

Innovatív termoplasztikus kompaundok és kompozitok

A fémek helyettesítése műanyaggal az elektromos gépkocsik megjelenésével a korábbiaknál is nagyobb kihívást jelent. A súlycsökkentés a korábbiaknál is fontosabb lett, és az új funkciók tovább növelik a követelményeket. Alapvetővé vált a gazdaságos sorozatgyártás lehetősége. Ezek teljesítése érdekében folyamatos a fejlesztés a termoplasztikus kompaundok és kompozitok területén. A cikk több újonnan fejlesztett terméket mutat be.

Tárgyszavak: termoplasztikus kompozit; kompaund; szénszál; műszaki műanyag; FDC eljárás; akkumulátor; lökhárító; adalékok; UD szalag; profil

A kompaundok alkalmazási lehetőségei az elektromos gépkocsiknál

Az elektromos autókban (EV) egyre több műanyag alkatrész kerül felhasználásra, mivel a súlycsökkentés a korábbiaknál is nagyobb jelentőséget nyer. Ennek megfelelően az elektromos gépkocsik terjedése komoly növekedési lehetőséget jelent a műanyag-kompaundok számára. A legérdekesebb terület az elektromos gépkocsik szíve, az akkumulátor, amely a legnehezebb és legdrágább modul ezekben a gépkocsikban. A termoplasztikus kompaundokat egyelőre csak az akkumulátor néhány eleménél specifikálták, az alumínium és az acél továbbra is nagy mennyiségben jelen van az akkumulátorokban. Az akkumulátor mellett a lökhárítóknál is új igényeket jelent az elektromos működés. Bár a hűtési funkcióra nincs többé szükség, új igényként merül fel az, hogy az autó elején levő panelbe a világítás mellett biztonsági érzékelőket, kamerát és más, a vezetést segítő funkciókat kell integrálni.

A szaúd-arábiai **Sabic** cég az akkumulátor céljaira halogénmentes égésgátolt PP kompaundokat fejlesztett ki, amelyekben a mechanikai követelmények teljesítése érdekében rövid vagy hosszú üvegszálat használnak erősítésre. A frontend panel céljaira a Sabic cég Lexan polikarbonátját ajánlja, amely átlátszó, tartós, és lehetővé teszi bonyolult formák költséghatékony előállítását is. A PC alkalmazhatóságát segíti a LED diódák használata a világításnál, mivel ezek alacsonyabb hőmérsékleti terhelést jelentenek a korábbi izzóknál. A PC használata a foglalatban lehetővé teszi különböző esztétikai hatások elérését színezéssel, vagy fémes bevonattal. A Sabic cég az új piaci lehetőségeket kihasználva új, jó folyóképességű Lexan típusokat fejlesztett erre a területre, például a *Lexan HF 4010SR*-t.

A szerkezeti elemek gyártását célozza meg a **BASF**, amikor bővíti az Ultramid Advanced PPA (polifitálamid) termékeinek választékát. Az új termékek 20, 30 és 40% szénszálat tartalmazó PPA kompaundok, amelyek a különböző szerkezeti elemekben a mechanikai tulajdonságok szinten tartása mellett képesek az alumínium és a magnézium helyettesítésére, és elektromos vezetőképeségük is megfelelő. Az új kompaundok nagy formastabilitást mutatnak, mivel vízfelvételük alacsony, jó a vegyszerekkel és a hidrolízissel szembeni ellenállásuk. A mechanikai tulajdonságok a szénszáltartalommal változtathatók. Az *Ultramid Advanced N3HC8* 40% szénszáltartalommal

80 °C-on jobb szilárdságot és modulust mutat, mint a fémek és ugyanakkor 25–30% súlycsökkentést eredményez.

A BASF új 190 °C-ig hőstabil PA6 alapú kompaundot fejlesztett *UltramidB3PG6BK23238* néven, amely kielégíti a hibrid és elektromos autók erőátviteli rendszereinek szigorúbb követelményeit. Egy másik új típusa a cégnek a PBT (polibutilén-tereftalát) alapú *Ultradur RX*. A cég szerint ez a kompaund csökkenti a szenzorok számára nemkívánatos zajokat, és ezen felül még elektromos árnyékolást is ad 76–81 GHz tartományban, ezzel javítva a biztonságot. Ezek alapján az Ultradur RX típust különböző érzékelők házainak gyártására ajánlják.

