

## Fém–műanyag hibridek

*Tárgyszavak: fém–műanyag kombináció; körülöntés; fémvázra fúvás; csillapító réteg; szimuláció; járműipar; vezetősín; ülés; zaj- és rezgéscsillapító elem.*

### A hibrid struktúrák terjedése

A piacon megfigyelhető egy olyan irányzat, amely a jövőben még erősödhet is, hogy funkciójukban integrált, többkomponensű fröccsöntött szerkezeti elemeket használnak a külön-külön gyártott komponensek helyett. A fröccsöntési technológiából kiindulva ma már vagy 40 különféle eljárást fejlesztettek ki, nagyrészt az autóipar igényeire reagálva. *A fém alkatrészek (elsősorban lemezek) előnyös tulajdonságait a műanyagokéval (elsősorban üvegszálalás hőre lágyuló anyagokéval, pl. poliamiddal) kombinálják, ahol az előre alakított fém alkatrész köré öntik a műanyagot.* Különféle gyártási eljárások alakultak ki, mint pl. a *nyílt bordás szerkezetek* (open rib structure, ORS), a *műanyag-fém összeszerelés* (plastic metal assembly, PMA), *ráöntés a fémre* (metal overmoulding, MOM), valamint a *gázzal, ill. vízzel segített fröccsöntés*.

A funkcionális elemek integrációja, a szerelési lépések elmaradása és a méretpontatlanságok kiegyenlítése mind az előnyök között említhető, és ez költségcsökkenést is eredményez, ami pozitívum a nem integrált elemekkel szemben. A teherhordó gépkocsielemekekre vonatkozóan számos követelményt támasztanak: hőstabilitás, nagy merevség és szilárdság, az ütközéskor fellépő energia elnyelése, kis tömeg. Ezeket a követelményeket a fém–műanyag hibrid alkatrészek mind kielégítik. Ahhoz azonban, hogy a várt előnyök megvalósuljanak, ismerni kell mindkét anyagkomponens és a gyártási eljárás jellegzetességeit, hogy elkerüljék az esetleges negatív kölcsönhatásokat, és meg tudják teremteni sorozatgyártáshoz szükséges megbízhatóságot és reprodukálhatóságot.

*Fém–műanyag hibrideket alkalmaznak egyes gépkocsik homlokfelületeiben, a műszerfal hordozószerkezeteként vagy ajtópanelekben.* Műanyagként alkalmazták pl. a **Bayer** cég *Durethan KKV 30* jelű, 30% üvegszállal erősített, ütésálló poliamid 6 típusát vagy a *BKV 130*-as típust, de felhasználnak hosszú üvegszállal erősített PP típusokat vagy üvegszálalás poli(butilén-tereftalátot) (PBT) is. Az üvegszáltartalom általában 30–40 % (m/m).

## Egy autóipari termék hibridszerkezettel

A német **Dura Automotive Body & Glas Systems GmbH** többéves fejlesztőmunka után megkezdte egy tolóablak-vezetősín gyártását fém-műanyag hibrid alapon. Műanyagként egy 20% üvegszállal és 25% ásványi anyaggal töltött poliamidot használtak (*Capron BG40GM45 HS BK-130*), amelyet a **BASF** fejlesztett ki. A hőálló anyag fröccsöntés után frissen mért húzómodulusa eléri a 10 000 MPa értéket, és nagy stabilitást mutat beszívódásokkal szemben.

Az üvegszálak alkalmazásával a hibrid szerkezetek műanyagkomponensének hőtágulási együtthatóját közelíteni lehet az acéléhoz – anélkül azonban, hogy valóban megközelítenék azt. *A körülöntési folyamat során feldolgozási zsugorodás lép fel, és a környezeti hőmérséklet változásával termikus feszültségek alakulnak ki a kompozitszerkezetben, ami vetemedéshez vezethet.* Ha a fém alkatrész merevsége elég nagy, nem maradnak kezelhetetlen feszültségek a termékben, illetve azok lassan relaxálnak. Ennek során azonban *olyan deformációk léphetnek fel, amelyek már megközelítik a repedezéshez vezető mértéket.* A feszültségek elsősorban a lemez és a műanyag csatlakozásánál, az áttöréseknél lépnek fel. Ezek a területek a fémmegmunkálásból eredően (kiszúrás, stancolás) éleket, kiszögelléseket is tartalmaznak, és a véges gyártási pontosság miatt méreteingadozást mutatnak. E tényezők összejátszása miatt ezeken a pontokon fokozottan fennáll a repedezés veszélye.

