

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. Fücsök 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.

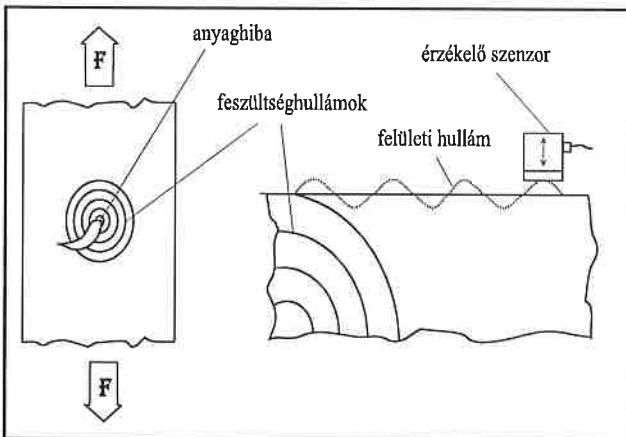
A károsodási zóna meghatározása polimer kompozitoknál akusztikus lokalizációval

Dr. Czigány Tibor* – Dr. Marosfalvi János*

Bevezetés

Az akusztikus emisszió (AE) mint roncsolásmentes anyagvizsgáló 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 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:

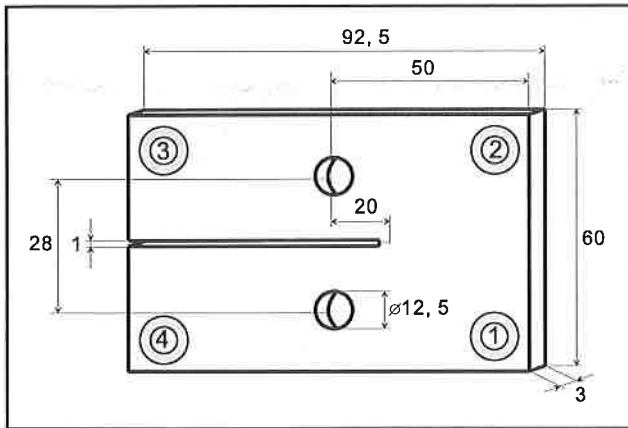
a.) nyomólapok felmelegítése 200°C -ra \Rightarrow b.) 30 s alatt nyomásnöveledés 80 bar-ig

c.) 2 perccig nyomástartás \Rightarrow d.) 100°C -ig lassú, majd gyors hűtés.

A préseléssel előállított homogén lapokból nagy CT (compact tension) húzóvizsgáló 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



2. ábra. A NAGY-LOK-CT próbatest geometriai méretei és a mikrofonok elhelyezkedése

A furatok és bevágások speciális készülékekkel készültek, szintén $\pm 0,1$ mm-es tűréssel. A próbatestek befűrészelt hornyját pengével tettük élessé. Ennek a nemzetközi gyakorlatban is elfogadott módszernek a lényege az, hogy borotvapengével – felületre merőlegesen – a befűrészelt hornyrész kezdetét 1 mm hosszán bevágjuk. Ezzel azt érjük el, hogy a repedés a bevágás végéről fog elindulni, így a károsodási folyamat nyomon követése optikai eszközökkel egyszerűen megoldható. A próbatesteket furatain keresztül vezetett 12 mm-es csapok segítségével terheljük Zwick 1445-ös terhelőgéppel. A méréseket $v = 2$ mm/perc sebességgel valamint $T = 22$ °C-on végeztük.

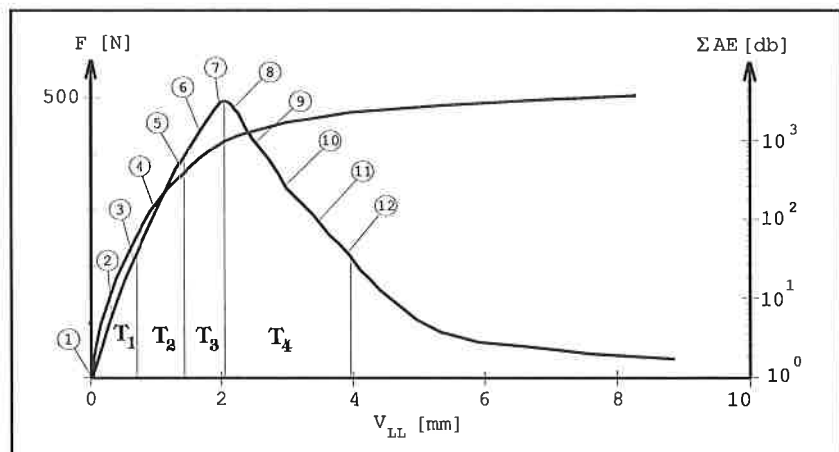
A mechanikai hatás alatt lévő anyag által kibocsátott hanghullámokat (feszültség-hullámokat) a vizsgált anyagra erősített négy darab mikrofonnal fogtuk fel. A mikrofonok és a próbatest között-

