

Újszerű ellenőrzőtestek kifejlesztése az ultrahangos vizsgálatokhoz

Tarnai György* – Farkas Béla**

Előzetes megfontolások

A vizsgálat-technológia kialakításának egyik kulcskérdése az, hogy milyen típusú, méretű hibák kimutatását lehet elvárni az adott vizsgálóegység alkalmazásától. Az ultrahangos eszközök vizsgálati érzékenységét ellenőrzőtestek segítségével szokták felmérni. Az ellenőrzőtestben elhelyezett reflektorok ultrahangos méréséből szerzett tapasztalatok alapján lehet – bizonyos mértékben – következtetni az ellenőrzés érzékenységére, biztonságára.

Az ellenőrzőtestek egyik csoportját képezik a nemzetközileg elfogadott előírásoknak, szabványoknak megfelelő etalonok. Az ilyen típusú ellenőrzőtestek alkalmazása jól reprodukálható méréseket eredményez, azonban – megítélésünk szerint – csak távoli közelítést ad a természetes hibák kimutatásával kapcsolatos becslésekhez.

Másik lehetőség az, ha egyedi tervezésű próbatesteket gyártanak a mérésekhez. Az ellenőrzőtestek geometriája és az abban kialakított reflektor-csoport – ilyen esetekben – alkalmazkodik a vizsgálati feladathoz. Az elhelyezett reflektorok megkísérik szimulálni a várható anyaghibák jellemzőit. A mérések – ebben az esetben – jóval több tájékoztatást adnak, azonban a módszer alkalmazását számos, ismert műszaki és gazdasági körülmény korlátozza.

Az eljárás rövid jellemzése

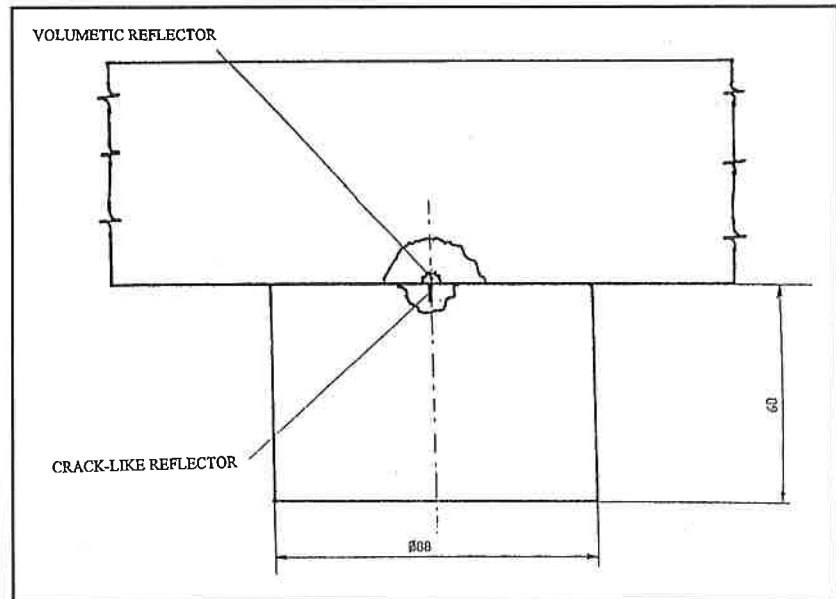
Az újszerű eljárás kifejlesztésénél abból az elvi feltételezésből indultunk ki, hogy a méréshez szükséges ellenőrzőtestek – megfelelő peremfeltételek betartása esetén – összeállíthatók két, egymásra helyezett darabból is. Ebben az esetben a felső és az alsó részben elhelyezett műhibák reflexiója – azonos vizsgálófej pozícióban – egyidejűleg mérhető (az 1. ábra egy olyan helyzetet ábrázol, amikor a felső darabban elhelyezett térfogatos reflektor éppen az alsó részben kimunkált repedészerű hiány felett van).

