

A műanyagok és fémek közötti biztos kötés alapfeltétele a könnyűszerkezetes 3D hibrid autóalkatrészek gyártásának

A fémekből és műanyagokból kialakított ún. hibrid szerkezetek egyre népszerűbbek, mert az ezekből kialakítható könnyűszerkezetes elemek rendkívül erősek, emellett egyszerre több feladatot is elláthatnak. Elsősorban az autógyártás érdeklődik irántuk. Fejlesztésük nagy iramban folyik. Az alábbiakban ismertetünk néhány olyan eljárást, amelyekkel a fémek és a műanyagok közötti kötést próbálják erősíteni, továbbá bemutatunk néhány példát is a hibrid szerkezetek alkalmazására.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; autógyártás; fröccsöntés; fém/műanyag hibrid; könnyűszerkezetes elemek.

Különböző anyagok társításával nagymértékben növelhető a gyártmányok teljesítménye és funkciókészsége. Ilyenek a fémek és a műanyagok kombinálásával gyártott építőelemek, amelyek iránt elsősorban a járműgyártás érdeklődik. Ezekkel egyszerűbben beállítható az építőelem szilárdsága, merevsége, sűrűsége vagy a hővezető képessége. A fém/műanyag társításával készített gyártmányok emellett sokkal könnyebbek a hagyományos szerkezeteknél, általuk lehetővé válik az ún. könnyűszerkezetes technológia bevezetése a járműgyártásban, ahol a tömegcsökkentés kiemelt feladat.

Fémeket és műanyagokat már hosszú idő óta alkalmaznak együtt egy-egy gyártmányban. Az ún. *inwert technológiában* kis méretű funkciós fémbetéteket ágyaznak be a műanyagba. (A kötés lehet mechanikus, pl. csavarozás, szegecselés, ill. fröccsöntés.) Az *outwert technológiában* a műanyag a funkciós elem, itt a fém hordozóra fröccsentik rá a műanyagot. Az újabban nagy tempóban fejlődő multifunkcionális hibrid technológiában a fém és a műanyag komponensnek egyszerre lehet funkciós és hordozó szerepe.

Bármilyen technológiával hozzák létre a társított szerkezeteket, a legfontosabb követelmény, hogy azok komponensei között erős és megbízható kötés alakuljon ki. Nagy részüket többlépcsős eljárással gyártják, de egyre nagyobb az az igény, hogy a formázás és a két anyag kötődése egy lépésben, magában a szerszámban menjen végbe.

A fémek és műanyagok közötti megbízható kötés különösen fontos a német autógyártás számára, amelynek alapvetően meg kell újulnia, hogy megőrizze versenyképességét. A mai igények egyik legfontosabbika a források hatékonyságának növelése, amit könnyűszerkezetes multimateriális építőelemekkel próbálnak fokozni. Ennek az irányzatnak az egyik éllovasa a *Forel platform*, amely egy országokon átívelő kutató- és technológiaközpont, és jelenleg négy projekt keretében (*Leika, Q-Pro, Thixom, Fu-Pro*) végzik a különböző kutatócsoportok a fejlesztéseket. Itt a jövő közlekedési eszközei, a villamos hajtású gépkocsikba szánt,

„hightech” technológiával gyártott, sokrétű, bonyolult multimateriális elemek tervezésével és előállításával foglalkoznak. Ehhez új anyagokat, magas szinten automatizált és digitalizált gyártástechnológiákat kell kidolgozni, a új elemeket pedig integrálni kell a könnyűszerkezetes építőelemekbe, majd a gépkocsi ugyancsak bonyolult rendszerébe.

