

Kísérőjelek segítségével végzett méret-meghatározások tapasztalatai a gépi ultrahangos vizsgálatok során

Palásti József – Dr. Pinczés János – Szabó Dénes*

Bevezetés

A Paksi Atomerőmű reaktortartályainak állapot-megítélésénél a reflektorok pontos méretének a meghatározása egyre nagyobb jelentőséggel bír. Az élettartam végén dönteni kell a tartályok további használhatóságáról. Belátható a jelentősége annak, hogy a reflektorok méretét a lehető legnagyobb pontossággal kell megadni.

A reaktortartályaink ultrahangos gépi vizsgálatairól az elmúlt évek során folyamatosan tájékoztatást adtunk [1] [2] [3] [4]. Új vizsgálófejeket vontunk be a vizsgálati technológiánkba, ez új fejtartó kifejlesztését kívánta meg, ill. az új vizsgálófejek tulajdonságaiból következően lehetőségünk van különleges vizsgálati módszerek alkalmazására. A szaporodó eredményekből már össze lehet állítani az egyes berendezésekre a REFLEKTOR adatbázisokat. A konkrét koordináták további vizsgálataival tovább lehet finomítani a reflektor tulajdonságaira vonatkozó ismereteinket.

A reaktortartályokban a plattírozás alatti terület a legkritikusabb, ugyanis itt keletkezhetnek repedések [5]. Belátható, hogy felderítésük és méreteik pontos meghatározása a tartályok üzemeltethetőségének szempontjából igen nagy jelentőséggel bír.

Vizsgálati technológiánkat ki kell egészíteni olyan technikákkal, amelyek a repedés mélységének pontosabb meghatározását szolgálják.

Méret-meghatározó technikák

A reaktortartályokon a 140 mm mélyen lévő plattírozás alatti repedéseket keresünk, amelyek a felületre merőleges orientációjúak.

Az ultrahangos gyakorlatban leggyakrabban használt méret-meghatározó módszer a 6 dB-es eljárás. Ez a hangtérnél kisebb reflektorok esetén nem használható, mert igen pontatlan lesz az eredmény. A méréseink során alkalmazott vizsgálófejek hangtere 140 mm mélyen olyan nagy, hogy ez az eljárás használata nem merült fel.

Fókuszáló fejekkel már pontosabb méréseket lehet végezni, de ebben az esetben is sokszor összemérhető a hangtér és a repedés mélysége.

Az irodalomban a Time of Flight Diffraction (TOFD) ill. a Satellit Pulse (SP) módszerek ismertek még. Jelenleg a TOFD technika alkalmazását, az alakjelek zavaró hatása miatt, a nemzetközi gyakorlatban fokozott óvatossággal javasolják csak. Ezen okból, és mivel az SP technikához nem szükséges a vizsgálófejek speciális beállítása, az utóbbival kezdtünk foglalkozni.

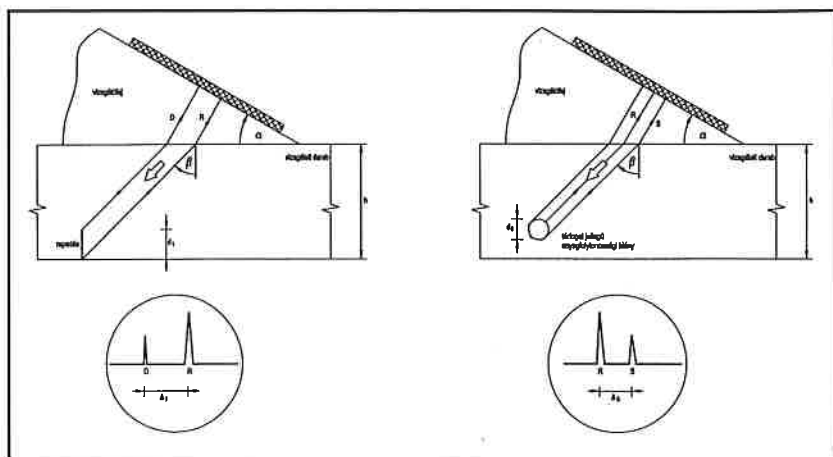
A fizikai alapokról

Ha az ultrahanghullám az anyagban reflektáló felülettel találkozik, akkor az azon visszaverődik, ill. elindul egy felületi hullám a reflektor alakja mentén [6]. Ez a felületi hullám a repedés csúcán (Tip Diffraction) gömbhullám formájában tér vissza a vizsgálófejbe.