A vizsgálatnál, amennyiben az illeszkedő felületek minősége megfelelő (köszörült), illetve a csatolás elégséges (pl.: sűrű gépolaj), a két darab közötti átviteli veszteség állandó és meghatározható.

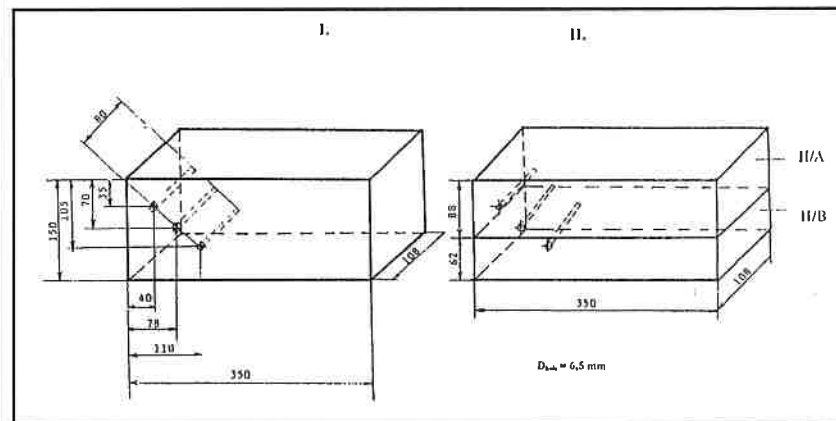
A hipotézist egy kísérletsorozattal igazoltuk.

Milyen előnyt jelent ez a mérési elrendezés?

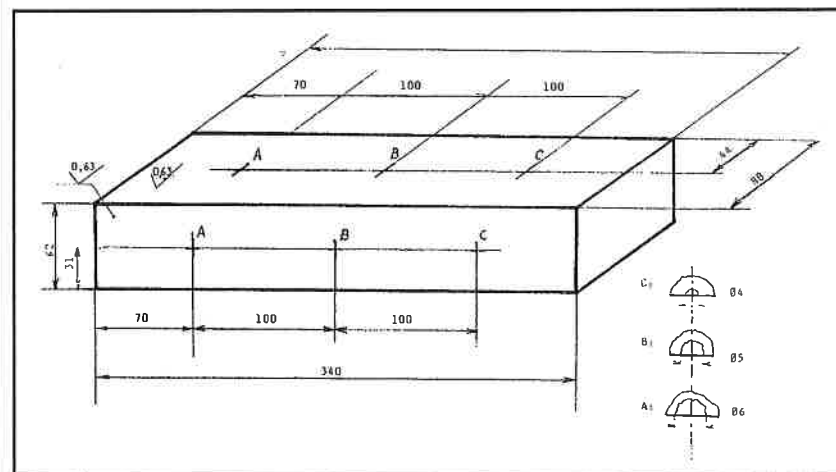
Az ellenőrzőtest két részében – célszerűen a közös határfelület feletti, illetve alatti anyag-



1. ábra



2. ábra



3. ábra

* WELMAT Hegesztő és Anyagvizsgáló Laboratóriumok
**PA Rt

részben – el lehet helyezni néhány műhibát, vagy természetes eredetű reflektort. A továbbiakban, a két rész – egymáshoz viszonyított – helyzetének a megváltoztatásával, tetszőleges számú kombinációban vizsgálhatók a reflektorok.

Hol alkalmaztuk?

A következőkben – egy valós kérdés megválaszolásán keresztül – jellemezzük azokat a lehetőségeket, amelyeket a módszer alkalmazásával ki lehet használni.

Ismert, hogy – általában – nehezen becsülhető meg az alkalmazott vizsgálattechnika érzékenysége a természetes hibák esetében. Különösen bonyolult a helyzet az atomerőművi viszonyok között, az időszakos vizsgálatok esetében. Arra a kérdés kell keresni a választ, hogy az üzemeltetéssel összefüggő anyaghiányok – esetleges – kialakulása, méretnövekedése (elfogadott gyártási hiba esetén) észlelhető-e.