ti zavarmentes kapcsolatot csatolófolyadék (szilikon olaj) biztosította. Méréseinkhez a Központi Fizikai Kutató Intézet, Nagymegbízhatóságú Rendszerek Laboratóriuma által gyártott Defectophone NEZ-220 típusú alapkészülékkel végeztük. A detektáláshoz használt DAE-002 típusú mikrofonok beépített előerősítővel rendelkeztek, s használatukkal széles (20-10000 kHz) frekvenciasávot lehetett átfogni. A vizsgált kompozitban a hang terjedési sebességét a kísérletek előtt pulzserrel mértük ki, értéke átlagosan 1300 m/s volt [4].

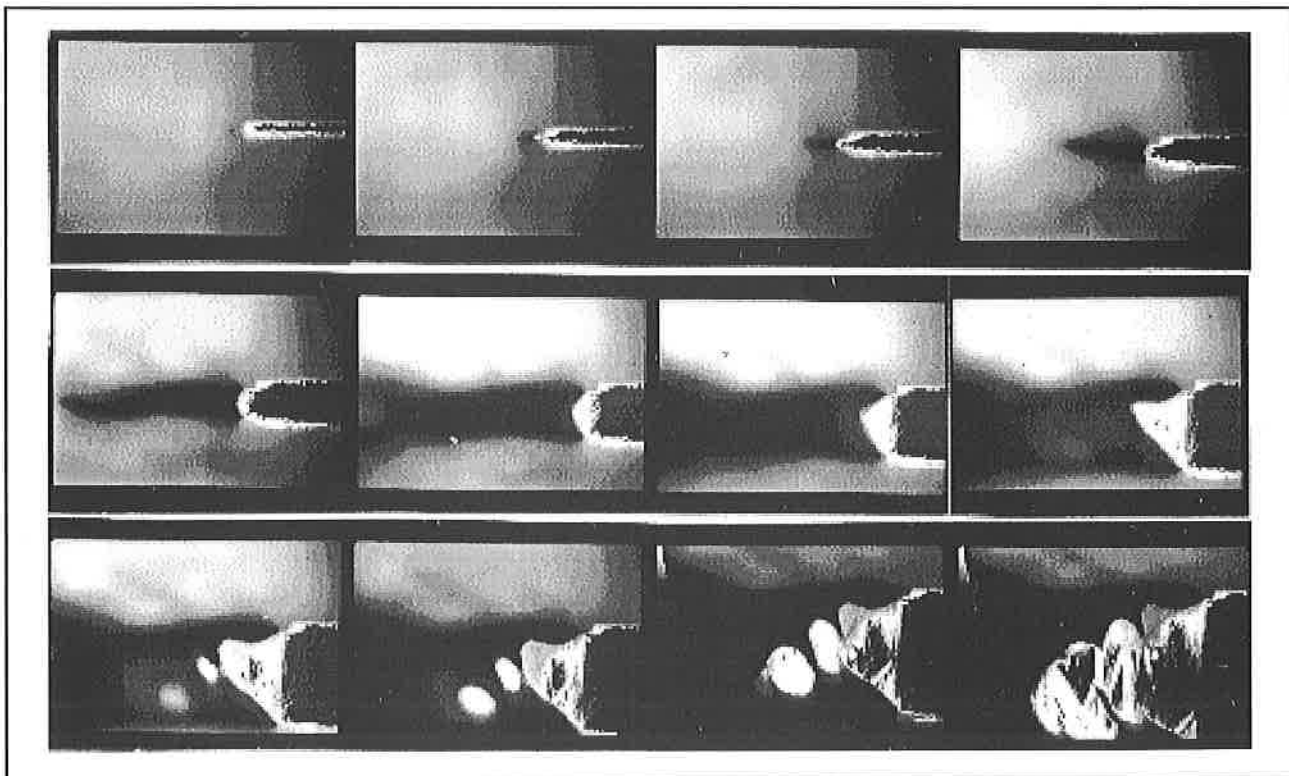
Ezzel egyidejűleg a repedések terjedését Olympus típusú, mozgatható fénymikroszkóppal követtük transzmissziós (átvilágító) módban. Segítségével az igénybevétel során folyamatosan fényképfelvételeket készítettünk a repedéscsúcs környezetéről, ill. az ott kialakult feszültségfóhéradási zónáról.

Mérési eredmények

A 3. ábrán az erő-elmozdulás-eseményszám görbéket látjuk a vizsgált intervallumok (T_1 - T_4) és a fényképfelvételek helyének bejelölésével (1-12), míg a 4. ábrán ezen felvételsorozat látható.



