

NÖVELT ENERGIAELNYELŐ KÉPESSÉGŰ KOMPOZITOK FEJLESZTÉSE GÉPÉSZETI ALKALMAZÁSOKHOZ

DEVELOPMENT OF INCREASED ENERGY ABSORBING COMPOSITES FOR MECHANICAL ENGINEERING APPLICATIONS

*Turcsán Tamás, MSc Gépészmérnök hallgató
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Polimertechnika Tanszék*

ABSTRACT

The aim of this study was the composition and investigation of high performance polymer composite with increased energy absorbing, and toughening properties. These composites consist of carbon fiber reinforcing, and mixed resins as matrix. Through the special structured matrix the composite have opportunity for better fatigue and damping properties. Due to excellent energy absorbing and good mechanical properties there can be designed safer mechanical structures and machines, for example in aircraft and automotive industry.

1. BEVEZETÉS

A XXI. században a technológiai fejlődés a felhasznált szerkezeti anyagok teljesítőképessége által kijelölt út mentén zajlik. A tervezők eszköztárát szélesítik a napjainkban is gyors ütemben fejlődő kompozit anyagok, amelyek alkalmazásával az egyes gépészeti szerkezetek nagyobb hatékonysággal és élettartammal üzemelhetnek. Kiemelkedően fontos szerep hárul a polimer anyagokra, amelyeket fémekkel vagy kerámiákkal társítva nagy teljesítményű kompozit struktúrák állíthatók elő. Ezeket az anyagokat kiváló mechanikai tulajdonságikon túl viszonylag kis sűrűség jellemez, így használatuk révén csökkenhet az adott szerkezet önsúlya. A tömegcsökkenés belátható energetikai következményekkel jár a közlekedés szinte mindegyik ágazatánál, amire manapság számos példát találunk [1].

Az autó-, és repülőgép iparban közkedvelt - általában hőre nem lágyuló alapanyagú - polimer kompozit anyagok kimagaslóan jó tömeg-teljesítmény aránnyal, és tervezetten irányfüggővé tehető mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek. Mindezek mellett a hőre lágyuló polimerekhez és számos képlékenyen alakítható fémhez mérten kisebb szívósság jellemzi őket. Jelenleg a nagyteljesítményű

polimer kompozitok terén a szívósság fokozása, és a növelt energiaelnyelő képesség elérése a kutatók egyik legnagyobb feladata [2].

2. AZ ENERGIAELNYELŐ KÉPESSÉG FOKOZÁSA KOMPOZITOK ESETÉN

A polimer kompozitok alapvetően olyan kétfázisú rendszerek, amelyekben az egyik fázis az erősítő anyag, amely felelős a mechanikai terhelések főlveteléért, a másik alkotó pedig a befoglaló anyag vagy más néven mátrix. Ez utóbbi feladata a megfelelő terheléeloszlás megvalósítása és az erősítőanyag (pl.: szálak vagy részecskék) külső behatásoktól való megóvása. A két fázis között kiváló adhéziós kapcsolat van, amelynek jóvoltából az anyag nagy terheléseket képes elviselni tönkremenetel bekövetkezése nélkül [3].

Az elkészült kompozit szerkezet szívósságát nagy mértékben annak befoglaló anyaga adja meg, így a fejlesztés ésszerű irányzata egy növelt energiaelnyelő képességekkel rendelkező mátrixanyag létrehozása, a hőre nem lágyuló anyagokhoz mérten jó mechanikai tulajdonságok megtartása mellett. Erre a célra kifejezetten alkalmas lehet a mátrix mikro-, illetve nano méretű strukturáltságának létrehozása, illetve módosítása [1, 3].

