD
3. sz. melléklet: A teljes felvételi adathalmaz 3×212 db bmp kiterjesztésű file, 1 db CD
4. sz. melléklet: 1 db 1:3 méretarányú kicsinyített száraz NR képe a lapátnak
1 db 1:3 méretarányú kicsinyített nedves NR képe a lapátnak
1 db 1:3 méretarányú kicsinyített XR képe a lapátnak
5. sz. melléklet: A 4. sz. melléklet képanyagának digitális változata 1 db CD
6. sz. melléklet: A 4. sz. mellékletként kinyomtatott ábrák elemzése során feltárt hibák összesítője.

A radiográfiai képmező felvételeket őrző file-oknak nyolc karakterük van:

Az első két szám karakter adja a lapát típusát: 08; 17; 24.

A második két szám adja a nálunk alkalmazott nyilvántartási kódot: 01 – 99.

Az ötödik karakter egy betű – a; b; c; és d – a képmező sávját jelöli.

A hatodik és hetedik karakter két szám: 1-53 - a képmező oszlopát jelenti.

Az utolsó karakter egy betű, amely a felvétel módjáról szolgáltat információt:

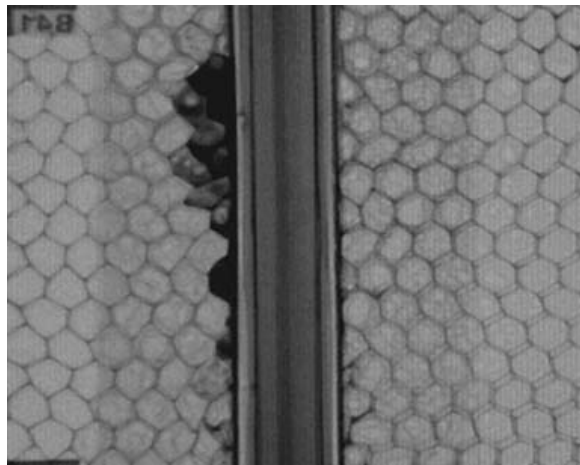
- *n - száraz NR felvétel,
- *v- nedvesített NR felvétel,
- *x- nedvesített XR felvétel.

9. HELIKOPTER FORGÓSZÁRNYLAPÁTOKON VÉGZETT RADIOGRÁFIAI MÉRÉSEKKEL FELTÁRT HIBA TÍPUSOK

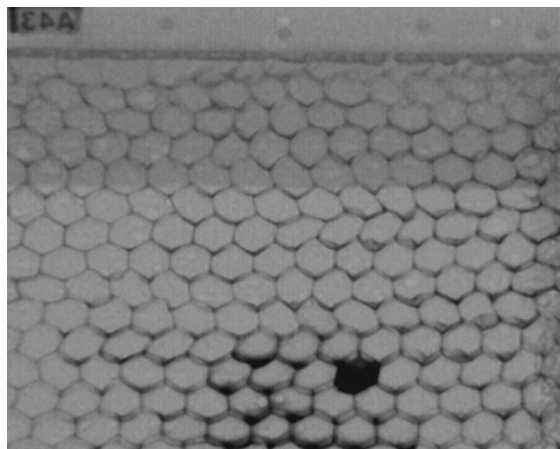
A Budapesti Kutatóreaktornál végzett radiográfiai vizsgálati munka során az alábbi eltérés csoportokat figyeltük meg:

- Gyanta- és ragasztó eltérések
- A méhsejt szerkezetben található eltérések
- A javító festékanyag Cd és Pb fő-összetevőjének kimutatása
- A vízbehatolások helyei és a víz eloszlása
- Korróziós jelenségek
- Javítások minőségellenőrzése során feltárt következmények
- Képzőket meghaladó eltérés-csoportok nyomon követése.

Az alábbiakban bemutatunk jellegzetes radiográfiai mérési eredményt néhány hibatípusra, amit a 8. – 19. ábrák segítségével teszünk szemléletessé.