Az előbbi megfontolások vezettek minket arra, hogy – a kiemelt fontosságú ultrahangos ellenőrzéshez – alkalmazzuk ezt az eljárást, amely szorosan alkalmazkodik a vizsgálati feladat sajátosságaihoz, másrészt elfogadható műszaki-gazdasági paraméterekkel rendelkezik.

Kiindulásként elfogadható az a feltételezés, miszerint a reflexióváltozás repedésszerű hiba kialakulására vezethető vissza, amelynek a megjelenése, méretnövekedése igen fontos része az ellenőrzési tevékenységnek.

A továbbiakban bemutatjuk – lerövidített formában – a kísérlet-sorozat fontosabb részleteit és eredményeit.

Kísérleteink

Berendezés, eszközök

Az ellenőrzőtestek anyaga: 15H2MFA

A vizsgálatokhoz egy átlagos berendezés (USIP 11) számítógéppel támogatott változatát alkalmaztuk. *Vizsgálófejek: 35 T2-St, 45 T2-St, 60 T2-St.*

Az **ellenőrzőtestek** kialakítását két cél szolgálatában terveztük meg – az **átmeneti veszteség** meghatározásához, illetve

– a két mélységben vizsgált (62 mm, 88 mm) **repedésérzékenység** méréseihez.

Az 2. ábrán látható ellenőrzőtest-párt használtuk az átmeneti veszteség meghatározásához.

A repedésérzékenység vizsgálatához egy ellenőrzőtest-csoportot hoztunk létre, ahol

– 1 db 62x88x340 mm-es test (3. ábra) két felületéből munkáltunk ki 3–3 db, eltérő méretű, félgömbszerű térfogatos műhibát, és

– 5 db Ø88x60 mm-es henger egyik lapjának a középpontjába 1–1db, felületre merőleges (3,3x10 mm, 3,3x20 mm, 6,6x10 mm), vagy a felülettel 45 fokos szöget bezáró hornyot (3,3x10 mm, 3,3x20 mm) helyeztünk el, melyek a repedésszerű hibákat szimulálták.

A kísérletek első részében az átmeneti veszteséget mértük meg.

A mérés során a 2. ábrán bemutatott ellenőrzőtestek, azonos pozíciójú, furatairól mért reflexiókat hasonlítottuk össze. A felső két furat mérésével az egy, illetve a két részből összeállított ellenőrzőtestek **hanggyengülési együtthatójának** az azonosságát kívántuk bizonyítani. Mivel a furatokról kapott **reflexiók** – gyakorlatilag – **azonos mértékűek** voltak (± 2 dB), a legalsó furatoknál tapasztalt erősítés különbségét, a $22\text{dB} \pm 2\text{dB}$ -t, a két rész közötti **átmeneti veszteséggel** magyaráztuk.

Megjegyezzük, hogy a felsorolt vizsgálófejekkel, azonos módon, elvégzett mérésekkel teljesen azonos eredményre jutottunk. Másrészt a méréseket – kíváncsiságból – merőleges vizsgálófejekkel is elvégeztük, azonban az átviteli veszteség jelentősen megnőtt, ezért a továbbiakban a longitudinális vizsgálófejekkel nem mértünk.

A kísérletek második részében a repedésérzékenységet mértük

- a térfogatos reflektorok,
- a repedésszerű hibák és a
- két hibatípus együttes vizsgálatával.

Az I. méréssorozatnál a 3. ábrán látható ellenőrzőtestben kimunkált reflektorokat mértük hagyományos módon, az ellenőrzőtest ellentétes felületéről.