Az anyagfolytonossági hiány fajtájától függően a kísérőjel vagy az alapjel előtt (repedés), vagy az alapjel után (térfogatos) jelentkezik: 1. ábra.

A kísérőjelekkel végzett mérések végrehajtása

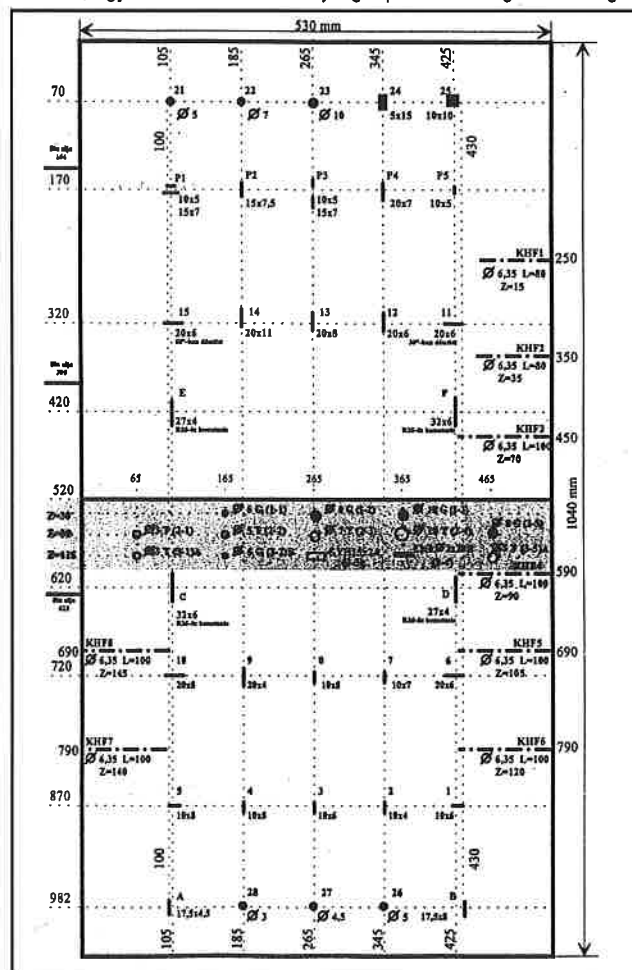
A TR1-es etalonunk (2. ábra) megfelelőnek mutatkozott a mérések elvégzésére, mert a plattírozás alatt (pl. A,B; - 15; P1 - P5), a belső



1. ábra. Kísérőjelek az ultrahangos vizsgálatok során G. J. Gruber nyomán

felületen (E - F) található benne repedések. Továbbá több térfogatos (KHF1 - KHF8; G1-1 - G1-3) reflektort is tartalmaz.

A repedések méretének a megvalósult (szikraforgácsolt) méretet tekintettük, ugyanis a beolvadási mélységet pontosan meghatározni igen



