

Acéllal kombinált hibrid kompozitok

Elsősorban a közlekedési eszközök, ezen belül is az elektromos autók fejlesztése céljából indítják azokat a nagy ívű témákat, amelyekben könnyű, nagy szilárdságú hibrid kompozitok kifejlesztésén dolgoznak. A balesetekben még a legnagyobb teljesítményű szállal erősített kompozitok sem nyújtanak elegendő biztonságot, ezért a fejlesztők az acéllal erősített műanyagok felé fordultak.

Tárgyszavak: műanyagkompozit; üvegszál; szénszál; acélhuzal; poliamid; műanyag-feldolgozás; autóipar; elektromos autó.

Az általános használatra alkalmas, sorozatban gyártható elektromos autó kifejlesztése napjainkban megmozgatja a politikát, a gazdaságot és a tudományt egyaránt. Új és újabb koncepciókat alkotnak, szokatlan anyagokat és anyagkombinációkat tesztelnek, projekteket kezdeményeznek, támogatnak. A fejlesztésekben a fémek helyettesítése műanyaggal egyre nagyobb arányú. Mindazonáltal még a legnagyobb teljesítményű szálerősítésű kompozitok sem adnak elegendő biztonságot baleseteknél, mert a dinamikus ütközéseknél a kompozitok általában szilánkosan törnek. Ezért kerül előtérbe újabban az acélt tartalmazó hibrid szerkezetek alkalmazása. Ezekkel elérhető, hogy a belőlük készült elemek ütközés után is egyben maradnak, ezáltal az ütközés megtörténte után is képesek energiát elnyelni és az erőhatásokat elvezetni. Az acélt acélprofil vagy végtelen acélszál, huzal formájában lehet beépíteni.

Egy ultrakönnnyű elektromos autó elve: az InEco projekt

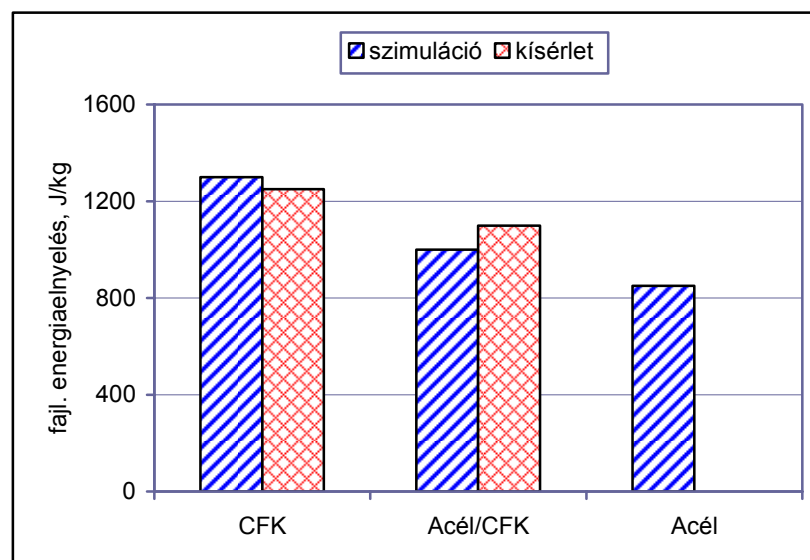
A Drezdai Műegyetem Könnyűszerkezet és Műanyagtechnikai Intézete (**Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik – ILK**) már 2004 óta foglalkozik az elektromobilitást elősegítő fejlesztésekkel. Az *ALIEN* nevű projekt részprojektjében, az *InEco* projektben az ILK, a drezdai **Leichtbau-Zentrum Sachsen GmbH (LZS)**, a **ThyssenKrupp Steel Europe AG**. és más partnerek egy új elektromos autó elvét dolgozták ki.

Az elektromos autók ma még nagyobb tömegűek a hagyományos autóknál, mivel számolni kell az akkumulátorral, amelynek tömege 2–300 kg is lehet. Ennek a tömegnek a csökkentését az akkumulátorrendszerek hatékonyságának növelésén túl az energiaigényt meghatározó össztömeg csökkentésével lehet elérni. Az *InEco* projekt célja egy olyan autó kifejlesztése, amelynek tömege az akkumulátorokkal együtt sem haladja meg a 900 kg-ot. A siker kulcsa a fejlesztők szerint részben a funkciók integrálása az egyes elemek kialakításánál, részben a „multi-material design”, vagyis hogy a terve-

zésnél minden alkalmazásra a megfelelő anyagot kell kiválasztani, figyelembe véve a terhelést, a törésbiztonságot, az ökológiát és természetesen a költséget is.