A kísérlet-sorozat után, és azok eredményeit értékelve, a **térfogatos hibákat**

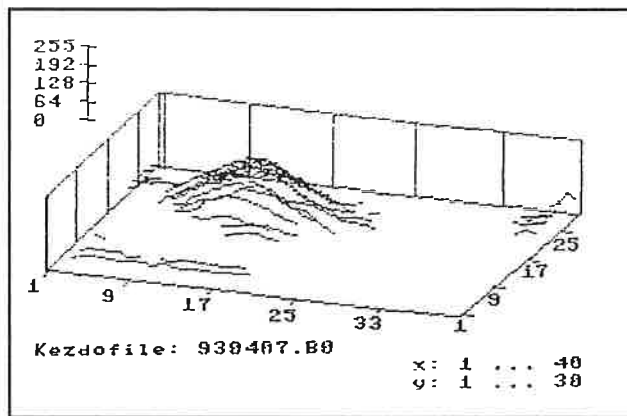
- az x-irányú megközelítésben felvett jelmaximumok burkoló görbéjével (pl. 4. ábra),
- a maximális jel nagyságnál elvégzett keresztirányú mérések eredményeit diagramban ábrázolva (pl. 5. ábra), és
- a jellemző A-képpel (pl. 6. ábra) jellemeztük.

Megjegyzések:

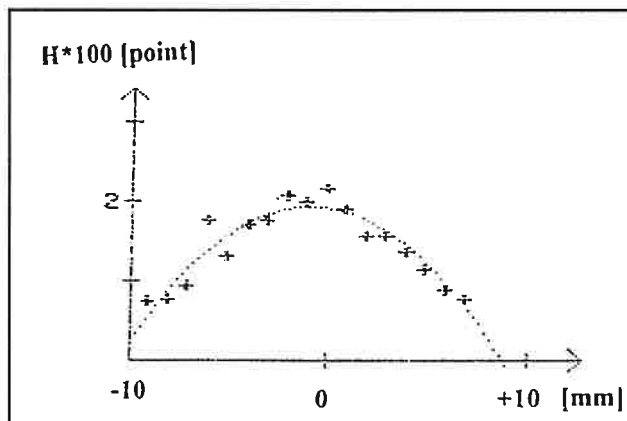
X-iránynak az ellenőrzőtest hossz tengelyét neveztük.

Keresztirányú mérésnél a vizsgálófejet – a maximális reflexió mérésénél – az x-irányra merőlegesen mozdítottuk el

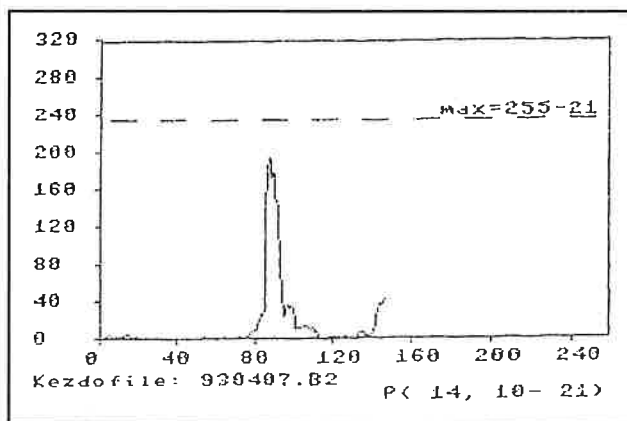
Jellemző A-képnek a jelmaximumot értelmeztük.



4. ábra



5. ábra



6. ábra

A méréseket mindhárom vizsgálófejjel elvégeztük, az eredményeket rögzítettük.

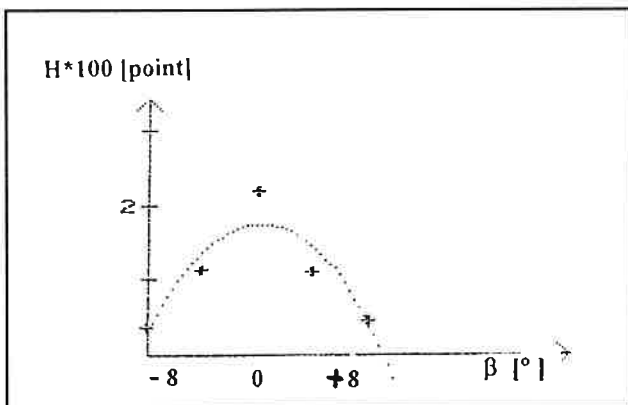
A II. mérésorozatnál a síkszerű reflektorokat vizsgáltuk.