A japán **Daicel Corporation** cég **Polyplastics** üzletága több új típust is kifejlesztett az ADAS vezetést segítő rendszer szenzorainak gyártásához. A *Duranex PBT* és *Durafade PPS* típusokat a radar és a kamera szenzoraihoz javasolják. A radar házánál fő követelmény az alacsony dielektromos állandó, a stabil rádióhullám-átvitel és az alacsony nedvességfelvétel. A dielektromos állandó alapján az SPS (szindiotaktikus polisztirol) és a PEI (poliéterimid), az alacsony vízabszorpció érdekében a PPS (polifenilénszulfid) jön elsősorban szóba. Ezek azonban drága polimerek, ezért a Daicel PBT és POM kompaundjait fejleszti a fenti követelmények kielégítésére. A cég elektromosan vezető kompaundjai, a *Duracon POM CH10* és *EB 10*, valamint a *Duranex PBT 7300E* már ma is alkalmasak a radar konzolokhoz, de új nagyobb elektromos árnyékoló képességű PBT típusokon is dolgoznak. Kamera konzolként a cég nagy merevségű *Duranex PBT 733LD* és *7407* típusai legjobbak. A cég új fejlesztése egy lézeres kezelés, amely csökkenti fényszórást, és ezáltal növeli a felület fényességét és a fekete szín mélységét.

Az osztrák **Borealis** cég új *Fibremod Carbon PP* típusokat fejlesztett. Az új, második generációsnak nevezett típusok közül a *Fibremod CG 210SY 20%* szénszálat, míg a *Fibremod CD 211SY 10%* szénszál mellett 10% krétát is tartalmaz. Mindkét új típus megtartja az eredeti típusok merevségét és tartósságát, de emellett jó folyóképességet és festhetőséget mutatnak, ami alkalmassá teszi őket az autó szerkezeti elemeinek gyártására.

Az **Ascend Performance Materials** éppen az új területek – az elektromobilitás és a tiszta energia – igényeinek jobb kielégítése érdekében az utóbbi években több cégfelvásárlást is hajtott végre és ezzel – állításuk szerint – a PA66 legnagyobb integrált gyártójává vált.

A belga **Imerys Graphite & Carbon** cég termékeit egyre nagyobb mértékben igénylik a műanyagiparban, mivel folyamatosan nő a hő- és elektromos vezetőképességgel rendelkező műanyag kompaundok iránti igény. Az elektromosan vezető műanyagok leggyorsabban növekvő alkalmazása az elektromágneses árnyékolás, amely elsősorban az elektromos autókban használt szenzorok és elektronikus elemek növekvő számával függ össze. A cég *Timrex C-Therm* nevű nagy *L/D* arányú grafitjai nagyon jó hővezető képességet adnak a normál grafithoz képest fele akkora koncentrációban. Ez nagyobb szabadságot ad más adalékok – így az üvegszál, vagy ásványi anyagok – alkalmazására is. A legújabb *C-therm* típusok, a *Max HD* és a *Plus HD* a korábbi típusoknál könnyebben kezelhetők és jobban adagolhatók.

A német **Lanxess** cég több termékét is használják az elektromos autók töltőállomásainál. A csatlakozóknál erősítetlen *Durethan PA* és *Pocan PBT* típusait használják, mert ezeknek elegendően jó a formastabilitásuk, a felületi minőségük, és ütésállóak. Ezen a területen igény a égésgátoltság is. Erre a célra fejlesztette a cég a *Durethan B30SFN30* típusát, amely 0,75 mm-nél UL 94 VO fokozatú. Ahol a töltő állomáson nem szükséges a égésgátoltság, ott a cég *Durethan B30S* típus is megfelel. A cég a jövő technológiájára, az induktív, vezeték nélküli töltéshez is fejleszt. Az erre a célra használható kompaundnak nemcsak égésgátoltnak és elegendően szilárdnak

kell lennie, hanem időjárásállóknak is, továbbá nagy dielektromos állandóval kell rendelkezni és fontos, hogy ne vetemedjen. Ezeket a tulajdonságokat stabilan tartani kell -45 és 125 °C között. Az erre a célra fejlesztett *Durethan BG30XFN01* típus üvegszálat és üvegyöngyöt tartalmaz erősítőként. Az új típus jó folyóképességű, és nem vetemedik. UL 94 VO fokozattal rendelkezik 0,75 mm-nél, és UL fl tanúsítása van kültéri alkalmazáshoz, aminek az alapja a jó UV- és víz-állóság.