Ilyen szerkezeti formát lehet elérni különböző anyagminőségű gyanták elegyítésével. Az egyes keverékgyanták előállításánál azonban lényeges, hogy a térhálóság megfelelő mértékű legyen. Kedvező esetben az alkotók keveréke külön-külön folytonos térhálós szerkezeti formát vesz fel, amelyben az egyes polimer láncok rengeteg helyen (de egyik esetben sem elsőrendű kötéssel) kapcsolódnak egymáshoz, illetve kompozit mátrixként használva az erősítőanyaghoz is. Mindezek fennállása esetén rendkívül nagy szívósságú és hirtelen behatásokkal szemben ellenálló kompozit anyagot vagyunk képesek létrehozni [4, 5].

3 A FELHASZNÁLT ANYAGOK, BERENDEZÉSEK ÉS MÓDSZEREK

Kutatásom során a hőre nem lágyuló gyantákból képzett gyantakeverékek előállításához használt epoxi (EP) komponens az IpoX Chemicals Kft. által előállított ER 1010-es típusú biszfenol-A-diglicidil-éter alapú módosított epoxigyanta volt, az epoxi gyantához szintén az IpoX Chemicals Kft. által gyártott EH 2293-as típusú izoforon-diamin térhálósítót alkalmaztam.

A keverék másik alkotóelemeként az Ashland Composite Polymers Inc. által gyártott AME 6000 T35-ös módosított epoxivinilészter (VE) használtam, amely előgyorsított gyanta volt, tehát csak katalizátor hozzáadását igényelte. Ez esetben a Peroxid Chemie GmbH. által gyártott MEKP-LA-3 típusú, Diizobutil-ftalátban oldott metil-etilketon-peroxid volt.

Az anyagok megfelelő elegyítését száraz keverővel végeztem 400 [1/min] fordulatszámon. A gyantakeverékek előállítása során figyelembe vettem korábbi, hasonló témájú kutatások eredményeit is [5, 6].

A kompozitok előállítása kézi laminálással történt, erősítőszálként a Zoltek Zrt. által gyártott Panex 35 FB UD 300 típusú unidirekcionális szénszövetet használtam fel. Az impregnálás végeztével 0,5 MPa nyomással préseltem a kompozitokat a térhálósodási folyamat befejeződéséig, ezzel egységesítve a lapok minőségét.

Az egyes mintákat a laminálást és préselést követően huszonnégy óra elteltével utóterhálósítás céljából hőkezelésnek vettem alá, amelyet Heraeus UT20 típusú laboratóriumi levegő-cirkulációs szárítószekrényben hajtottam végre 80°C hőmérsékleten, négy óra időtartammal.

Az elkészített kompozit anyagok pontos erősítőszál tartalmának megállapítása végett kiégetéses vizsgálatot végeztem, Nabertherm típusú laborkemence segítségével, 500°C hőmérsékleten, hatvan perc hőntartási idővel, ez alatt mátrix termikus bomlást szenvedett.

A differenciális pásztázó kalorimetria vizsgálatokat TA Instruments DSC Q2000 típusú berendezés segítségével végeztem, az MSZ EN ISO 11357-5:2001 szabványnak megfelelően. A méréseket 30-200°C tartományban 10°C/perc fűtési sebességgel hajtottam végre.

A létrehozott kompozit próbatesteken a hárompontos hajlítóvizsgálatot Zwick Z020

típusú univerzális terhelőgépen hajtottam végre MSZ EN ISO 14125:1999 szabvány szerint. Az egyes anyagokból 5-5 próbatestet vizsgáltam, 2 mm/perc terhelési sebességgel.

A statikus húzóvizsgálatokat Zwick Z050 típusú univerzális terhelőgépen végeztem MSZ EN ISO 527-5:1999 szabvány szerint, anyagonként 5-5 próbatestet vizsgálva, 2 mm/perc útgerjesztés mellett.