A hengerek felső, repedésszerű anyaghiányt tartalmazó lapjára ráhelyeztük a 3. ábrán látható ellenőrzőtestet oly módon, hogy a 62 mm-es, illetve 88 mm-es anyagvastagságú test – azon a részen – nem tartalmazott műhibát. Tehát a kettős ellenőrzőtest módszer alkalmazásával mértük az alsó darabban lévő hiba reflexióképességét.

A műhibák, a vizsgálófejek és a két falvastagság szorzatával értelmezett változatok közül 18 kombinációt állítottunk össze, vizsgáltunk meg és rögzítettük eredményeit.

Ennél a mérésorozatnál a síkszerű reflektorok reflexióképességét

- az x-irányú megközelítésben felvett jelmaximumok burkoló görbéjével (a felülettel 45 fokos szöget bezáró reflektoroknál – néhány esetben – az ellenkező irányból is elvégeztük a mérést),
- a maximális jelmagasságnál elvégzett keresztirányú mérések eredményeit diagramban ábrázolva,
- a jellemző A-képpel és
- a repedésszerű hiba elforgatása miatt változó jel magasságcsökkenését diagramban ábrázolva (pl. 7. ábra) jellemeztük.



7. ábra

A III. mérésorozatnál a térfogatos és repedésszerű reflektorok együttes vizsgálatát végeztük el az 1. ábrán látható – alaphelyzetnek megfelelő – elrendezésben. A méréseknél a felső rész mindkét vastagságát (62 mm és 88 mm) alkalmaztuk.

A térfogatos reflektorok, a repedésszerű műhibák, a vizsgálófejek és a két falvastagság szorzatával értelmezett változatok közül 22 kombinációt állítottunk össze, vizsgáltunk meg az alábbiak szerint, és rögzítettük eredményeit.

Példaként bemutatjuk a mérési folyamatot a 45 fokos, 3,3 mm mélységű, 10 mm széles „repedés” és a 6 mm átmérővel jellemzett térfogatos reflektor, 88 mm-es anyagvastagság kombinációjánál, 60 T2-St típusú vizsgálófej alkalmazásánál.

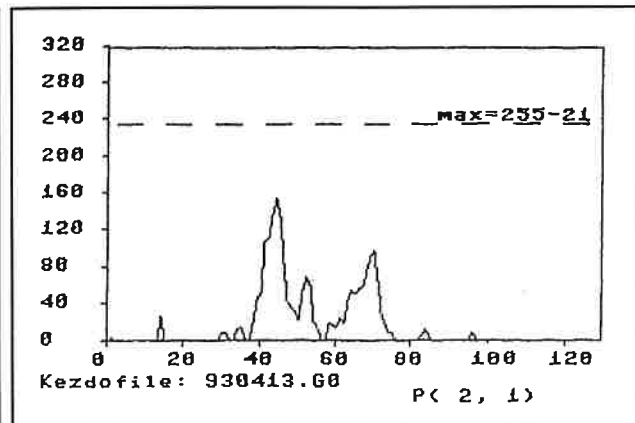
A ferde repedés a besugárzásra előnyös irányban dől.

Először a két „hiba” együttállását vizsgáltuk. Választ kerestünk arra, hogy a térfogatos hibából kiinduló „repedés”, amely alatta van, mérhető jelváltozást mutat-e.