A török **Tisan** cég Tislamid poliamid termékcsoportjában több üvegszálerősítő kompaund is teljesíti az elektromos gépkocsik által támasztott követelményeket. A *Tislamid 30D03 F01 K02 K06 R02* üvegszálerősítésű, hőstabil, hidrolízis- és égésgátolt PA66, amelyet Li akkumulátorokban használnak. A 30% üvegszálat tartalmazó égésgátolt *Tislamid B 30D03 F01 Y01HS R01* típust az akkumulátor mellett a vezetést segítő szenzorok gyártásánál is használják. A típus 0,8 mm-nél UL 94 V0 fokozatot ér el, az izzóhuzalos gyulladás hőmérséklete 960 °C. A cég PBT alapú kompaundja a *Tisester PBT F 30D03 F01 K02 HS R01*, amely 30% üvegszálat tartalmaz és égésgátolt. Ezt az elektromos gépkocsik motoralkatrészeinek és a hőszabályzó rendszer elemeinek gyártásánál használják, ahol alacsony vízabszorpció és jó elektromos szigetelés is követelmény.

A német **Brüggemann** cég legújabb fejlesztése a *Bruggolen TP-H2062* fém- és halogénmentes hőstabilizátor. A cég szerint az új adalékanyag 120 – 170 °C között biztosítja a hőstabilitást anélkül, hogy az elektromos tulajdonságok változnának, vagy korrózió lépne fel a fémmel érintkező felületeken. Hőstabilitás szempontjából felülmúlja a fenolbázisú antioxidánsokat, amelyek általában 150 °C felett elvesztik hatásukat.

Lendületesen bővül a termoplasztikus kompozitok alkalmazása az autópárhazban

A könnyű feldolgozhatóságnak és a fenntarthatóság szempontjából fontos recikálhatóságának köszönhetően a termoplasztikus kompozitok egyre inkább átveszik a hőre keményedő polimereken alapuló kompozitok helyét az autópárhazban. A termoplasztikus kompozitokban a hosszú száalakkal való erősítés biztosítja a jó mechanikai tulajdonságok elérését, és a tulajdonságok további adalékokkal is javíthatók.

A termoplasztikus kompozitok előállításának 2012 óta ismert módszere az **Arburg** cég *Fibre Direct Compounding (FDC)* eljárása, amely szerint az erősítő száalakkal álló kábelt bizonyos hosszúságra vágják és így közvetlenül a fröccsöntő gépen adagolják a műanyag olvadáshoz. Az eljárásban rugalmasan változtatható a száal mennyisége, hossza és a mátrix anyaga a kívánt tulajdonságok elérése érdekében. Az FDC eljárás viszonylag új technológia, amely új anyagkombinációk lehetőségét teremti meg. Az FDC eljárás fontos szerepet játszik a fröccsöntésnek a végtelen száalakkal erősített anyagokkal – lemezekkel (szerves „bádog”) és szalagokkal – való kombinációjában. Ezen nagyon ígértes hibrid szerkezetek fejlesztése, az azokból készülő elemek tervezése azonban új kihívásokat is jelent a szakma számára. A digitális tervezés – amelyet az autópárhaz egyre inkább igényel – egyelőre nem megoldott, mivel a hibrid szerkezetek szimulációja nem megfelelő.

A hibrid alkatrészek gyártásának gazdaságos megoldását célozza az MoPaHyb projekt (Modular Production Systems for Hybrid Components – Hibrid alkatrészek gyártása modul rendszerben). A Német Szövetségi Oktatási és Fejlesztési Minisztérium támogatásával létrejött konzorcium különböző profilú cégei és kutató helyei rövid határidőn belül létre akarnak hozni

termoplasztikus hibrid alkatrészek sorozatgyártására szabványos OPC UA (OPC szabványnak megfelelő egységes architektúra) hálózatokat. A közösen kifejlesztett kísérleti rendszerben egy speciálisan erre a célra az **Arburg 4600 kN FDC** fröccsöntő gépét a **Diffenbacher** cég 3600 tonna függőleges présével kombinálták. A rendszer teljesítőképességét és rugalmasságát két komplex szénszál erősítésű műanyag termék gyártásával demonstrálták: egy üléstámlával és egy alváz-elemmel. Az üléstámla gyártásánál első lépésben egy fémbetétet helyeztek be a prészszerzámba, majd az előmelegített, előformázott szalag a présben kapja meg végső formáját. Végül pedig a fröccsöntő egység befröccsönti a PP olvadékot, amelyhez az FDC technológiát alkalmazva közvetlenül üvegszálat adagoltak. A Fraunhofer Intézetben kipróbált kísérleti berendezés sikere után Dél-Koreában építettek meg egy üzemet, amely a projektben kidolgozott eljárást alkalmazta. A projekt két szereplője, az Arburg és a Diffenbacher cég együttműködésének eredményeképpen a Diffenbacher préseit az Arburg FDC egységeivel együtt kínálja.