Erre az elvre alapozva a terv egyik fő törekvése az *acél és a CFK (szénszállal erősített kompozit) együttes használata*. A szénszállal erősített kompozitból ultrakönnyű karosszériaelemeket, az acélból pedig a törésbiztonság szempontjából általában fontos elemeket, például az autó közepén levő ún. B-oszlopokat vagy oldalküszöböket készítenek. A két anyag kombinációjával az egyes anyagok előnyei egyesíthetők. „Az acél engedelmessé teszi a CFK-t”, vagyis az acél deformálhatóságát egyesítik a CFK nagy energiaelnyelő képességével, kitűnő fajlagos szilárdságával és merevségével.

Ennek igazolása céljából a projekt során az oldalküszöbhez hasonló keresztmetszetű profilokkal ejtési vizsgálatokat végeztek. A tesztek során a CFK, az acél és az acél-CFK hibrid kompozit profilok energiaelnyelő képességét hasonlították össze. A kísérletek azt mutatták, hogy az autóbalesetekben gyakori oldalirányú terhelés hatására a CFK profilban éles szélű törési felületek keletkeznek, amelyek az autó utasaira nagy sérülésveszélyt jelentenek. Az ugyanilyen tömegű acélprofil viszont deformálható, de balesetek esetén kicsi az energiaelnyelése. Az 1. ábrán bemutatott eredmények azt mutatják, hogy az *acél-CFK kombináció egyesíti a két anyag előnyeit*.



1. ábra A különböző szerkezeti anyagok energiafelvétele (az acélszálat külön nem vizsgálták)

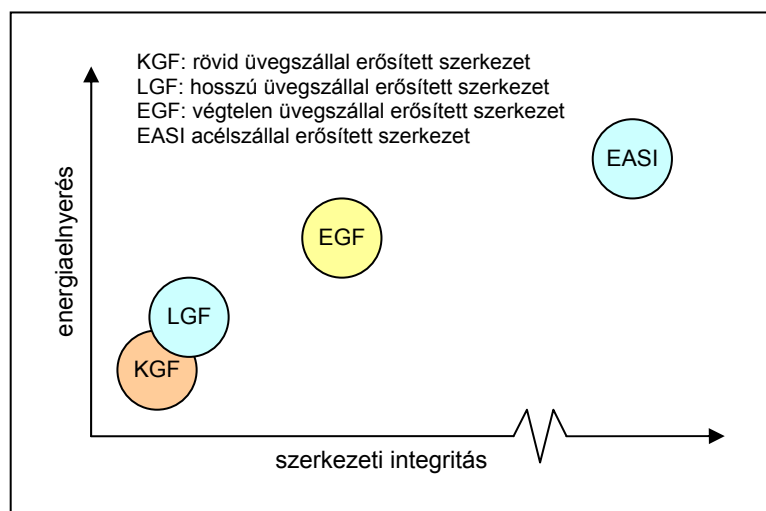
Ezt a hibrid szerkezetet alkalmazták azokhoz a fontosabb szerkezeti elemekhez, amelyeknél a törésbiztonság elsődleges. Például a hossztartókat acélprofilból alakították ki szálerősítésű kompozittal kombinálva. Az acélbetét a tartó funkción kívül a szerelést is segíti. A hossztartókat összekötő lökhárítót szintén acél-CFK hibrid profilból képezték ki, amelyet a kisebb ütközések hatásának csökkentése érdekében elasztikus habréteggel vonnak be. A karosszériaelemek lemezei olyan szendvicsszerkezetek,

amelyek alkotói: szerves bádóg (folyamatos szállal erősített kompozit), struktúrhab és hosszú szállal erősített hőre lágyuló műanyag présmassza (LFT). A textil előforma formázását, a hablemek és a frontelem illesztését egy lépésben végzik.

Jól illusztrálja a felépítés elveit az egy darabból álló kád formájú padlólemez is, amelyen a közepén kialakított „kád” az akkumulátorok elhelyezésére szolgál. Ez az innovatív megoldás töréskor nagyobb biztonságot jelent, ugyanakkor nem befolyásolja az autó súlypontját. Az integrált padlólemez egy lépésben préseléssel lehet előállítani, amely alkalmas a sorozatgyártásra. Az előállítás során előformát készítenek, amely lényegében a mátrixpolimerrel átítatott erősítő textilszerkezet, amelyet a terheléseknek megfelelően alakítanak ki. Mód van arra is, hogy pótlólagosan erősítő textilszalagokat helyezzenek el, például az akkumulátorok felerősítésére szolgáló csavarok helyén, de a falvastagságnak is a terheléshez kell igazodnia. Az ily módon optimalizált előformát a présen kívül melegítik fel, majd a szerszámban formázzák és hűtik. A körültekintő tervezés eredményeképpen a padlólemez tömege 40 kg alatt tartható.