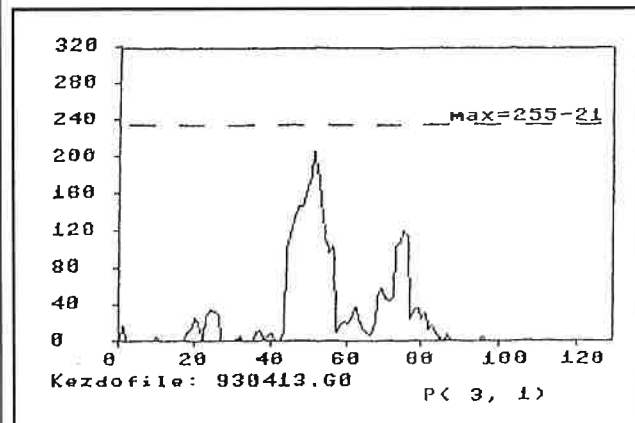
A térfogatos reflektorról megkeresett maximális reflexiót kb. 3/5–4/5 képernyő magasságúra növesztettük. A térfogatos anyaghiányról egy olyan kettős jelet kaptunk, ahol az első 3/5, a második 4/5 képernyő +2 dB magasságú volt (8. ábra) E = 54 dB erősítésnél. Ezt az A-képet egyébként már ismertük az I. mérésorozatból. Az ábrán látható még egy alakjel (57–78 között).

Ezt követően aláhelyeztük („alátoltuk”) a repedésszerű műhibát és mértük a jelváltozás mértékét dB-ben. A jel alakja, mérete érzékelhető módon megváltozott (9. ábra). A jelmagasság 2–4 dB-lel nőtt.

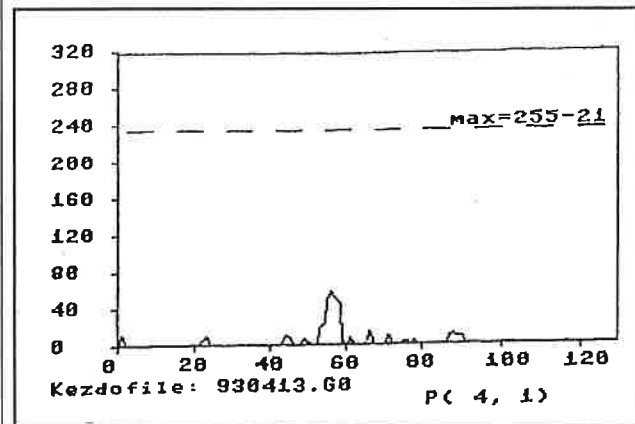
Ez után a vizsgálófejet oldalirányba mozgatva és növelve az erősítést, azt vizsgáltuk, hogy a hangtérből, a hangtér tengelyéből kikerülő térfogatos reflektor alatti repedés kimutatható-e. Vagyis elkülöníthető-e egy jel, amely a repedésre utal. Milyen mértékben mutatható ki a repedés hibajele, ha nincs a hangtér tengelyében a hiba. Itt a II. mérésorozat eredményei segítettek. A mérésnél a reflexió jelét mindig „megkerestük” (a henger mozgatásával, elfordításával stb.).



8. ábra



9. ábra



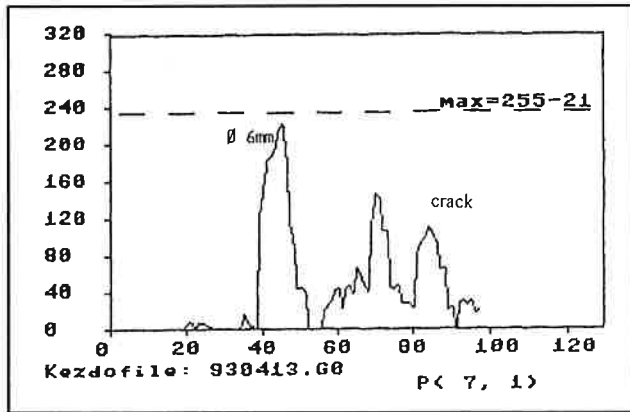
10. ábra

A vizsgálófejet 14 mm-rel elhúzva rögzítettük a 10. ábrán látható A-képet. A térfogatos jel eltűnt, a repedés reflexiójánál (2/5 képernyőmagasság) megnőtt a hangtávolság.

