

## POLIMER-KERÁMIA-FÉM KOMPOZIT RENDSZEREK TANULMÁNYOZÁSA

### STUDY OF POLYMER-CERAMIC-METAL COMPOSITE SYSTEMS

Bódi Szabolcs

*Kecskeméti Főiskola, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskolai Kar (GAMF),  
Természet- és Műszaki Alaptudományi Tanszék, H-6000 Magyarország, Izsáki út  
10.; Telefon: +36-76-516338, bodi.szabolcs@gamf.kefo.hu*

#### Abstract

The aim of our paper is to present the foreign research achievements of polymer-ceramic-metal composite systems. The first part of our paper shows the application fields of metal foams. The second part presents the fiber-reinforced composites. In part three we present the mechanical behaviour of glass fibre reinforced polypropylene skinned (Plytron) sandwich beams and the mechanical behaviour of sandwich beams produced from Alporas aluminium alloy foam. Then we present the application of aluminium foam hybrid sandwich structures in lightening the battery housings for electric vehicles. Finally, I sum up the conclusions regarding the studied papers.

**Keywords:** metal foam, polymer composite, glass fibre reinforcement, polypropylene skin, aluminium alloy foam, battery house.

#### Összefoglalás

Cikkünk célja a polimer-kerámia-fém kompozit rendszer külföldi kutatási eredményeinek illetve alkalmazásának az ismertetése. Az első részben bemutatjuk a fémhabok felhasználásnak területeit. A második részben ismertetjük a szálerősítésű polimer kompozitokat. A harmadik részben ismertetjük az üvegszállal erősített polipropilén héjú (Plytron) és az Alporas alumínium ötvözethabból gyártott szendvics rudak mechanikai viselkedését. Ezután bemutatjuk az alumíniumhab hibrid szendvicszerkezetek alkalmazását az elektromos járművek akkumulátorházának könnyítésénél.

**Kulcsszavak:** fémhab, polimer kompozit, üvegszál erősítés, polipropilén héj, alumínium ötvözethab, akkumulátorház.

#### 1. Bevezetés

Napjaink fejlesztőmérnökeinek egyik célkitűzése a tervezett gépek tömegének csökkentése, ami által jelentős energiatakarékosságra tehetünk szert. Egyre több fém alkatrészt helyettesítünk fémhabbal, különböző szálerősítésű polimer kompozittal, melyek a kisebb tömegükön túl adott esetben jobb tulajdonságokkal is rendelkeznek,

így az elvárt funkciót teljes mértékben el tudják látni [1].

Idáig Magyarországon a polimer-kerámia-fém kompozit rendszer tanulmányozása új területnek számít.

Cikkünk célja ezen kompozit rendszer külföldi kutatási eredményeinek, illetve alkalmazásának az ismertetése.

## 2. Fémhabok felhasználása

A fémhabok egyedülálló mechanikai, elektromos, termikus és akusztikus tulajdonságokkal rendelkező kis sűrűségű anyagok. Nagy fajlagos szilárdságuk és jó hangszigetelő képességük révén előszeretettel használják az építőiparban, kis hővezető képességük és kiváló hődiffúziójuk előnyös az elektronikai ipar számára, míg jó energiaelnyelő képességük forradalmasította a csomagolástechnikát, a hadiipart (pl. golyóálló mellények belése), a járműipart, mely utóbbinál szendvics-panelet készítenek belőlük [2].

## 3. A szálerősített polimer kompozitok ismertetése

Ma már sok esetben szálerősítésű polimer kompozitból készül az autók karosszériája, alkatrészeinek nagy része is. Kiváló adhéziós kapcsolat van ezen kompozit két fő alkotóeleme, a szívós mátrix és a nagy szilárdságú erősítőanyag között. A szálak feladata a terhelések felvétele, míg a mátrixé a szálak terhelésközvetítése, befoglalása. A polimer kompozitok előnyei a tervezhető mechanikai tulajdonságok, a kis sűrűség, az elektromos és mágneses szigetelőképeség, nagy szilárdság, korrózióállóság [3].

Az alábbiakban ismertetjük az üvegszál, szénszál, illetve az üveg/szénszál hibrid erősítés jellemzőit.

A szerves, amorf szerkezetű üveg a szilikátok csoportjába tartozik. A műanyagok erősítésére leginkább a viszonylag olcsó E-üveget használják a műszaki üvegszálak közül, ami jó elektromos szigetelőképeséggel bír. Az epoxigyanta mátrixú kompozitok vizsgálata során kimutatták, hogy a mechanikai tulajdonságok folyamatosan romlanak a páratartalom növekedésével. Az üvegszál kompozitok ismétlődő húzó-igénybevétel szembeni viselkedésének tanulmányozása során a próbatestek nyúlása a vizsgálati idővel együtt növekedett [4].