Acélszállal erősített kompozitok

A könnyű szerkezeti elemek fejlesztése területén új kompozitot dolgozott ki a belga **Bekaert**, a holland **Voestalpine Plastics Solutions** cég és a **BASF**. Az új, acélszállal erősített kompozit legfontosabb előnyének a szerves bádógokkal és a hagyományos üveg- vagy szénszállal erősített kompozitokkal szemben a fejlesztők azt tartják, hogy *az acél képes az ütközés során az adott elem integritását és ezáltal szerkezeti funkcióját megőrizni*. Az új anyagot a gépkocsi tartófunkciójú szerkezeti építőelemeinek – lökhárítótartó, A-, B-, és C-oszlopok stb. – gyártására javasolják. A három cég által kifejlesztett technológiát *EASI-technológiának* nevezik. A rövidítés az energia, az abszorpció, a biztonság és az integritás angol szavaiból adódik. A 2. ábra jól mutatja a különböző erősítésű hőre lágyuló műanyagok teljesítményét, egymáshoz viszonyított pozícióját.

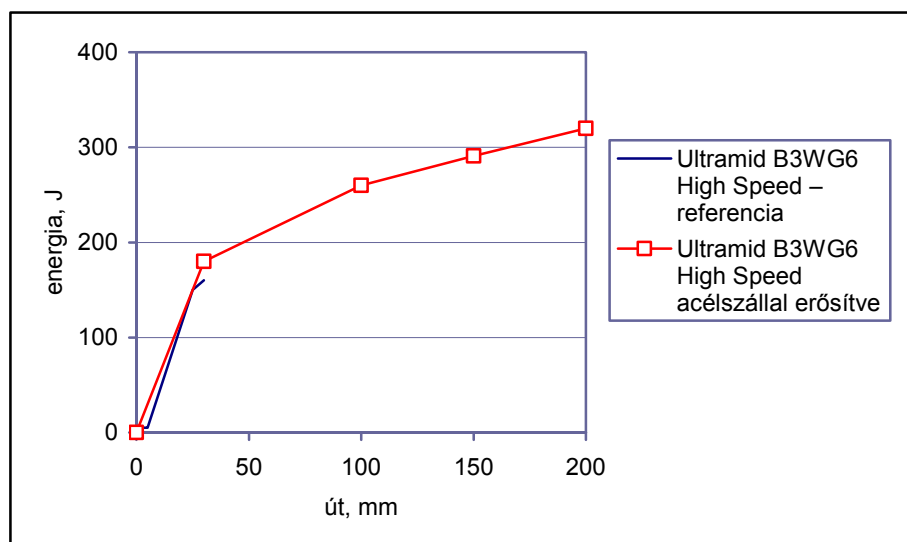


2. ábra A különböző erősített hőre lágyuló műanyagok pozicionálása energiaelnyelésük alapján

A Bekaert cég által a hőre lágyuló műanyagok erősítésére kifejlesztett acélhuzala különböző minőségű és vastagságú, nagy széntartalmú egyedi acélszalakból áll. Az acélhuzalt galvanizálják és antikorrozív bevonattal látják el. Ebből a merev és 2800 MPa-nál nagyobb szakítószilárdságú acélhuzalból a Bekaert olyan speciális laza nyitott szövetszerkezetet fejlesztett ki, amely könnyen behelyezhető a szerszámba és a műanyagmátrix könnyen átjárja. A rendkívüli szilárdságú szövet akár többszöri nagy ütés esetén is biztosítja a mátrix integritását.

Az új kompozit mátrixpolimerje a BASF poliamid termékcsaládjához tartozik. A poliamidot tulajdonságai alkalmassá teszik a legnagyobb teljesítményű *EASI kompozitokban* való alkalmazásra. Az acélhuzallal erősített kompozit mátrixaként vagy a javított folyóképességű *Ultramid B3WG6 High Speed* típust vagy az újonnan fejlesztett hosszú szállal erősített *Ultramidokat* használták. *Az acélhuzallal erősített poliamid fröccsöntése alig különbözik a hagyományostól.* Mindazonáltal az acélszövet behelyezése, annak pontos pozicionálása nagy követelményeket támaszt a szerszám geometriája tekintetében, és valamennyire megnöveli a ciklusidőt. A fröccsöntéssel történő feldolgozás ennél az anyagkombinációnál is lehetővé teszi a bonyolult formájú, funkcióintegrált alkotóelemek kialakítását és ezek alapján a modulrendszerű felépítést.