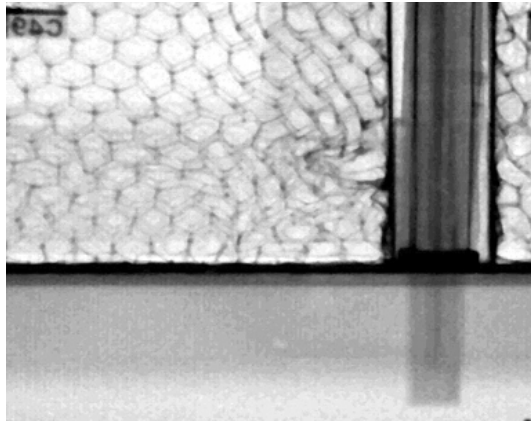


8. ábra A 2406b41n file mutatja egy ragasztóban dús szekció határoló NR képét

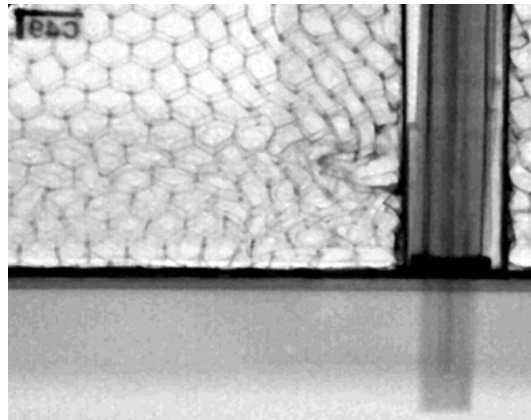


10. . ábra Ragasztóban dús folt a trim-lemez alatt, NR kép a 2408a43n felvételtől

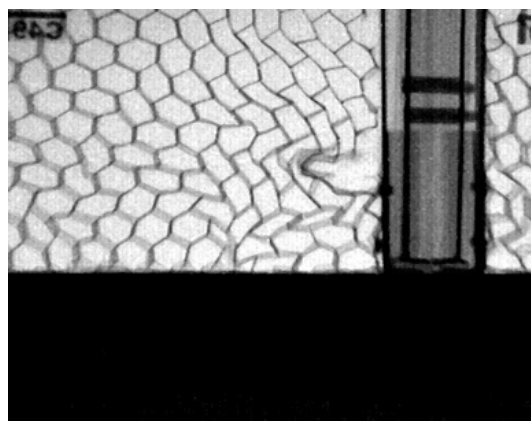
A méhsejt szerkezetben található eltérések:



11. ábra. Gyűrött méhsejt részlet NR képe a 2409c49n felvételen

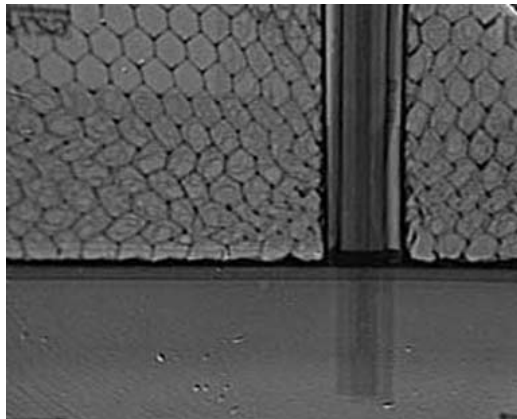


12. ábra. A gyűrött méhsejt részlet nem engedi át a nedvességet, amint ezt a 2409c49v felvétel nedvesítés utáni NR képe tanúsítja