Az ütvehajlító vizsgálatokat az MSZ EN ISO 179-2:2000 szabvány alapján végeztem CEAST Resil Impact Junior ütőművön, szobahőmérsékleten. Az alkalmazott ütőenergia 2 J volt, a kiértékelés során DAS 8000 adatfeldolgozó egységet alkalmaztam.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

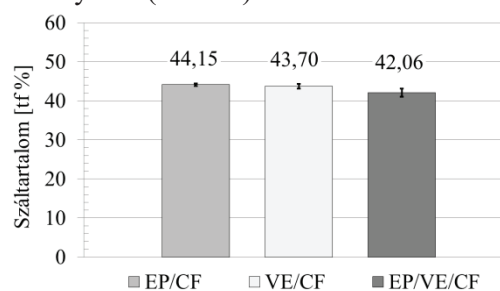
Ebben a fejezetben ismertetem saját kutatásom során elért eredményeket logikai sorrendben az egyes vizsgálati típusok által szolgáltatott információkkal.

Első lépésként az előállított epoxi (EP/CF), vinilészter- (VE/CF), és a keverékgyanta mátrixú (EP/VE/CF) kompozit anyagokon szerkezeti vizsgálatokat hajtottam végre, ezután statikus és dinamikus mechanikai próbákat végeztem rajtuk.

4.1. Száltartalom meghatározása

Az egyes kompozit mechanikai tulajdonságainak értékelésekor nagy hangsúlyt kell fektetni azok erősítőszál tartalmára, hiszen az alapvetően befolyásolja a mechanikai teljesítőképességet.

A kiégetéses vizsgálatok során meghatároztam a visszamaradó szénszálak tömegét, majd ebből a szál és a mátrix sűrűségének ismeretében meg tudtam adni a volumetrikus szálhányadot (1. ábra).



1. ábra. A szénszál erősítésű kompozit anyagok volumetrikus száltartalma

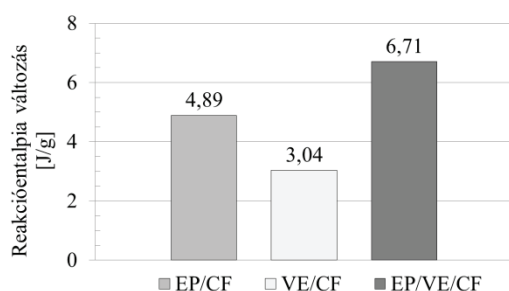
A mérés során kapott értékekből látszik, hogy csekély szórás mellett nincs jelentős száltartalombeli különbség az egyes kompozitok közt, így mechanikai tulajdonságaik a külön-

böző mátrix anyagok, illetve az adhéziós kapcsolatok erősségét fogják feltárni.

4.2. Differenciális pásztázó kalorimetria

A kompozit anyagok térhálóságának milyensége kísérleti úton az utótérhálósítás segítségével ellenőrizhető, a folyamat mutatószáma a hőközlés során bekövetkező reakcióentalpia (ΔH_R) változás.

A vizsgált kompozitok esetében a ΔH_R (2. ábra) annál nagyobb, minél több energia szabadul fel az újonnan képződő keresztkötések miatt, azaz minél kisebb volt az adott minta térhálósági foka a vizsgálatot megelőzően.

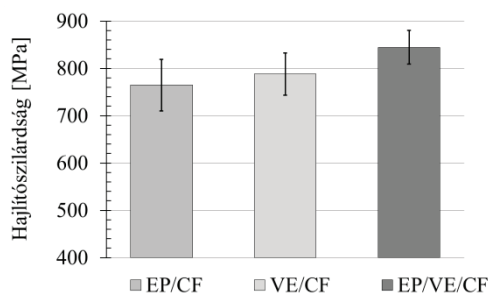


2. ábra. A vizsgált minták által produkált reakcióentalpia változás az utótérhálósítás során

A mért adatok ismeretében elmondható, hogy a legcsekélyebb térhálósági fokkal a keverékgyantából képzett kompozit rendelkezik, ami elősegítheti az energia hatékonyabb elnyelését a mechanikai vizsgálatok során.