2. ábra. TR1-es etalon a reflektorokkal

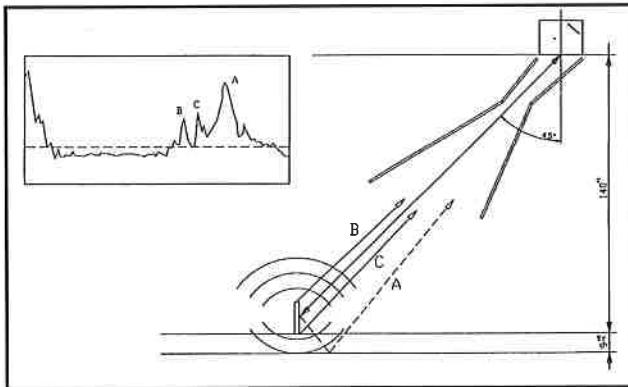
* Paksi Atomerőmű Rt.

körülményesnek bizonyult. Ha a megvalósult méretet vesszük figyelembe, akkor ezzel is a biztonság felé térünk el.

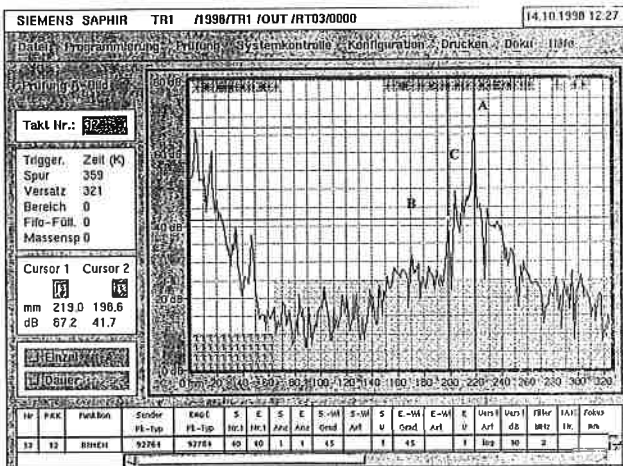
Az A képeken mért alap- és kísérőjel-távolság nem a valós méretet adja, ezért valamilyen szorzószámot kell alkalmazni. Ez a szám szerzőnként változik:

| Szerző/Reflektor | Repedés | Térfogatos |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| G. J. Gruber | $d=0,7042 \cdot \Delta t$ | $d=0,369 \cdot \Delta t$ |
| W. Sachse | $d=0,7092 \cdot \Delta t$ | |
| INETEC | | $d=0,7145 \cdot \Delta t$ |

A TR1-es etalon plattírozás alatti repedésein kezdtünk mérni. Az A képeken az alapjel környezetében két kísérőjelet tapasztaltunk, ezek értelmezését mutatja a 3. ábra. A 4. ábrán a 14. sz. reflektorral készített A kép látható. A SAPHIR rendszer gyors mérési lehetőségét biztosítja a jelek rögzítésére. A reflektorokon több helyen, több irányból mértünk, az eredményeket átlagoltuk. A statisztikai eljárás a sokaság alsó ill. felső 20%-t nem veszi figyelembe az átlag számításánál.



3. ábra. Kísérőjelek értelmezése az ultrahangos A képen



4. ábra. A 14. sz. reflektor A képe

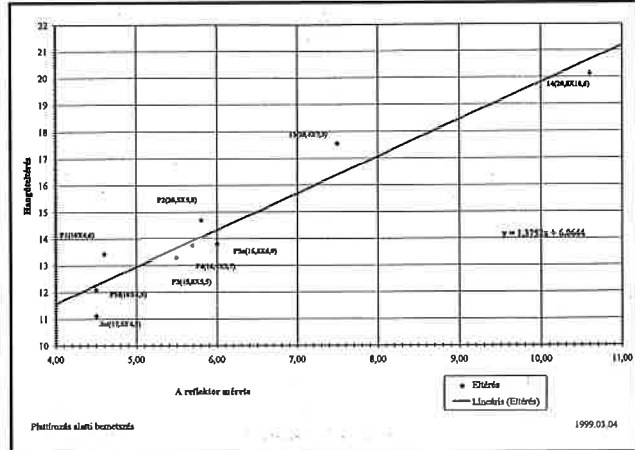
Tapasztalataink az alábbiak szerint foglalhatók össze röviden:

- a kísérőjeleket legkedvezőbben a 45°-os szögnél lehet regisztrálni,
- a fentebb említett szorzó a repedés méretének függvényében változik,
- más a szorzó ha a plattírozás alatti, vagy a belső felületen lévő repedést mérünk,
- a szorzó értéke akkor is változik, ha a jelek távolságát 2 vagy 3 jel felhasználásával számoljuk,
- a meghatározott hangüttlérésekből szorzó kalkulálása nélkül egyszerűbben lehet a valós méretre következtetni,
- kísérőjelek segítségével igen jó pontossággal lehet a reflektor méretére következtetni,
- a mérési elvet térfogatos reflektorok méret-meghatározására is lehet alkalmazni,

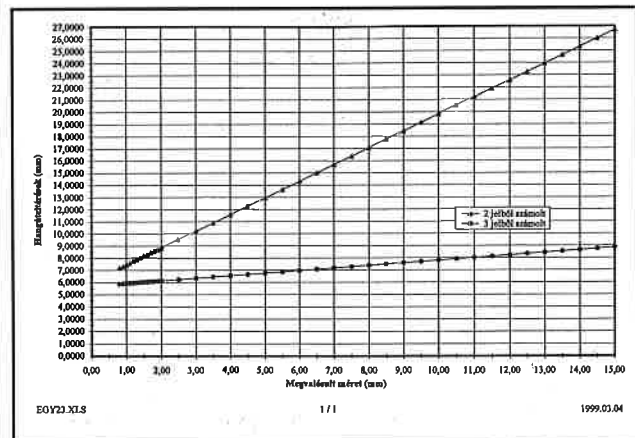
- a kísérőjeleket, megfelelő felbontás alkalmazásával, a grafikus képen is fel lehet fedezni, és ezekből szintén lehet méretet kalkulálni, akár több módszerrel is.

A kísérőjelekkel végzett mérések eredményei

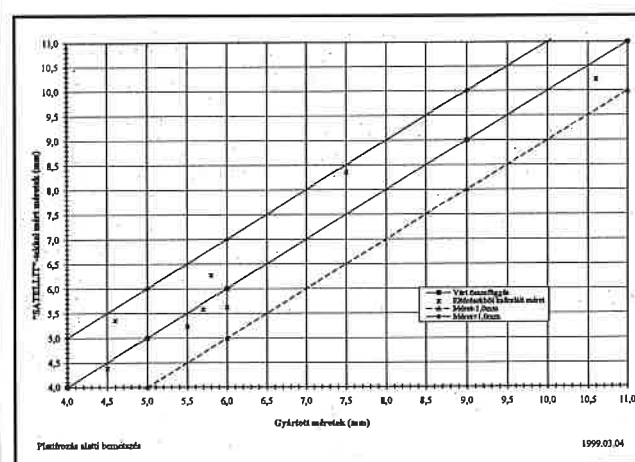
A regisztrált hangüttléréseket a reflektor megvalósult méretének függvényében ábrázolva (5. ábra), meghatározható az egyenes egyenlete (mint ahogy az ábrán is látható). Az egyenlet segítségével már tetőszöleges hangüttlérésre is számolható a reflektor „megvalósult” mérete (6. ábra). Egy valódi reflektor esetében ettől a mérettől a beolvadással (kb. 0,5 – 1,5 mm) kell csökkenteni az értéket, és így kaphatjuk meg a repedés valóságához legközelebb álló méretét.



5. ábra. A hangüttlérés változása a méret függvényében (2 jelből)



6. ábra. Összefüggés a hangüttlérések és a gyártott méretek között



7. ábra. Reflektor-méretek meghatározása kísérőjelek segítségével (2 jelből)

Az egyenes egyenletéből a TR1-es reflektorait kiszámolva kapjuk a 7. ábrát. Az eddigi tapasztalataink szerint a két jelből számolt méretek a legpontosabbak, mint ahogy az ábrán is látható, a pontosság 1 mm-ből van.