A fém/műanyag kötésen alapuló különböző hibrid technológiák fejlesztése

Hibrid szerkezetek gyártása mélyhúzással és folytatva sajtolással

A Chemnitzi Műszaki Egyetemen (TU Chemnitz) kétlépcsős eljárásban kombináltak fémét műanyaggal. Fémlemezről mélyhúzással egy lapos tál alakú előformát készítettek, majd ugyanabban a szerszámban a szerszám dugattyúján keresztül egy második lépésben nagy nyomással műanyag bordákat fröccsöntöttek rá. A nyomás hatására a tálka tovább formálódott, és a műanyag elem hátrametszéssel összeépült a fémmel (1. ábra). A aacheni



1. ábra A TU Chemnitz mélyhúzással gyártott hibrid formadarabja

műszaki főiskola (RWTH) műanyag-feldolgozó intézete (IKV) hasonló eljárásban egyesítette a műveleteket, de a fém előformázását és a műanyag ráfröccsöntését is ugyanabban a szerszámban végezte.

Egy másik kutatócsoport a dortmundi IUL (Institut für Umformtechnik und Leichtbau, formázással és könnyűszerkezetek előállításával foglalkozó kutatóintézet) a klasszikus mélyhúzás technológiájának hibrid változatán dolgozik. Hasonló módon szeretnék ezt megoldani, mint ahogyan a textillel erősített műanyagokat készítenek,

ahol a mélyhúzást az infiltrálással (beszívódással) kombinálják. Ebben az eljárásban az öntött poliamidok in-situ polimerizálódása alatti alacsony viszkozitást akarják kihasználni, úgy, hogy a formázás a polimer megszilárdulása előtt vagy alatt befejeződjék.

A Stuttgarti egyetemen (Universität Stuttgart) egy egészen újszerű eljárást fejlesztettek ki, amelyet *fém-műanyag folytatva sajtolásnak* (Metall-Kunststoff-Fließpressen) neveztek el. Itt egy sajtolószerszámba helyezik el a fémből készített előformát, erre műanyag granulátót szórnak. Sajtoláskor a fém előforma elnyeri végső formáját, a műanyag granulátum pedig a nagy nyomás és súrlódás hatására megömlik és összeépül a fémmel.

Nagy felületű fém-műanyag elemek gyártása hibrid hőformázással

Az IKT a Kroh Kunststofftechnik GmbH-val (Bisingen) és a saarvidéki egyetem tanszékével (Universität des Saarlandes, LPE, Lehrstuhl Polymerwerkstoffe) közösen dolgozik a multifunkcionális hibrid elemek hőformázásának megoldásán, amelyek nemcsak nagy szilárdságúak, de lokálisan a hőelvezetést is el tudják majd végezni. Előkísérleteikben elsősorban a gyártási folyamat hatását vizsgálták a két anyag közötti kötőszilárdságra. Jelenleg a feldolgozókkal együttműködve az intelligens szerszámokra és a gyártási folyamatra

vonatkozó optimális feldolgozási iránymutatások lefektetésén dolgoznak, amelyek révén a hibrid hőformázás érett, sorozatgyártásra alkalmas eljárássá válhat. Egyúttal egy szimulációs szoftvert is ki akarnak fejleszteni, amelynek segítségével megkönnyíthetik a feldolgozók munkáját. Jelenleg még gondot okoz a műanyag hűlés alatti zsugorodása, ami a hibrid rendszerben feszültségeket okoz. Hővezető műanyagokkal próbálják a műanyagok és a fémek zsugorodását összhangba hozni.

A fröccsöntött fém/műanyag hibrid kötések szilárdságának növelése

Mivel a műanyagok feldolgozásában a fröccsöntés kiemelten fontos és elterjedt eljárás, a feldolgozók elvárják, hogy a hibrid szerkezetek kialakítását ebbe a gyártási folyamatba tudják beilleszteni.

A fémek és az üvegszállal erősített félkész termékekből kivágott műanyag elemek közötti erős kötést a szerszámon úgy próbálják elérni, hogy a folyamatba beilleszthető *tapadást növelő segédanyagokat alkalmaznak*. Ezek többnyire hőre keményedő polimerek, amelyek térhálósodási idejét össze kell hangolni a gyártási folyamat paramétereivel. A fröccsöntés (vagy sajtolás) hőmérsékletén beinduló térhálósodás révén a két komponens között olyan erős lesz a tapadás, hogy a hibrid szerkezetű elem a katódos mártólakkozás magas hőmérsékletét is elviseli.