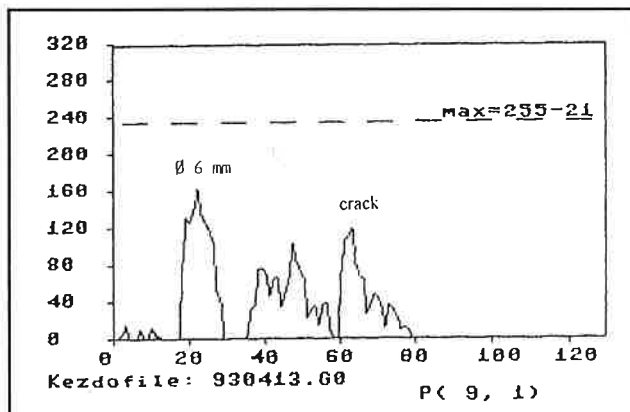
Visszatértünk az együttállás pozícióba és a repedést eltoltuk előre, x-irányban. A repedésszerű hiba is és a térfogatos reflektor is a hangtér szimmetriasisíkjaiban volt ekkor. A mérés célja a térfogatos hiba távolabbi környezetében lévő repedés észlelhetőségére irányult.

A 11. ábrán (E = 76 dB, repedés 16 mm-rel eltolva) három jel látszik. Az első a térfogatos reflektorról, a második alakjel, a harmadik a repedésről származó 3/5 képernyőmagasságú jel.

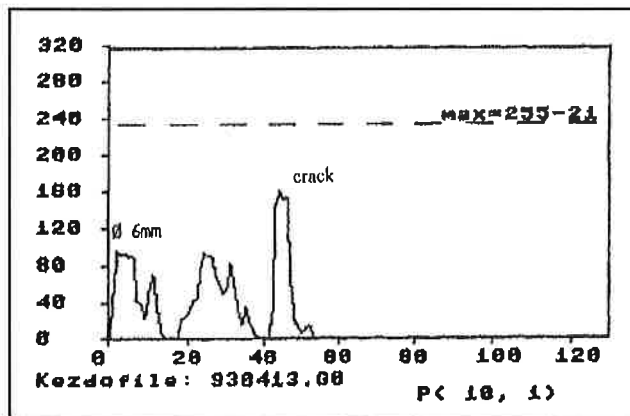
Ezt követően az eltoló repedést „követtük” a vizsgálófejjel, 9 mm-rel mozdítottuk el x-irányban (12. ábra). A jelmagasság alig változott, de a hangtávolságok jelzik a mozgást. Végül maximális reflexiót kerestünk a repedésről (a vizsgálófej is 16 mm-t mozgott) és vizsgáltuk az új pozícióban a térfogatos hiba kimutathatóságát (13. ábra). A térfogatos hiba



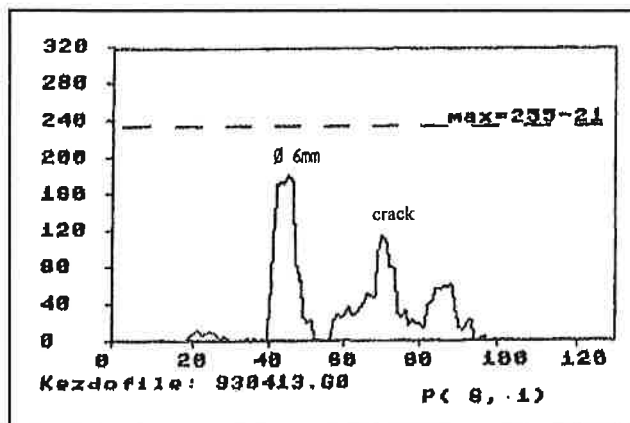
11. ábra



12. ábra



13/a. ábra



13/b. ábra

lecsökkent, kettős jel még látszik, és a repedés 4/5 képernyőmagyságú reflexiója is jól érzékelhető.