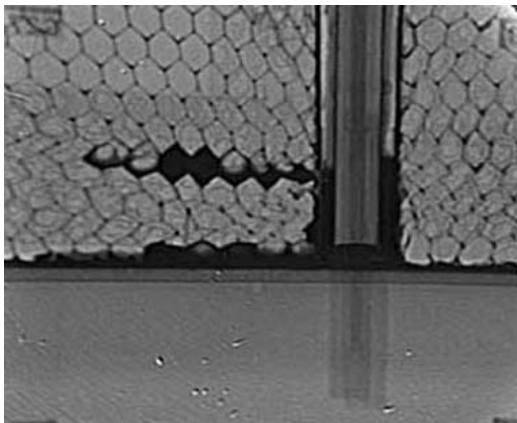


13. ábra. Gyűrött méhsejt részlet XR képe a 2409c09x felvételen

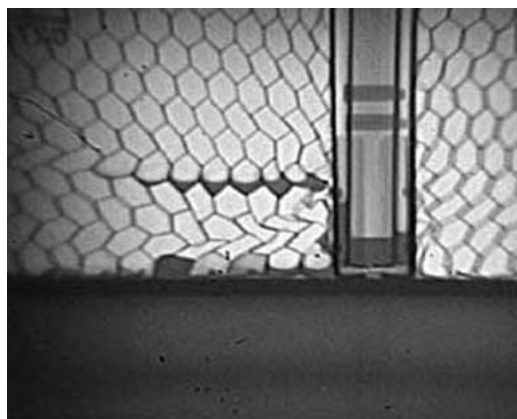
Vízbehatolás jelensége:



14. ábra A c27képmező száraz NR képe a 2405c27n felvételen

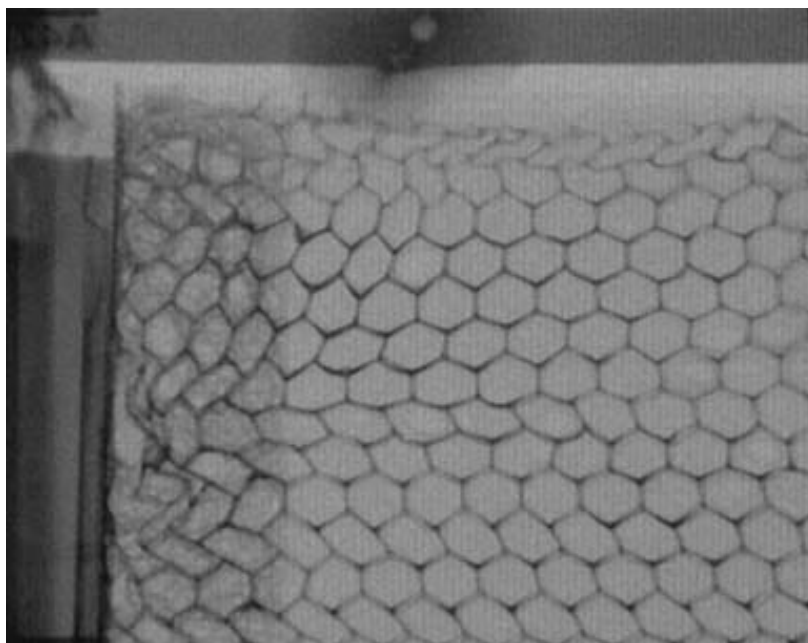


15. ábra Kétszintes, egy oldali kifolyás NR képe a c27 képmezőben a 2405c27v felvételen