A Bajor Lézercentrum GmbH-ban (Bayerisches Laserzentrum GmbH (Erlangen)) a *Q-Pro* projekt keretében fejlesztett ki olyan eljárást, amelyben *a fém felületét a fröccsöntő szerszámban lézersugárral mikrostrukturálják*. Itt azt vizsgálják, hogy milyen idővel, energiamentiséggel és pásztázó stratégiával lehet elérni a fém és a ráfröccsöntött műanyag közötti legerősebb kötést. Az eljárás előnye, hogy a teljes kötési szilárdság a fröccsöntés után azonnal kialakul, hogy más segédanyagokra nincs szükség, és hogy bármilyen műanyag alkalmazása esetén alkalmazható. Hátránya, hogy nagy felületű temékeknél a felületkezelés túl hosszú időt vesz igénybe. Ezért ezt az eljárást néha kombinálják a tapadóanyag alkalmazásával.

A Plasma-SealTight eljárás

Ha egy műanyagból és fémből összeépített formadarabot csak fizikai erők tartják össze, a kapilláris hatás következtében a határfelületekre nedvesség vagy más folyékony közeg hatolhat be, ami korróziót vagy mikrorepedéseket okoz, és előbb-utóbb a két felület szétválását eredményezi. Ha az összetartó erők molekuláris szintű kémiai reakciókkal alakultak ki, a kötések erősebbek, megbízhatóbbak. Az ilyen kötésekhez szükséges, tapadást növelő anyagokat (amelyek gyakran környezetre ható negatív hatásuk van) többnyire költséges nedves eljárásokkal viszik fel a fémfelületre.

Két németországi cég, az Agro.Plastic GmbH (Niederzissen) és a Plasmatrete GmbH (Steinhagen) közösen egy új plazmás eljárást fejlesztett ki, amellyel *nagyon erős kötéseket tudnak létrehozni üvegszálas poliamidok és különböző fémek között*. A *Plasma-SealTight (PST)* technológiának nevezett eljárással készített hibrid kötések ellenállnak az időjárásnak, a különféle közegeknek és akár a hirtelen bekövetkező hőmérséklet-változásoknak, a fémfelületen a tapadóréteget pedig szárazon, plazmapolimerizációval alakítják ki.

Az eljárás hatékonyságát különböző fémekkel próbálták ki. A polimer minden esetben az Akro cég módosított (magnövelt tapadású) 30% üvegszálat tartalmazó PA6-ja, az *Akromid B3 GF 30 1 PST 6647* volt. Az összehasonlítást a fémből és a műanyagból átlapolva összeragasztott próbatestek húzó-nyíró szilárdsága (HNy) alapján végezték. Az alábbiakban ezeknek a kísérleteknek az eredményei láthatók.

Az 1–4. kísérlet próbatestjeit PST eljárással ragasztották össze, az 5. kísérletben a nemesacél próbatestet nem PST eljárással készítették, hanem lézerstrukturálás után építették össze a PA6-tal. A csillaggal jelzett 6-8. kísérleti adatokat összehasonlítás céljából az aacheni RWTH műszaki főiskolától vették át. A kísérleti adatok:

1. 1,4301 nemesacél/Akromid B3, PST eljárás, HNy *50,2 MPa*,
2. alumínium 6061/Akromid B3, PST eljárás, HNy *35,6 MPa*,
3. DCO1 acél/Akromid B3, PST eljárás, HNy *37,2 MPa*,
4. DCO4 acél/Akromid B3, PST eljárás, HNy *31,6 MPa*,
5. 1,4301 nemesacél/Akromid B3, lézerstrukturált fém, HNy *30,3 MPa*
6. DCO1 acél/térhálósítható PA6-GF30, kopoliamid tapadóanyag, Vestamelt Hylink eljárás, HNy *14,0 MPa**,
7. DCO1 acél/PA6-GF30, HAF 8410 eljárás, fóliabázisú tapadóanyag: tesa HAF 7410 HS, HNy *2,9 MPa**
8. DCO4 acél/PA6-GF30, HÜHOCO eljárás, többkomponensű tapadóréteg: primer 219575-20 + fedőlakk 319225-70, HNy *9,8 MPa**.