Összefoglalás, értékelés

Az előzőekben már jeleztük, hogy a kísérletek segítségével arra kívántunk – jól értelmezhető – választ adni, miszerint a reaktortartály időszakos ultrahangos vizsgálataihoz javasolt vizsgálófejek alkalmazásával – az alapanyag ellenőrzésénél – milyen biztonsággal lehet a térfogatos anyaghiányok környezetében a repedéseket kimutatni.

A mérésekhez kifejlesztettünk, alkalmaztunk egy újszerű módszert, amely alkalmasnak látszik más – hasonló – jellegű feladatok megoldására is.

Mivel a kísérleti eredmények közlése, a vizsgálatok átfogó értékelése meghaladja a cikk kereteit, ezért itt csak a módszer alkalmazásával összefüggő részletek bemutatására vállalkozhatunk

Mik voltak a legfontosabb mérési eredmények, illetve mire lehet következtetni ezekből?

A térfogatos és repedésszerű reflektorok közös vizsgálata volt a mérések kitűzött célja, ezért itt a következőkben, egy innen vett példával jellemezzük az értékelés lehetőségeit.

Az eredmények azt mutatták, hogy a két reflektor együttállása – általában – néhány dB jelváltozással jár (17 esetben). Máskor csak észlelhető volt a változás (4 esetben), de 4 kombinációnál nem volt kimutatható az együttállás.

A fentiek alapján azzal a feltételezéssel élünk, hogy a térfogatos anyaghiányok alá elhelyezett repedésszerű hibák reflektáló képessége valamivel az alatt van, amelynek a jelenléte már – elfogadható biztonsággal – észlelhető.

A jelzett síkszerű anyaghiányoknak az a KTR (TEN) egyenértéke – korrekciók nélkül – nem éri el a 2 mm átmérőt!

Kijelenthető tehát, hogy a kísérleteknél a kb. 2 mm átmérő alatti repedésszerű műhibák nem mutathatók ki ezekkel az ultrahangos eszközökkel.

Másrészt azonban a kettős csatolás átviteli vesztesége 22 dB volt. A repedésekről kapott reflexiók, 22 dB-lel megnövelt jelmagysága – azonos anyagon belül értelmezve – viszont egyértelműen kimutatható lenne!

Kijelenthető tehát, ezek szerint, hogy a kísérletekhez alkalmazott repedésszerű műhibák (5–6 mm átmérőnek felelnek meg) a tartályvizsgálatok során biztonsággal kimutathatók.

A két érték – a 2 mm, illetve az 5–6 mm átmérő – közötti helyzet további finomítást igényelhet.

A kísérleti eredmények értelmezését, elemzését elvégeztük az összes méréssel kapcsolatban és több, jól hasznosítható következtetésre jutottunk.

Néhány gondolattal szeretnénk kiegészíteni az előbbieket:

Az összes kísérleti eredmény arra mutat, hogy a tartályvizsgálatok összevont értékelésével növelhető az együttálló, illetve az egymás közelében lévő reflektorok kimutatási biztonsága.

Az eredmények összevont értékelését úgy értelmezzük, hogy a vizsgálófej több pozíciójában megjelenő jelváltozások külön-külön is jelzik a reflexióváltozást, de együttesen bizonyító jelleggel bírnak.

A kísérletek eredményeiből levont következtetéseket – kisebb mértékű korrekció mellett – a valós vizsgálati feltételek mellett (természetes hibák, hanggyengülés stb.) is elfogadhatónak tekintjük.

A módszer alkalmazási tapasztalatai egyrészt igazolták a módszer hasznosságát, lehetőségeit, másrészt felhívták a figyelmet néhány peremfeltétel fontosságára (pl.: az ellenőrzőtest méreteinek a körültekintő megtervezésére).

Foglalkozunk a módszer továbbfejlesztésével és pontosításával, illetve más területeken való hasznosításával.