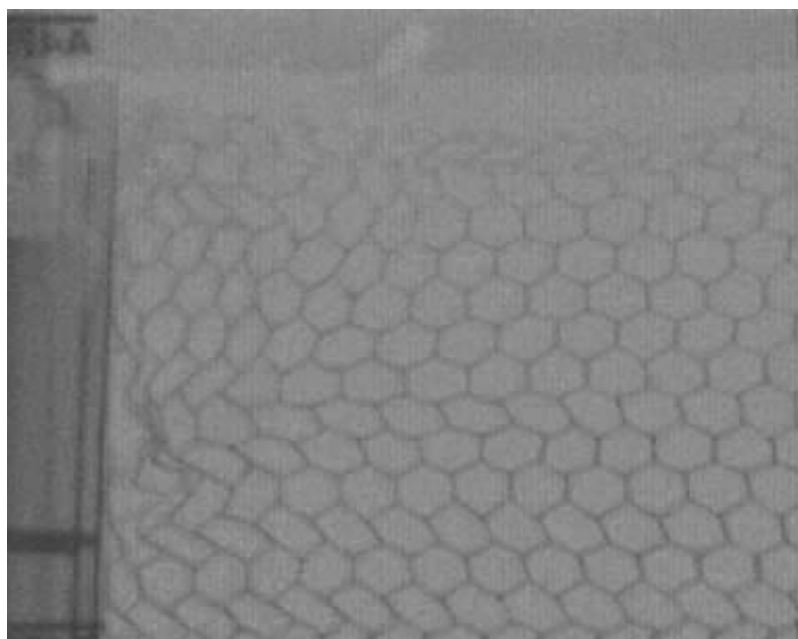


16. ábra Kétszintes, egy oldali kifolyás XR képe a c27 képmezőben a 2405c27x felvételen, 12órával a nedvesítés után

Javítás minőségellenőrzése:

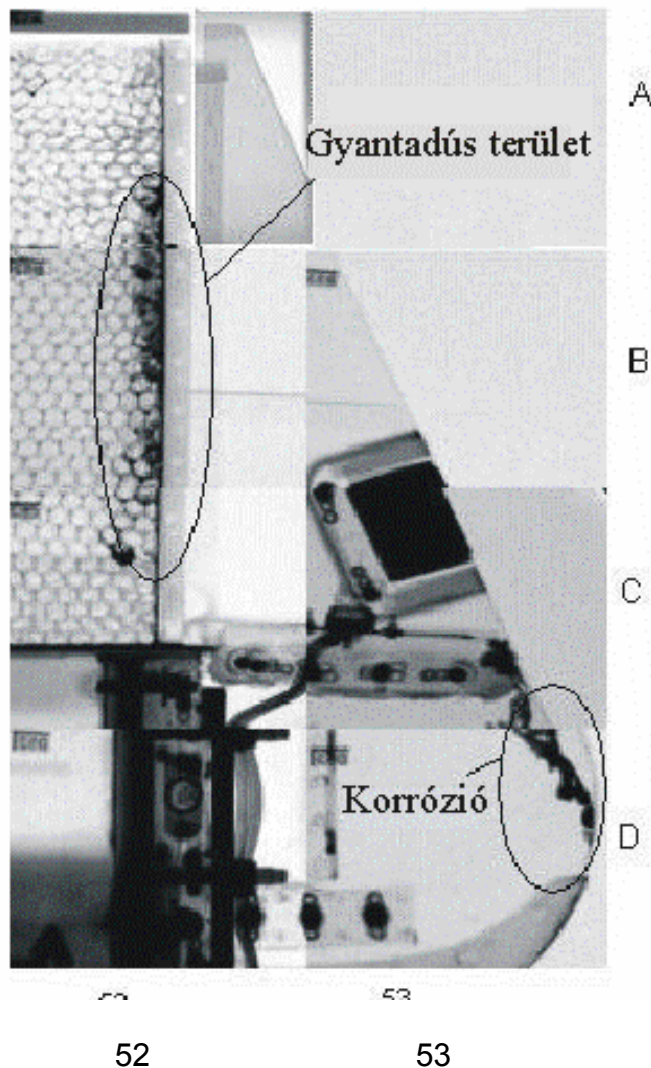


17. ábra Kilépőél-javítás NR képe az a47 képmezőben a 2406a47n felvételen



18. ábra Kilépőél-javítás XR képe az a47 képmezőben a 2406a47x felvételen

Képzőket meghaladó eltérés-csoportok megfigyelése:



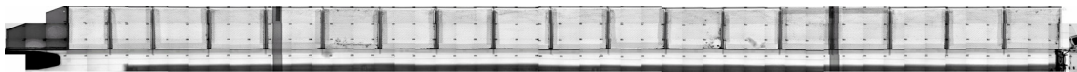
19. ábra Az RL2410 végáramvonalazójának száraz neutronradiográfiai felvétele gyantadús területtel és korróziós termékkel