Egy másik, hasonló kísérletsorozatban (PST eljárás, Akromid B3 GF 30) az Agro-Plastic további fémeken a következő húzó-nyíró szilárdságokat mérte: nyomás alatt öntött 231D alumínium 34,9 MPa; réz/ón ötvözet CuSn6 34,4 MPa; réz/ón ötvözet nikkel galvanizálással CuSn6+Ni 31,0 MPa; SAE-1018 acél 33,1 MPa

Az eredményekből látható, hogy az üvegszálás poliamid nemesacélhoz ragasztva PST eljárással adta a kiemelkedően legmagasabb ragasztási szilárdságot, ami nagyon fontos az autógyártásban szükséges rugalmasság és automatizálhatóság megvalósítására.

A PST eljárás egy tisztító és bevonatképző technológia, amelyet atmoszférikus nyomású plazmával valósítanak meg. A bevonatkészítő rendszer generátorból, transzformátorból és plazmafúvókából áll. A fúvóka belsejében ívfényszerű pulzáló kisüléseket generálnak, amelyek az ott áramló gázt plazmaállapotba viszi.

Az eljárás első lépcsőjében megtisztítják a fém felületét a plazmával. A második lépésben egy PlazmaPlus fúvókával tapadóanyagot (amely egyúttal prekursorként – olyan vegyület, mely egy másik vegyületet előállító reakcióban vesz részt – is funkcionál) visznek a felületre. A tapadóanyag molekulái a fúvókában a plazma nagy energiájú gerjesztésének hatására részlegesen tördelődnek (fragmentálódnak). A plazmával így gerjesztett és fragmentált prekursor kerül a fémfelületre és azzal reakcióba lép. Ettől a fémfelület tulajdonságai alapvetően megváltoznak. Tulajdonságai az alkalmazott prekurzortól függenek. Az eljárás további lépéseiben az így előkészített fémeket a fröccsszerszámba helyezik, és felmelegítés után ráfröccsentik a műanyagot.

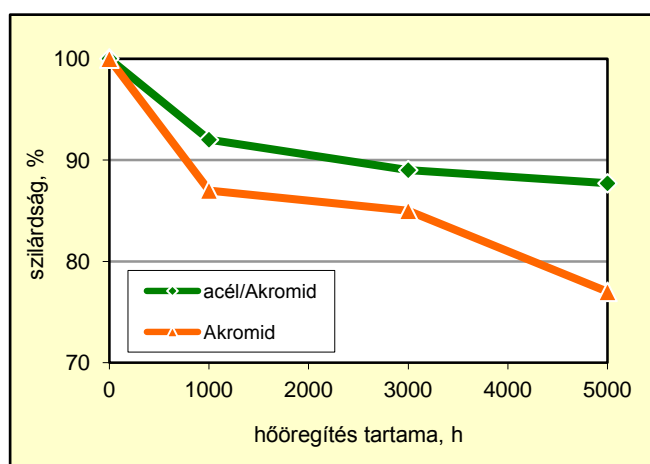
A fém és a műanyag közötti tapadás erőssége függ a prekursor kémiai felépítésétől, a bevonatgyártás paramétereitől, a vele társított műanyagtól és az előkészített fémfelület hőmérsékletétől a ráfröccsentés pillanatában. Az Agro-Plasticnál felépített gyártócellában számos kísérletet végeztek különféle műanyagokkal, fémekkel, prekursorokkal,

paraméterekkel, hogy tapasztalatokat szerezzenek a legjobb fém/műanyag kombinációk gyártására és megfelelő javaslatokat adhassanak ebben jövőendő ügyfeleiknek.