## A repedezés veszélyének csökkentése

Ha a különböző szerkezeti anyagokból készült egységeket összeragasztják egymással, a közbenső rétegek nagymértékben enyhíthetik a fellépő feszültséget, és ez ütésszerű hatáskor csökkenti a törés veszélyét. Ennek a felépítési elvnek, amelyet *MCDS-technológiának (multi-component damping system, többkomponensű csillapító rendszer)* neveznek, elsősorban a törési tulajdonságok javításában van jelentősége. Az MCDS-elemek teherhordó eleme a fémlemez, amelyet a kapcsolódási pontokon és a peremeken egy lágy anyaggal öntenek körül. A strukturált felső héjat egy kétkomponensű forgó szerszám egyik üregében állítják elő, majd a körülöntött fémlemez helyben hátulról ráerősítik a héjelemre, és egy másik szerszámüregben bordázott alsó héjat öntenek rá. A tervezéskor fontos figyelembe venni, hogy a *feszültségcsökkentő közbenső rétegnek* is van teherhordó funkciója, ugyanis ez adja át a kívülről ható feszültségeket a fémnek. Az a felismerés, hogy az elasztomer csillapító rétegek szabad tér hiányában mereven reagálnak, ugyancsak olyan tervezési alapelv, amelyet figyelembe kell venni a folyamathoz igazodó konstrukció kialakításakor.

## A csillapító réteg helyes megválasztása

A csillapító réteg megválasztásakor elsősorban a *húzómodulus nagyságára kell odafigyelni*. Ha viszonylag merev (7500 MPa modulusú) anyagot választanak, a kompozitszerkezetet (legalábbis ami a borítóréteget és a feszültségcsökkentő köztes réteget illeti) gyakorlatilag azonos anyagból valónak lehet tekinteni. Ha ilyen a felépítés, a hőmérséklet-változásból eredő feszültségeket a rendszer nem tudja ideális mértékben csökkenteni, nagy feszültségek lépnek fel a héjrétegben, a bordázott alsó rétegben és a fémbetétben is. Azokon a területeken, ahol kicsi a rendszer saját feszültsége, erős vetemedés léphet fel. Ha nagyon kis modulusú (10 MPa) köztes réteget alkalmaznak, külső hatásra túl nagy lesz a deformáció. Ennek a megoldásnak a másik hátránya, hogy magas hőmérsékleten (100 °C-ig vizsgálták) plasztikus deformáció lép fel a közvetítő rétegben, ami a termék mechanikai funkcióinak romlásával vagy elvesztésével jár. *Ha a köztes réteget közepes modulusúnak választják (460 MPa), megmarad a feszültségelnyelő, kiegyenlítő képesség, de nem lesz túl lágy az egész szerkezet.* A közepes modulusú anyag jelentős elasztikus energiát vesz fel, és az erőhatást közvetíti a merevebb részek felé. Ezzel tehermentesíti a szerkezetet a belső feszültségektől, és nem lép fel nagymértékű vetemedés.

## A feldolgozás szimulációja

Az ilyen bonyolult, több lépésben készülő termékek gyártása előtt elengedhetetlen a folyamatok és a fellépő feszültségek numerikus szimulációja. A fröccsöntési folyamat szimulációja és a késztermék mechanikai viselkedésének vége-selemes (FE) módszerrel végzett szimulációja alkalmas arra, hogy az alapvető folyamatokat tisztázzák. A mért és számított értékek összehasonlítása azonban azt is megmutatta, hogy a számításokhoz szükséges bemenő adatokat nem ismerik elegendő pontossággal ahhoz, hogy a leírás kvantitatív lehessen.

## Zajcsökkentő elemek fém–gumi hibridekből

A törvényi követelmények, de a megrendelői igények is abba az irányba mutatnak, hogy a gép-, motor- és berendezésgyártók *zaj- és rezgés-csökkentő elemeket* építsenek be termékeikbe. Ilyen célra jó szolgálatot tesznek a fémből és gumiból felépülő hibrid struktúrák. Szolgálhatnak térkitöltőként, felfüggesztésként, alátétként. Méretük és formájuk (henger, kúp) nagyon különböző lehet, tömegük 30 g és 30 kg között változhat. Sokféle Shore keménységű termék van a raktárakon, amelyekből tetszés szerint lehet rendelni. *Az elasztikus*

elem lehet nitrilkaucsuk, nitril-butadién kaucsuk, sztírol-butadién kaucsuk vagy EPDM (etilén-propilén-dién terpolimer). A fém alkatrész lehet színesfém, könnyűfém vagy nemesacél (V2A). A rezgés- és zajcsökkentő elemeken kívül még számos egyéb fém–gumi hibrid elemet gyárt az ipar, pl. bevont hengereket, gumival bevont fémsíneket, szegélyeket, buratartókat, rugókat stb.