Az **Engel** cég költséghatékony *Organomelt* eljárásával lökhárító tartót, üléseket, konzolokat és belső szerkezeti elemeket gyártanak. Az eljárásban egy párhuzamos szálakkal erősített termoplasztikus (unidirekcionális, UD) prepreget használnak, amelyet erre a célra fejlesztett infravörös kemencében felmelegítenek, majd egy robot a fröccsöntő szerzámba helyezi. A végső formát az erősítő és kötőelemekkel együtt a fröccsöntéssel alakítják ki. Az eljárás további fejlesztéseként az Engel a terhelés iránya szerint optimalizált geometria kialakításán dolgozik. Ennek érdekében változtatják a felhasznált prepregeket, például az UD szalagokon kívül különböző vastagságú szöveteket is használnak az erősítő szerkezetben. Például egy ajtónál a különböző terhelésnek kitett részeken, különböző vastagságú (0,6–2,5 mm között) szöveteket is használnak.

Az Engel ezt a folyamatot teljesen integrálva és automatizálva valósítja meg. Az erősítő rétegek fektetése és felmelegítése egy berendezésben valósul meg nagyjából 1 perces ciklusidővel. Ezt a rövid ciklusidőt úgy érik el, hogy a prepreg rétegek megfogását, helyes pozicionálását és ponthegeztését optikai ellenőrzés mellett végzik. Ezt a lerakást és a stabilizálást, vagyis az ellenőrzött fűtést, hűtést végző egységet az Engel cég az osztrák **Fill Maschinenbau** céggel közösen fejlesztette ki.

A spanyol **Aimplas** intézet fő fejlesztési területe a hosszú szálerősítésű termoplasztikus (LFT) kompozit technológia. Nemrég létesítettek egy pultrúziós kísérleti vonalat egy kétcsigás extruderrel. A berendezés LFT granulátumot és UD szalagokat gyárt kis (1–3 kg) mennyiségekben. A mátrix anyaga különböző adalékanyagokkal funkcionálható, hő- és elektromos vezetőképesség, égésgátoltság és elektromágneses árnyékolás elérése érdekében. Az LFT granulátum nagyon alkalmas a reciklált anyagok újrahasznosítására, mivel a hosszabb erősítő szál kompenzálhatja, sőt növelheti a hulladék hasznosításával kapott polimer gyengébb mechanikai tulajdonságait.

A Bayer cégből kivált **Lanxess** cég új égésgátolt PA 6 alapú termoplasztikus kompozitokat fejlesztett ki. A cég végtelenszállal erősített Tepex kompozitjai a magas száltartalomnak köszönhetően bizonyos alkalmazásoknál teljesíteni tudja az éghetőségi követelményeket, de az UL94 szerinti VO fokozatot igénylő speciális területekre a cég három új típust is fejlesztett. A *Tepex Dynalite 102fr-RG600(x)* 47% üveg rovinggal erősített típus. A rovingot a terhelés szerint optimalizálva multiaxiálisan rakják le. Az új kompozitot az elektromos gépkocsik akkumulátorának nagyfeszültségű komponenseinek, így a szeparátor- és tetőlemezeknek, a szabályzó egység házána gyártására fejlesztették. A *Tepex Dynalite 102fr-FG290* típus tulajdonságait az elektromos és elektronikus szektor követelményei szerint alakították ki. A szigorú felületi követelményeket, a jó festhetőséget finomabb üvegszál felhasználásával érik el. A *Tepex Dynalite 202fr* szénszállal

erősített típus, amelyet extrém mechanikai igénybevételnek kitett elektronikus eszközök gyártásánál használnak sok esetben a égésgátolt polikarbonát alternatívájaként. Mind a három új típus elérhető már nagy mennyiségben, és elektromágneses árnyékolással is. Ez utóbbi tulajdonságot vagy egy szénszál szövet betéttel, vagy egy fémes bevonattal (coating) érik el. Ezeknél a típusoknál az UL 94 szerint vizsgálva VO szint 0,5–3,5 mm falvastagság között érhető el.

A Lanxesssel együttműködve fejlesztett a német **BOGE Elastmetall** cég műanyag fékpedált elektromos sportautókhoz. A műanyagkompozit pedál súlya az acélból készültnek 50%-a. A pedálban az erősítést egy *Tepex Dynalite* végtelen szálerősítésű betét és további, a terhelésnek megfelelően lerakott szalagok adják. A *Tepex Dynalite* betétet végtelen üvegszál szövet erősíti, a szalagok egyirányban orientált (UD) végtelen üvegszálakat tartalmaz. A betét és a szalagok mátrix anyagai kompatibilisek, így a szalagokat könnyű a betéthez hegeszteni lézerrel. Az új fékpedál automatizált eljárásban rövid ciklusidővel gyártható. A gyártás első lépése a szalagok precíz egyesítése és pozicionálása a betéten, amihez optikai mérőrendszert használnak. Ezután a rétegeket hegesztik, hővel formázzák, végül PA 66-tal körül fröccsöntik.