A szénszálakat a szerves szénvegyületekből pirolitikus úton állítják elő. A nagy rugalmassági modulus és rendkívül nagy grafitszilárdság miatt használják. A mindennapi élet egyre több területén alkalmazzák, pl. az autóiparban, építőiparban, sport-szergyártásnál. A szénszövettel erősített epoxigyanta mátrixú kompozitokra gyakorolt hőmérséklet és nedvesség együttes hatásának vizsgálatából kiderült, hogy romlott a szál-mátrix adhézió, de javult a kompozitok ütésállósága [4].

A szénszál üvegszállal való hibridizációjával a kompozitok ütésállósága javítható és nagymértékben csökkenthető az áruk. Epoxigyanta mátrixú üveg/szénszál hibridkompozitok ütésállóságának vizsgálatából kiderült, hogy nagyobb energia értékek mellett a szálszakadás volt jellemző, míg kisebb energianál a tönkremenetel módja a delamináció és a mátrix-deformáció. Különböző száltartalmú rövid üveg- és szénszállal erősített polipropilén mátrixú hibridkompozitok vizsgálata során kiderült, hogy a szénszál-tartalom növekedésével csökken a szakadási nyúlás és növekszik a rugalmassági modulus és a húzószilárdság [4].

## 4. Polimer-kerámia-fém kompozit rendszerek tanulmányozása

S. Mcknown és R.A.W. Mines tanulmányukban az üvegszállal erősített polipropilén héjú (Plytron) és az Alporas alumínium ötvözethabból gyártott szendvics rudak mechanikai viselkedését vizsgálták.

Az Alporas hab vizsgálata során a cellafalak feszítettsége, a cellaélek hajlása befolyásolja a zárt cellájú fémhab deformációjának mechanizmusát. Nyomás hatására szerkezeti károsodások jönnek létre az egyes tartományokban, valamint a cellaélek elhajlanak. Az Alporas magú habminta nyomásteresztje során ugyanazt az 1,6 MPa folyáshatárt kapták az azonos sűrűségű 20 illetve 40 mm vastagságú minták esetében,

amiből következik, hogy a 6 közepes cella-átmérőnél (kb. 20 mm vastagság) kisebb vastagságú Alporas réteg esetén jelentkezik a habméret-hatás.

Hárompont-hajlítású kvázisztatikus és kissebességű ütközéses teszttel tanulmányozták a Plytron héjú és Alporas magú szendvicsrúd viselkedését, amint az **1. ábrán** látható. Megfigyelték, hogy mind az indenter (benyomótest), mind a támasztékok körül plasztikus bemélyedések jöttek létre. A központi terhelési tartományban a mag összezúzódása, a felső héj kompresszív, majd degresszív károsodása figyelhető meg. A nyírófeszültség okozta a mag károsodását, az indenter alatti nyomás pedig a felső héj károsodásának a kiváltó oka.

Mivel a 10 mm magvastagságú rúd vastagsága azonos nagyságrendű a cellamérettel, ezért katasztrofális károsodás lépett fel ezeknél a rudaknál. Ezzel ellentétben ugyanazokat a magkárosodásokat okozta az indenter 10-30 mm-es elmozdulása a 20 mm magvastagságú felső héj károsodása esetén. Ebből következik, hogy magkárosodást okoz az alumíniumhabban az anyagszerkezet gyenge pontjaiban (egybeolvadt cellák tartományai, a cellaméretnek nagy variációja, a szennyeződések koncentrációja, a szerkezeti hibák) [5].



**1. ábra.** Rögzített rúd kísérlet során bekövetkezett károsodása [5]

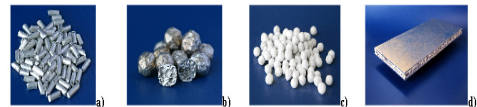
Joachim Baumeister és társai vizsgálták az elektromos járművek akkumulátor házának könnyítési lehetőségét, melyet alumíni-

umhab hibrid szendvicsszerkezetek alkalmazásával kívánt elérni. A tisztán elektromos meghajtású járművek akkumulátortelepe a lehető legkönnyebb kell legyen, mivel hosszú út megtételét kell, hogy lehetővé tegye, ezért az akkumulátorház gyártásánál alumínium hibrid magokat közrefogó alumínium oldallapokat alkalmaztak.

A lehető legnagyobb kell, hogy legyen az akkutelep energiasűrűsége a megfelelő vezetési táv eléréséhez. Az energiasűrűséget az akkutelep súlyának csökkentésével lehet elérni. Ezért úgy építették be a gépkocsi padlózatába az akkutelepet, hogy az akkumulátorház teteje a padlószerkezet legyen, majd alumíniumhab szendvics anyagból gyártották az akkuháza alját.