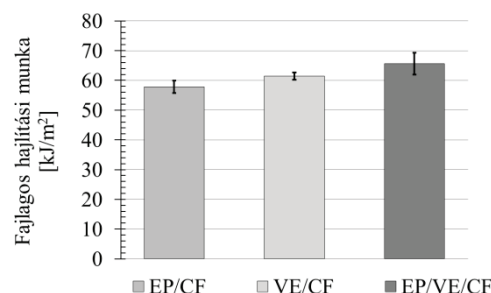
4.3. Hárompontos hajlító vizsgálatok

A keverékgyantából képzett kompozit anyag hajlítóvizsgálatok során produkált eredményeit hasonlítottam az elegy összetevőiből képzett kompozit anyagokkal. A kapott eredmények (4. ábra) azt mutatták, hogy a keverékgyantából képzett kompozitok rendelkeznek a vizsgált anyagok közül a legnagyobb hajlítószilárdsággal.



3. ábra. A szénszál erősítésű kompozit anyagok hajlítószilárdság értékei

A kompozit próbatestek tönkremeneteléhez hajlítás során szükséges fajlagos munkát is meghatároztam (4. ábra). Az eredmények arra utalnak, hogy a legnagyobb energia befektetést a keverékgyantából képzett kompozitok tönkremenetele igényelte.

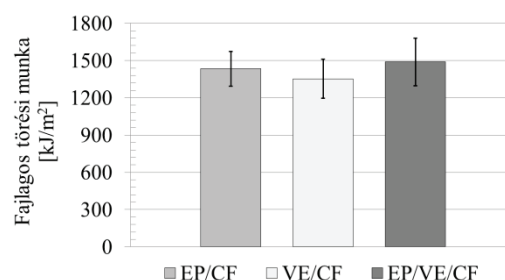


4. ábra. A szénszál erősítésű kompozit anyagok fajlagos hajlítási munka értékei

A hajlítóvizsgálat eredményei rámutatnak, hogy a növelt energiaelnyelő képesség már a statikus terhelés során is megjelenik. Ez abban merül ki, hogy a kompozitok leggyakoribb tönkremeneteli formája az egyes rétegek elválása ez esetben a gátolva van a sokhelyütt egymásba kapcsolódó struktúrával rendelkező polimer láncok által.

4.4. Húzóvizsgálatok

A szénszál kompozit anyagok húzó igénybevétele során a szál-mátrix kapcsoltságának minőségét tudjuk megvizsgálni. Kutatásom során elsősorban nem a szál-mátrix kapcsolat az érdekes, hanem a tönkremenetel során az anyag által felvett energia nagysága (5. ábra). A mért értékekből jól látható, hogy a legnagyobb fajlagos törési munkával a keverékgyantából készített kompozitok rendelkeztek.

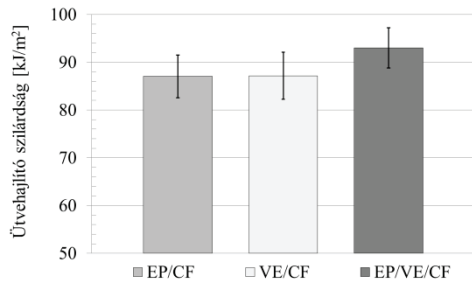


5. ábra. A kompozit anyagokon húzóvizsgálatai során mérhető fajlagos törési munka értékei

4.5. Ütvehajlító vizsgálatok

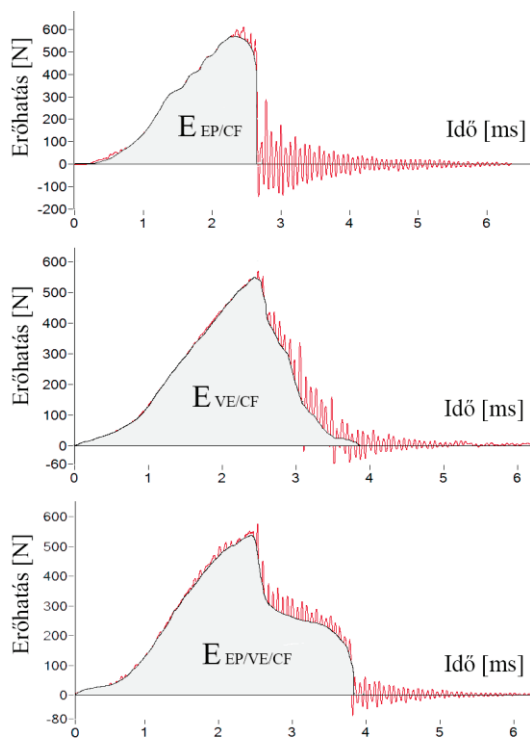
A kompozitok szívósságát jól jellemzi a pillanatszerűen, hirtelen bekövetkező terhelésekre adott reakció. Kiemelten fontos, ez esetben a