A BASF a Toyotával kooperálva díjat nyert egy olyan projektért, amelyben a Toyota Sienna harmadik sorában levő ülések súlyát jelentősen sikerült csökkenteni. Az előző modellben ez az ülés 15 különböző acél alkatrészből készült. A cél a súlycsökkentés mellett a költséghatékonyság, a mechanikai terhelhetőség és a törési tulajdonságok szintentartása volt, valamint az, hogy a gyártás egylépéses folyamatban utólagos munkálatok nélkül történjen. A megoldáshoz a BASF ütésálló PA 6 típusát, az *Ultramid B3ZG7 CR*-t használták, amely 35% üvegszálakat tartalmaz. A tervezéshez az Ultrasim szimulációs szoftvert használták. A projekt eredményeképpen első ízben sikerült megoldani fémbetét nélkül egy fröccsöntött ülés gyártását.

Az **SGL Carbon** és a **Koller Kunststofftechnik** a BMW új modellje számára fejleszt kompozit szélvédő keretet az eddig használt acélszerkezet helyett. A szélvédő a gépkocsiban a tető kereteket köti össze, ezért fontos szerepe van a stabilizálásban. A szélvédő keretet szánszálerősítésű kompozitból tervezik. A kiinduló anyag a rendkívül hajlékony 50k szénszál kábel termoplasztikus műanyaggal preimpregnálva, amelyet a megfelelő méretben az SGL Carbon állít elő ausztriai gyárában. A fröccsöntést a bajor Koller Kunststofftechnik végzi. A szénszál biztosítja a kívánt merevséget és a törésállóságot, a fröccsöntés pedig előnyös a komplex anyagtakarékos formák kialakításában és hatékony gyártásában. Az adott feladatban a kompozit szélvédőkeret 40%-os súlycsökkentést eredményezett az acél változattal összehasonlítva, és lehetővé teszi kábelcsövek és szenzorok integrálását is.

A szénszálal profilok alkalmazása sok területen jelentősen hozzájárulhat az anyagfelhasználás és a gyártási folyamat hatékonyságának növeléséhez nagy szériák esetén. A profilok kisebb szálkötegekből, ún. botokból (rod) állíthatók elő pultrúziós technológiával. Ennek a technológiának nagy előnye, hogy szinte teljesen elkerülhető az anyagvesztés.

Új szénszálerősítésű UD szalagot mutatott be 2020-ban a China Composites Expo kiállításon a kínai **Jiangshu Hansu Newmaterial** cég. Az új *H-poly-Stallone-CF7000 PEI* nevű kompozit mátrixa a szaudi Sabic cég *Ultem 1000F3SP* nevű PEI (poliéterimid) anyaga. Az új kompozitot a két cég közösen repülőgép-ipari alkalmazások céljaira fejlesztette: üléstámlákat és csomagtartókat fognak belőle gyártani. Az új kompozit acél helyett kerül alkalmazásra jelentős súlycsökkentést eredményezve. A szokásos epoxi mátrix helyett használt PEI nemcsak égésgátoltságot, hosszú távú hőállóságot, kiváló mechanikai tulajdonságokat eredményez, hanem az epoxival összehasonlítva hatékonyabb gyártási technológiát tesz lehetővé, mivel nincs szükség utólagos keményítésre. A gyártás során a PEI-t porformában használták, mivel ez könnyen diszpergálható

vízben. A vizes diszperzióval egyenletesen lehet átítatni a szénszál kábelt, és így nagyon jó minőségű UD szalag gyártható, ami a végső terméktulajdonságok szempontjából alapvető fontosságú.

A Sabic fröccsöntésre alkalmas PEI granulátumot is gyárt. Ennek a PEI alapú UD szalaggal való kombinálása a legkülönbözőbb formák gyártását teszi lehetővé biztosítva a jó reciklálhatóságot az azonos mátrixnak köszönhetően.

Összeállította: Máthé Csabáné dr.

Holmes, M.: Plastics charge ahead in EV-s – Compounding World 2021. április p. 71–78. és www.compoundingworld.com

Holmes, M.: Composites ingenuity leads to automotive uptake – Injection World 2021. január p. 27–40. és www.injectionworld.com