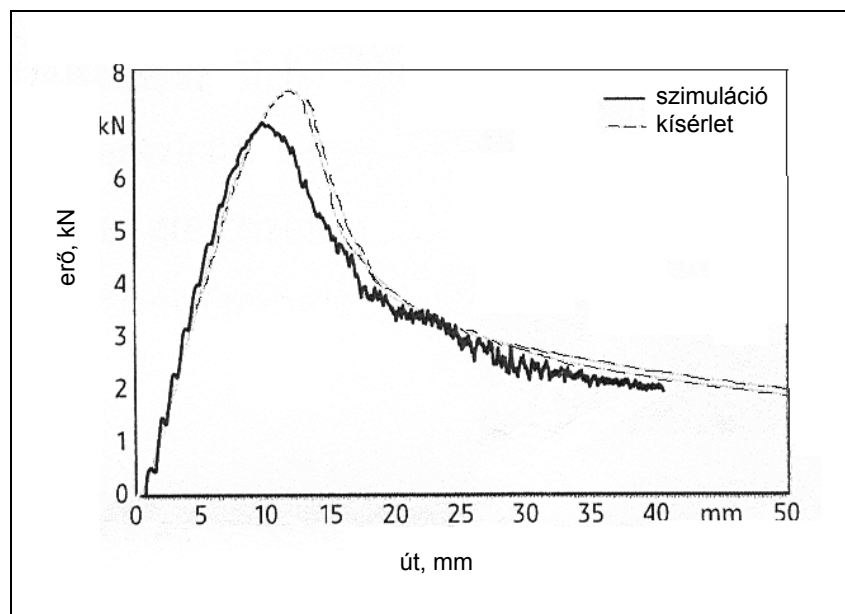
*Az acélhuzal és a hőre lágyuló mátrix kombinációja alapvetően új tulajdonságokat mutat, különösen nagy nyúlásoknál, ahol a hagyományos szálerősítésű kompozitok teljesen tönkremennek. Ezzel szemben az acélhuzallal erősített poliamid deformálhatósága sokkal nagyobb. Olyannyira, hogy a hagyományos tesztek és adatlapok nem tudják megfelelően leképezni az új szerkezeti anyag teljesítményét és viselkedését. Az *EASI kompozitok* különleges szerkezeti integritását csak a tényleges terheléshez, az ütközéshez hasonló szituációban, például hárompontos hajlítási vizsgálattal lehet jellemezni. A 3. ábrán látható, hogy mennyivel nagyobb energiát képes felvenni az új kompozit a hagyományos 30% üvegszállal erősített poliamidnál.*



3. ábra Acélszálas erősítés hatása az energiaelnyelésre

A fejlesztőmunka részeként foglalkoztak a kompozit viselkedésének előrejelzésével. Ehhez a BASF *Ultrasim* szimulációs programját használták, amely képesnek bizonyult az *Ultramid* alkatrészek, építőelemek kváziszztatikus és dinamikus viselkedésének pontos előrejelzésére is, amint ez a 4. ábrából kitűnik. Az ábra alapjául szolgáló szimulációs kísérletben egy bordázott kalaprofil vizsgáltak. A szimulációs görbe jó egyezése a kísérletekkel bizonyítja a szimuláció felhasználhatóságát az idő- és költségigényes optimalizálási munkákban.

Az acélszállal erősített hőre lágyuló műanyag jól kombinálható a végtelen üveg- vagy szénszállal erősített hőre lágyuló műanyaggal (continuous filament reinforcement – CFR), ami tovább növeli az építőelem merevségét. Helyi erősítésre pedig impregnált unidirekcionális (UD) szalagokat lehet használni. Az ilyen kombinált szerkezetek előállításakor a végső háromdimenziós előformát – amely lényegében impregnált textilszállal erősített acélszövet – külön lépésben kell előállítani hőformázással. Ezt a kombinált előformát végül egy üvegszál-erősítésű poliamiddal fröccsöntik, és így rendkívül nagy merevségű és szilárdságú hibrid építőelemek állíthatók elő.



4. ábra A kísérleti és a szimulációs eredmény összehasonlítása az acélszállal erősített bordázott kalaprofil hárompontos hajlítási vizsgálatában

Az acélprofillal vagy acélszállal erősített termoplasztikus hibrid szerkezetek kifejezetten előnyösek az *újrafelhasználás* szempontjából is, hiszen mind az acél, mind a hőre lágyuló műanyagok újrahasznosítása megoldottnak tekinthető. A fejlesztésben részt vevő Voestalpine cégnél nagyüzemi kísérletben igazolták az acélszövet elválasztásának lehetőségét a műanyagmátrixtól.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Werner, J. és mások: Elektrofahrschein ultraleicht gebaut = Kunststoffe, 102. k. 9. sz. 2012. p. 97–101.

Radtke, A. és mások: Mit Stahlseilen verstärken = Kunststoffe, 102. k. 11.sz. 2012. p. 67–71.