10. TELJES HELIKOPTER FORGÓSZÁRNYLAPÁTOK RADIOGRÁFIAI KÉPEINEK ELŐÁLLÍTÁSA

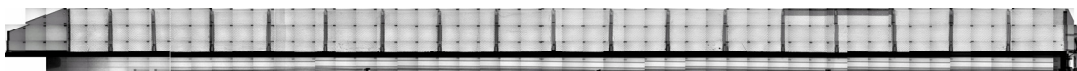
Minden egyes helikopter forgószárnylapát száraz NR és nedvesítés utáni NR, valamint az XR radiográfiai vizsgálatainak során $3 \times 212 = 636$ db képző felvétel készült. Ezek tartalmazzák az összes általunk észlelhető eltérést. Célszerűnek látszott a teljes forgószárnylapátok radiográfiai képeinek a megkomponálása, mert így sokkal könnyebbé válik a képzőket meghaladó eltérések nyomon követése. Ez nagyon fontos része a lapátok állapot meghatározásának. A teljes radiográfiai képek összeállítására fejlesztettük ki a ROTOR PUZZLE feladat orientált soft-ware-t [5]. Ennek támogatásával, egy gyakorlott személy, egy munkanap alatt képes megkomponálni egy forgószárnylapát mind három vizsgálati módbeli teljes radiográfiai képeit, mint amilyenek a 20/a/b/c ábrákon láthatók kicsinyítve.



20/a ábra Teljes forgószárnylapát száraz NR képe



20/b ábra Teljes forgószárnylapát nedves NR képe



20/c ábra Teljes forgószárnylapát nedves XR képe

11. ÖSSZEFOGLALÓ

Az elmúlt négy esztendő során 28 db helikopter forgószárnylapátot vizsgáltunk át radiográfiai módszerekkel a Budapesti kutatóreaktornál. Célunk az volt, hogy információt szolgáltassunk a lapátok belső állapotáról, ezzel támogatva a lapátok élettartam hosszabbítására irányuló törekvéseket. Ez idő alatt mintegy 18 ezer felvételt készítettünk. Számos eltérést tudtunk feltárni, úgy mint:

- Gyanta- és ragasztó eltéréseket
- A méhsejt szerkezetben található eltéréseket
- A javító festékanyag Cd és Pb fő-összetevőjének kimutatását
- A vízbehatolások helyeit és kiterjedésüket
- Korroziós jelenségeket
- Javítások minőségellenőrzéseként, azok hatékonyságát
- Képmezőket meghaladó eltérés-csoportokban feltárható hibák nyomon követését.

A radiográfiai módszerek alkalmasak ezenkívül a rejtett fém alkatrészek elhelyezkedésének és állapotának feltárására is (jégtelenítő vezetékek nyomon követésére, a kiegyenlítő súlyok helyzetének meghatározására...) a burkoló elemek megbontása nélkül.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] M. BALASKÓ and E. SVÁB, Dynamic Neutron Radiography Instrumentation and Applications in Central Europe, Nucl. Inst. and Methods in Physics Research, A377140 (1996).
- [2] M. BALASKÓ et al, Study of Complex Composite- Metal structure with Dynamic Neutron Radiography and Vibration Diagnostics, Proc. 7th ECNDT. Edited by B.Larsen, Copenhagen, May 26-29 1998, pp. 341-348.
- [3] I. C. DOMANUS, Practical Neutron Radiography Edited by I. C. Domanus, Kulwer Academic Publisher 1992.
- [4] SEM, J.K., EVERETT, R.A., (2000), In: RTO/NATO, ISBN 92-837-1051-7, pp. 5.5.21.
- [5] M. BALASKÓ, et al, Composition of radiography pictures of whole helicopter rotor blades in Hungary, Abstract book of 7th WCNR Rome, 15-20. September 2002, pp. 77-79.