## Fúvással előállított fém–műanyag hibridek

A **Bayer Polymers** cég kifejlesztett egy olyan fúvási technológiát, amely új lendületet ad a *motorkerékpárok, motoros szánok, traktorok és más járművek ütközési energiát elnyelő üléseinek* gyártásához. A Bayer cég szabadalmaztatás alatt álló eljárásának lényege, hogy a *fúvószerszámba alumínium- vagy acélbetétet helyeznek, majd erre „fújják” az extrudált hőre lágyuló poliuretán előformát, amely rugalmas héjat képez a merev vázon.* A fémvázban lyukakat képeznek ki, amelyekbe a fúváskor lágy műanyag behatol, gomba formájú alakzatokat képez, amelyek gombszerűen összetartják a műanyag héjat és a belső vázat. Egy-egy ilyen „gomb” kihúzásához több mint 20 kg erő kellett, és ilyenkor nem törés, hanem deformáció következett be. A „monolitikus” fém–műanyag hibriddel javítani lehet a járműülések ár/teljesítmény arányát. Az alapelv szerint egy többüreges ülést egyesítenek egyetlen fémmerevítéssel. A merevítés lehet fém helyett poliamid vagy PC/poliészterkeverék is.

A Bayer cég eddig is piacvezető volt a *merev–merev fém–műanyag hibridek* területén, ahol főként *üvegszálalás poliamidot fröccsöntöttek fémbetétekre*, amelyeket a nyílásokon átfolyó műanyag rögzített. Ezzel az eljárással azonban lágy-merev struktúrák is készíthetők. A merev–merev hibrideket széles körben használják az autóiparban (homloklapok, hűtőrácsok, olajteknők, fékpedálok stb.). Az új eljárás a versenytárs technológiáknál olcsóbban állítja elő az ütközési energiát elnyelő üléseket. A jelenlegi ülésekben PVC ülőfelületet kombinálnak üreges belsővel, esetleg habbal vagy géllal töltött elnyelőelemeket használnak, ami bonyolult, többlépéses gyártási eljárást feltételez. A hőre lágyuló poliuretán (TPU) üreges szerkezetek nemcsak jó energiaelnyelő képességet mutatnak, de kopásállóak és tartósak is. Az ülőfelület jól zár a légszivárgással szemben, nem könnyen vágható vagy szűrhető át, vegyszerálló, hidegen is rugalmas, és ráadásul újrahasznosítható anyagból készült. A hibrid gyártástechnika számos egyéb elem integrációját is lehetővé teszi, pl. szelepek, pohártartók stb. beépítését. Az eljárás helyettesítheti az eddig alkalmazott poliuretánhabos technológiát, amelyben a Bayer ugyancsak élen járt.

A levegőt tartalmazó üregek lehetnek zártak vagy tartalmazhatnak beépített szelepet is az újratöltéshez. A Bayer saját *Texin 985U* TPU típusát ajánlja az ülések gyártásához, amely aromás poliéteralapú poliuretán, 85-ös Shore A keménységgel. Poliészteres és alifás poliéteralapú poliuretánokkal is folynak kísérletek hasonló alkalmazásra. Az ülések gyártásán kívül a technológia

számos más párnázat előállítását lehetővé teszi, pl. mezőgazdasági gépeken, csónakokban, mopedeken stb. A könnyű tisztíthatóság nagy előny pl. egészségügyi kerekes székek üléseinél. A módszert használni lehet kerékpárok, motorkerékpárok és sportstadionok üléseinek vagy hordozható ülések gyártására is. Az autóiparban az ülések mellett gondolni kell a kartámaszok, a láb- és fejtámaszok gyártására is. A merev hibrid szerkezetre kidolgozott technológiával nagy felületű, teherhordó elemek is készíthetők, pl. műszerfalak, légcsatornák stb.

A fenti példák jól demonstrálják, hogy a fémek merev vagy lágy műanyagokkal, elasztomerekkel való társítása, vagy a különböző merevségű műanyagok egymással való társítása milyen nagy mértékben bővíti a műanyag-alapú szerkezeti elemek választékát.

**Dr. Bánhegyi György**

Steiner, G.: Gemeinsam macht stark. = Plastverarbeiter, 55. k. 3. sz. 2004. p. 46–48.

Vielseitige Kombination. = Kautschuk Gummi Kunststoffe, 56. k. 12. sz. 2003. p. 682.

Leaversuch, R.: Plastic metal hybrids are now blow molded. = Plastics Technology, 50. k. 6. sz. 2004. p. 36.