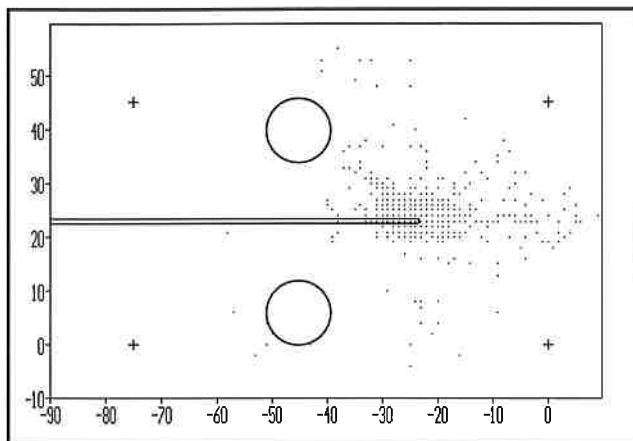
3. ábra. Üvegpaplan erősítésű próbatest erő-elmozdulás-eseményszám görbéje



4. ábra. Üvegpaplan erősítésű próbatest repedéscsúcsának változása a terhelés alatt 10-szeres nagyításban

A fényképsorozat első fotóján a pengével "élesített" próbatest nyugalmi állapotban látható. A terhelés növekedésével a repedés mind jobban nyílik szét (T_1 tartomány), a repedéscsúcs pedig fokozatosan tompul (T_2 tartomány). A repedéscsúcs mögötti sötét tartomány a feszültségfőhéredés jelensége, amely a károsodási zóna alakjára és méretére utal. Ezek után megindul a mátrix tépődése és megkezdődik az erősítőanyag aktív részvétele a terhelés felvételében ami szálikhúzóddással és a paplan repedésével párosul (T_3 tartomány). A negyedik (T_4) tartományban a paplant alkotó üvegszálak eltörnek és a paplan teljesen szétreped.

Az 5. ábrán a lokalizáció eredménye látható oly módon, hogy be vannak jelölve azok a geometriai helyek, ahol az anyag akusztikusan aktív volt. Ez azt jelenti, hogy az anyag ott károsodott, (onnan jött a hang), ahol a jel van. Ezek összessége a síkbeli akusztikai térkép.



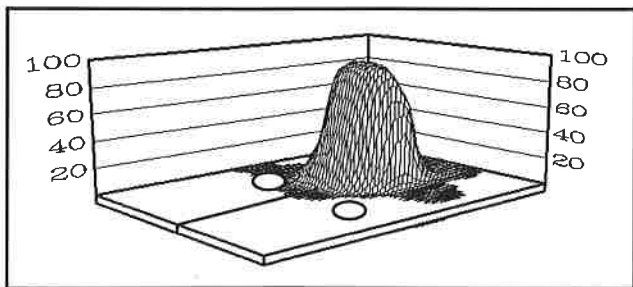
5. ábra. Síkbeli akusztikai térkép

A lokalizáció eredményeképpen mm pontossággal x,y értékeket mért a műszer. Ez azt jelenti, hogy mm² „felbontású” hálóba helyezte az eseményeket. Ha több esemény történt „ugyanott”, akkor a térképre sötétebb pont került. A térképen látható jelek ezért eltérő intenzitásúak, bár ez alig látszik. Az intenzitás mértéke mutatja az adott geometriai hely akusztikus aktivitását.

Eredmények kiértékelése, következtetések

A síkbeli akusztikai térképből megállapítható, hogy az AE jelek döntően a repedéstől környezetéből származnak, ahol a feszültségcsúcsok kialakulnak. Ettől eltérő helyek egyrészt a furatok környezete (az itt megjelenő jelek lokális károsodás következményei, amely ellen részben a terhelőcsapok kenésével lehet védekezni), másrészt a mikrofonok környezete (nem megfelelően stabil rögzítés), azonban az értékelésnél ezeket a "téves" jeleket figyelmen kívül hagytuk.

A síkbeli (2D) AE térképpel a legfőbb nehézség az, hogy nem informálnak az események gyakoriságáról. Az eseményeket a térképen pontok jelzik. Azonban egy helyről több AE jel is érkezik, s a fenti térképeken ilyenkor is csak egy pont jelenik meg (szabad szemmel nem, vagy csak alig látható intenzitás-különbséggel). Megoldásként olyan térbeli ábrázolásmódot (3D) választottunk, ahol a harmadik (z) tengely az adott pontról érkező AE események gyakoriságára utal. Ez a térbeli akusztikai térkép, melynek síkmetszete adja a károsodási zóna méretét.