Összefoglalás

Az eddigi méréseink bebizonyították, hogy az ismert reflektorok (platfórozás alatti repedések, térfogati jellegű anyagfolytonossági hiány) méretét a kísérőjelek segítségével nagyon jó pontossággal lehet meghatározni. Több módszert is lehet használni, a korábbi grafikus képekből is lehet a méreteket kalkulálni.

Az eljárás továbbfejlesztésével tovább szaporodik a lehetőségek száma a reflektorok méreteinek egyre pontosabb megállapítására.

Mivel a vizsgálataink során áthangzásos ellenőrzést használunk, és a reaktortartály hengeres részén kevés alakjel fordul elő, véglegesen nem tettünk le a TOFD technika alkalmazásáról.

Irodalom

1. Szabó Dénes – Palásti József: A TriAs vizsgáloberendezés fejlesztése és felépítése. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2, 53-54. old.
2. Dr. Pinczés János – Palásti József: A TriAs vizsgálatok első tapasztalatai. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2, 55-56. old.
3. Dr. Pinczés János: Reaktortartály-vizsgálatok eredményeinek értékelése. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2, 59-61. old.
4. Fűcsök Ferenc – Palásti József: A TriAs rendszer megbízhatóságának elemzése. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2, 57-59. old.
5. Phare-jelentés (4.1.2 Project Task 1. B.)
6. G. J. Gruber: Defect identification and sizing by the Ultrasonic Satellite-Puls Technique. Journal of Non-Destructive Evaluation, Vol. 1, No. 4, 1980.

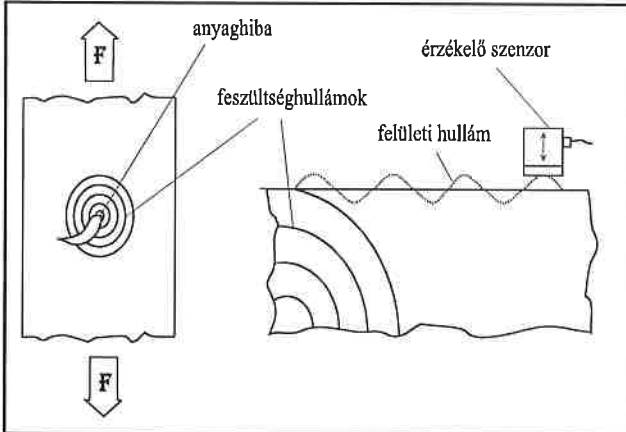
A károsodási zóna meghatározása polimer kompozitoknál akusztikus lokalizációval

Dr. Czigány Tibor* – Dr. Marosfalvi János*

Bevezetés

Az akusztikus emisszió (AE) mint roncsolásmentes anyagvizsgálati módszer egyre nagyobb szerepet játszik a szerkezetek vizsgálatánál, mivel a hibát előidéző jeleket maga a vizsgált anyag állítja elő, valamint az AE-jelenséget mint minőségi és gyártásellenőrzési módszert egyszerre lehet felhasználni.

Az akusztikai kisugárzási vizsgálat azon a tényen alapszik, hogy a szilárd anyagok mechanikai vagy hőhatás alatt feszültség hullámokat bocsátanak ki azokról a területekről, ahol fizikai változások lépnek fel (1. ábra).



1. ábra. Feszültség hullámok keletkezése, terjedése és detektálása

A feszültség hullámok akkor keletkeznek, amikor szilárd halmazállapotú anyagokban alakváltozási vagy törési folyamatok során energia szabadul fel. Függetlenül a vizsgált anyagtól vagy a vizsgálat körülményeitől, az AE tulajdonképpen a vizsgált anyag lokális instabilitásainak következménye. A terhelés hatására az anyag egyre kisebb belső energiájú állapotba kerül, egyre szaporodó helyi instabilitások során veszíti el belső energiáját és kerül a teljes instabilitás állapotába (pl.: törés).