Az ún. APM (Advanced Pore Morphology-Fejlett Pórusos Szerkezet) technológiával granulátum formában gyártották elő az alumíniumhabot, majd hőkezeléssel aktivált ragasztóval vonták be a granulátumokat annak érdekében, hogy nagyobb szerkezetekké kössék össze. Azért, hogy kombinálják a polimerhab könnyű felhasználhatóságával az alumíniumhab jó energiaelnyelő képességét, alumínium-polimer hibridet hoztak létre az alumíniumhab granulátumok polimerhab mátrixba ágyazásával.

Az alumíniumhab granulátumokat habosító kémiai anyagokat tartalmazó ragasztóval vonták be, majd beöntötték az előállítandó szendvics szerkezet két lemeze közé. Ezt követően a ragasztó megolvad, felhabzik a hőkezelés hatására és összeragasztja egymással az alumínium gömböket és az oldallapokat (**2. ábra**).



**2. ábra.** A hibrid hab technológia folyamat lépései: a) előregyártott, vágott alumínium b) APM habosított granulátumok c) APM habzó polimerrel bevonva, d) hibrid habszendvics [6]

Szervo-hidraulikus tesztpépet használtak a dinamikus nyomástervezetekhez. Nagy sebességű videokamerával határozták meg a megnyúlást, piezoelektromos cellával mérték az erőt. A kompresszió görbékből több jellemzőt meg tudtak határozni: a fajlagos térfogati energiaelnyelést, a nyomó szilárdságot, a tangens modulust, a feszültségplató átlagértékét.

A kísérletek alapján megállapították, hogy nő a hibrid anyag folyáshatára az alumínium mennyiség növekedésével, ennek megfelelően az APM sűrűsége növekedésével növekszik az elnyelt fajlagos energia és a feszültségplató. A feszültségplató arányosan növekszik a burkolat vastagságának növekedésével.

Ütközéskor nagyobb védelem érhető el az alumíniumhab szendvics jó energiaelnyelő képességének és vastagságának köszönhetően [6].

## 5. Következtetések

Egyre több helyen kombinálják a szál-erősített polimer kompozitokat fémhabbal azért, hogy ki tudják használni mindkettő előnyös tulajdonságait. Ennek érdekében különböző kísérleteket végeznek a fémhabbal kombinált kompozit rendszerek tulajdonságainak meghatározására.

Ebben a cikkben az üvegszállal erősített polipropilén héjú (Plytron) és az Alporas alumínium ötvözethabból gyártott szendvics rudak mechanikai viselkedését ismertettük. 6 közepes cellaátmérőnél (kb. 20 mm vastagság) kisebb vastagságú Alporas réteg esetén jelentkezik a habméret-hatás. A hárompont-hajlítású kvázisztatikus és kissebességű ütközéses tesztekben kiderül, hogy a mag összehúzódása, a felső héj kompresszív, majd degresszív károsodása figyelhető meg. A nyírófeszültség okozta a mag károsodását, az indenter alatti nyomás

pedig a felső héj károsodásának a kiváltó oka. Magkárosodást okoz az alumíniumhabbal az anyagszerkezet gyenge pontjában [5].

Bemutattuk az elektromos járművek akkumulátor házának könnyítési lehetőségét, melyet a szerző alumíniumhab hibrid szendvicsszerkezetek alkalmazásával kívánt elérni. Megállapították, hogy nő a hibrid anyag folyáshatára az alumínium mennyiség növekedésével, ennek megfelelően az APM sűrűsége növekedésével növekszik az elnyelt fajlagos energia és a feszültségplató. A feszültségplató arányosan növekszik a burkolat vastagságának növekedésével. Ütközéskor nagyobb védelem érhető el az alumíniumhab szendvics jó energiaelnyelő képességének és vastagságának köszönhetően. [6]

## Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Orbulov, I., és mások: *Fémhobok és kompozitok előállítása infiltrációs eljárással*. Bányászati és kohászati lapok, Budapest, 140. évfolyam, 5. szám, 2007, 41-46.
- [2] Kenesei, P.; Kádár, Cs.; Rajkovits, Zs.; Lendvai, J.: *Fémhobok előállításának módszerei*, Anyagok Világa, Budapest, 2001,
- [3] Czigány, T.: *Hibrid szál-erősítésű polimer kompozitok*. Anyagvizsgálók Lapja, Budapest, 2004, 59-62.
- [4] Tamás, P.: *Bazaltszállal erősített polimer mátrixú kompozitok fejlesztése. PhD értekezés*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Gépészmérnöki Kar, Budapest, 2013, 15-31.
- [5] McKown, S.; Mines, R.A.W.: Impact behaviour of metal foam cored sandwich beams. Department of Engineering, University of Liverpool, Liverpool.
- [6] Baumeister, J. és mások: *Applications of aluminium hybrid foam sandwiches in battery housings for electric vehicles*. Elsevier Ltd., 2014, 317-321.