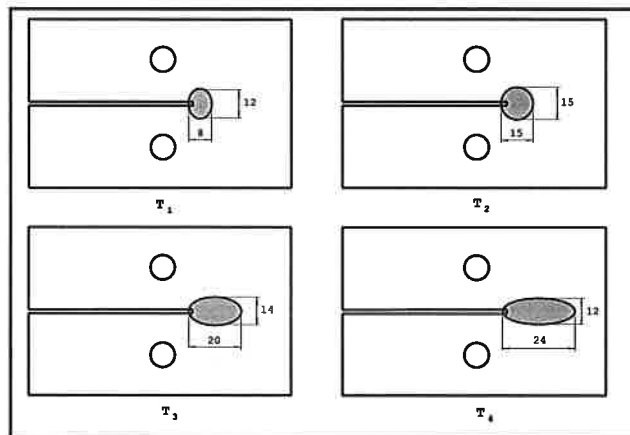


6. ábra. NAGY-LOK-CT próbatest térbeli akusztikai térképe

A síkbeli akusztikai térképeket úgy értékeltük ki, hogy végigpásztáztuk a próbatest felületét x és y irányban 1 mm-es lépésközökkel, s vizsgáltuk, az események számát az összes eseményszámhoz viszonyítva [5]. X és Y tengelyen a próbatest geometriája, míg a Z tengelyen az események gyakorisága látható a 6. ábrán.

A térgörbe alapja jól mutatja azt a tartományt ami a károsodási zónára utal. Végigpásztázva a síkbeli AE térképet különböző sugarú körökkel azt tapasztaltuk, hogy az összes esemény 90%-a belesik egy 20 mm átmérőjű körbe. Ugyanezt a kiértékelést egy 20 mm nagytengelyű és 10 mm kistengelyű ellipszissel is elvégezve kiderült, hogy az események 89%-a esik bele a tartományba, vagyis elmondható, hogy egy fele akkora területű alakzatba is közel ugyanannyi esemény esik, mint a 20 mm átmérőjű kör esetén.

A károsodási zóna alakját és kiterjedését vizsgálva a terhelési tartomány négy intervallumában (T_1 - T_4) elmondható, hogy az igénybevétel előrehaladtával változik (7. ábra).



7. ábra. A károsodási zóna alakjának változása a terhelés előrehaladtával

A térképeken látszik, hogy a kezdeti lineáris szakaszon a károsodási zóna alakja olyan ellipszis, amelynek kistengelye bemetszés irányú. A legjobban károsodott zóna ahogy közeledik a képlekeny "tépődő" tartományba, úgy megy át a zóna alakja először körre, majd olyan ellipszissé, amelynek nagytengelye bemetszés irányú. Ezekből az eredményekből is kitűnik, hogy a károsodási zóna alakja jellemzően ellipszis [6].

Összefoglalás

Üvegpaplan erősítésű polipropilén lemezeket vizsgáltunk akusztikus emisszióval lokalizációs módban. Megállapítottuk, hogy a repedéscsúcs környezetében a károsodási zóna alakja nem kör, hanem ellipszis, valamint a károsodási zóna alakja nagyobb annál, mint ahogyan azt a fényképfelvételek alapján a feszültségfőhéredési tartományokból következtetni lehetett [7].

Köszönetnyilvánítás

A szerzők ezúton köszönik az Országos Tudományos Kutatási Alap (F 025080, T 029034), valamint a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO/00156/98) támogatását.

Irodalomjegyzék

- [1] Vahavidos, S.J.-Rowland, C.H.: Real-time NDT with acoustic emission, Engineering Materials and Design, 25/2 (1984), 75-77.
- [2] Czigány, T.: Az akusztikus emisszió szerepe a műanyag kompozitok törésmechanikai vizsgálatánál, Anyagvizsgálók Lapja, 8 (1998), 13-16.
- [3] Pellionisz, P.: Akusztikus emissziós anyag- és szerkezet vizsgálatok, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest, 1992.
- [4] Központi Fizikai Kutató Intézet: System Defectophone NEZ-220. Gyártmányismertető és felhasználói útbaigazító, KFKI, Budapest, 1988.
- [5] Czigány, T.-Karger-Kocsis, J.: Determination of the damage zone size in textile fabric reinforced polypropylene composites by location of the acoustic emission, Polymers and Polymer Composites, 1 (1993), 329-339.
- [6] Karger-Kocsis, J.-Czigány, T.: Fracture behavior of glass fiber mat-reinforced structural nylon RIM composites studied by microscopic and acoustic emission techniques, Journal of Material Science, 28 (1993) 2438-2448.
- [7] Czigány, T.-Ostigalhe, M.-Karger-Kocsis, J.: Damage development in GF/PET composite sheets with different fabric architecture produced of a commingled yarn, Journal of Reinforced Plastics Composites, 17 (1998), 250-267.