A törést előidéző feszültségeknél majdnem minden anyagnál hang ill. akusztikai kisugárzás lép fel. Az akusztikai kisugárzás egy hanghullám vagy pontosabban egy feszültség hullám, amely végighalad az anyagon. A folyamat maga egy hirtelen energia-felszabadulás, amelyet feszültség okoz. A feszültség nem hallható, annak következménye azonban igen.

Ezek lehetnek: fémeknél a kristályszerkezet határfelületének hirtelen elcsúszása, a kristályrács átrendeződése, a repedés továbbterjedése, vagy a szálerősítésű műanyagoknál az elemi szál lokális szakadása, szálkihúzóda, a mátrix repedése, ragasztásleválás stb [1].

Előző cikkünkben [2] bemutattuk az AE alkalmazhatóságát egy érzékelő esetén rövid és hosszú szállal erősített PP rendszerek közötti különbségek feltárására ill. a tönkremeneteli formák felismerésére. Azonban az AE technika egyik legnagyobb előnye, hogy a mérést több érzékelővel végezve, s a beérkezési idők különbségeit mérve, a hangforrás pontos geometriai helye is meghatározható. A hangeseményekből való lokalizálás elve, hogy az események észlelési időpontjainak Δt különbsége, a hang anyagbeli terjedési sebességének és a mikrofonok geometriai helyének ismeretében meghatározható a forráspont pontos geometriai helye.

Cikkünkben 4 mikrofonnal való lokalizálást alkalmaztunk az események geometriai helyeinek pontos meghatározására. A lokalizációs mérések kritikus pontja a terjedési sebesség pontos meghatározása. Ha nagyobb értéket alkalmazunk a mérésnél mint a valóság, akkor közelebb, míg ha kisebb terjedési sebességgel lokalizálunk, akkor távolabb fogjuk a jelforrás geometriai helyét detektálni. A lokalizációs mérések előtt jelkibocsátó (pulzer) segítségével állapítottuk meg az éppen alkalmazott kompozit rendszerben a hang terjedési sebességének irányfüggését oly módon, hogy felerősítve azt a próbatestre, mértük a mikrofonok jelzéséig eltelt időt. Ismerve a mikrofonok pontos geometriai elhelyezkedését a sebesség számítható volt [3].

Mérési körülmények

A méréseknél polipropilén (PP) mátrix lemezek közé üvegpaplanat préseltünk. A PP a TVK által gyártott Modylen 2-8134 típusú anyag volt. A számok jelentése: 2 – poli(propilén-etilén) kopolimer; 8 – folyási index: 0,2–0,6 g/10 perc; 1 – krétával van töltve; 3 – kréta mennyisége: 10–15%; 4 – hidegállósága: -30°C .

Az üvegpaplan 450 g/m^2 felületi tömegű, térfogathányada 4,4% volt. A mátrixot és az erősítőanyagot SCHWABENTAN Polystat 300s típusú présgepen préseltük össze. A préselési ciklus folyamata:

- a.) nyomólapok felmelegítése 200°C -ra \Rightarrow b.) 30 s alatt nyomásnöveledés 80 bar-ig
c.) 2 perccig nyomástartás \Rightarrow d.) 100°C -ig lassú, majd gyors hűtés.

A préseléssel előállított homogén lapokból nagy CT (compact tension) húzóvizsgálati próbatesteket vágunk ki. Mivel az AE méréseket lokalizációs módban végeztük, a próbatesteket úgy módosítottuk, hogy arra a 4 mikrofon felhelyezhető legyen a mérési eredmények befolyásolása nélkül. A próbatestek kialakítása, mérete, valamint a mikrofonok (1-4 számozással) elhelyezkedése a 2. ábrán látható.

A próbatestek gyártásakor alkalmazott hossz méreتي túrés: $\pm 0,1\text{ mm}$.

* Budapesti Műszaki Egyetem, Gépszerkezettani Intézet