tönkremenetel során elnyelt energia mennyisége. Az elvégzett Charpy-féle ütvehajlító vizsgálatok (6. ábra) során a keverékgyantából képzett kompozitok nagyobb energiaelnyelő képessége nagyobb ütvehajlító szilárdság értékekben mutatkozott meg.



6. ábra. A szénsszál erősítésű kompozit anyagokon elvégzett Charpy-féle ütvehajlító vizsgálatok során mért szilárdsági értékek

Az ütvehajlító vizsgálatok során kiadódó görbealakok (7. ábra) elemzése fontos tanulságokkal szolgálhat az anyagok viselkedésével kapcsolatban



7. ábra. A kompozit anyagok Charpy-féle ütvehajlító vizsgálata során tapasztalt tipikus görbealakok az elnyelt energia szemléltetésével

A bemutatott anyagokra jellemző görbealakokon megfigyelhető, hogy az epoxi mátrixú kompozit teljes mértékben ridegtörést szen-

vedett, míg a keverékgyantából készült anyag a tönkremenetel során nagy energiát elnyelve szívós törést produkált, a vinilészter mátrixú kompozit a kettő közt helyezkedett el.

5. ÖSSZEGZÉS

A kutatási munkám összefoglalásaként elmondható, hogy egy jelentős mértékben növelt szívóssággal és energiaelnyelő képességgel rendelkező kompozit anyagot sikerült létrehozni. Ami a továbbiakban alkalmas lehet az egyes gépészeti szerkezetek ridegebb kompozit anyagainak kiváltására, ezáltal azok biztonságosabbá tételére.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném megköszönni konzulensemnek Dr. Mészáros Lászlónak munkám során nyújtott emberi és szakmai segítségét.

A kutatás eszközbeszerzése az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA PD105564) által biztosított forrásból valósult meg. A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Új tehetséggondozó programok és kutatások a Műegyetem tudományos műhelyeiben" TÁMOP -4.2.2.B-10/1-2010-0009 programhoz.

7. IRODALOM

- [1] Friedrich K., Fakirov S., Zhang Z.: Polimer Composites From Nano- to Macro-Scale, Springer-Verlag, New York, 2005.
- [2] K. L. Forsdyke, T. F. Starr: Thermoset resins- Market Report, Rapra, Shawbury, 2002.
- [3] E. Trewin: The advanced composites industry – Global markets, technology trends and applications 2002-2007. Materials technology publications, Watford, UK, 2003.
- [4] L. H. Sperling: Interpenetrating polymer networks: An overview. in 'Interpenetrating polymer networks' (eds.: D. Klemperer, L. H. Sperling, L. A. Utracki) American Chemical Society, New York, 239, 3-38 1994.
- [5] J. Karger-Kocsis, O. Gryshchuk, S. Schmitt: Vinylester/epoxy-based thermosets of interpenetrating network structure: An atomic force microscopic study, Journal of Material Science **38** 413-420 2003.
- [6] J. Karger-Kocsis, O. Gryshchuk, N. Jost: Toughness response of vinylester/epoxy- based thermosets of interpenetrating network structure as a function of the epoxy resin formulation: effects of the cyclohexylene linkage, Applied Polymer Science **88** 21-24 2003.