A fémfelület előkészítése mellett a fröccsöntés is fokozott figyelmet kíván. A fémbetét szerszámba helyezése után ezt az alkalmazott műanyag olvadáspontja feletti hőmérsékletre kell melegíteni. Hőmérsékletének ellenőrzése a műanyag befröccsentésekor elengedhetetlen. Ezért meglévő szerszámaikba pótlólag inline indukciós fűtést építettek, amely a szerszámon belül a kívánt hőmérsékletet biztosítja a fémkomponensnek.

A jó tapadáshoz megfelelő műanyag is szükséges. Az 1,4301 nemesacéllal csak az Agro-Plastic jobb tapadásúra módosított *Akromid B3 GF 30 PA6*-ja érte el az 50 MPa húzó-nyíró szilárdságot; a fogalomban lévő más 30% üvegszálat tartalmazó PA6 típusokkal csak 30 MPa körüli értékeket mértek. (Meg kell jegyezni, más fémekkel az *Akromid B3 PST* technológia ugyancsak ebbe a tartományba eső értékeket adott.)

A legjobb eredményt adott anyagpárossal $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti hősokk-vizsgálatokat is végeztek. Egy-egy ciklus a következő szakaszokból állott: 120 min $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on; felmelegítés 55 min alatt $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra; 120 min $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on; lehűtés 14 min alatt $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra; 1087 min $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on; lehűtés 44 min alatt $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra. Az átlapolt 1,4301 nemesacél/Akromid B3 próbatesteken induláskor $40,8\text{ MPa}$ húzó-nyíró szilárdságot mértek, ez 14 ciklus után mindössze $34,5\text{ MPa}$ -ra csökkent.



2. ábra Az átlapolt acél/Akromid próbatestek húzó-nyíró szilárdságának és az Akromid próbapálcák szakadási szilárdságának változása $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os öregítés alatt az idő függvényében

Az átlapolt 1,4301 nemesacél/Akromid B3 próbatesteken induláskor $40,8\text{ MPa}$ húzó-nyíró szilárdságot mértek, ez 14 ciklus után mindössze $34,5\text{ MPa}$ -ra csökkent.

Összehasonlították a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on öregített átlapolt nemesacél/Akromid próbatestek és a csak polimerből készített próbatestek húzószilárdságának változását a tárolási idő függvényében. Az átlapolt próbatestek 5000 óra után eredeti szilárdságuk 88%-át, a tiszta Akromid próbatestek 77%-át tartották meg (2. ábra).

A fém/műanyag hibrid szerkezetek alkalmazása a gépkocsigyártásban mindegyelőre a tömegcsökkentést segíthetik elő. Kézenfekvő, hogy emiatt az alumínium az egyik legfontosabb az ilyen

szerkezetekben a fém lehetne. Az alumínium társítása műanyagokkal csak akkor lehetséges, ha felületéről eltávolítják az oxidréteget. A PST eljárásban ezt sikerült megoldani, de a kutatók azt tapasztalták, hogy az Al/Akromid próbatestek egy része a húzóvizsgálat során nem a két anyag érintkezési felületénél vált szét, hanem az alumíniumlemez szakadt el.

A kutatók a továbbiakban azon dolgoznak, hogy az eljárást sorozatgyártásra alkalmassá tegyék.

Műanyag részecskékkel kompaundált magnézium

A *Thixom* projekt célkitűzése a részecskékkel erősített magnézium előállítás. Az így módosított magnézium merevsége, hőállósága és kopásállósága javulna, és alkalmazása a könnyűszerkezetes technológiában szélesedhetne. További fém/műanyag kombinációk keresése és kipróbálása tovább folyik, és ezen a területen még sok újdonság várható.

Fém/műanyag kötéseket tartalmazó multimateriális elemek villamos hajtású autókhoz

Az elektromobilitást támogató *Forel* platform célja, hogy minél gazdaságosabbá tegye a villamos hajtású gépkocsik használatát, hogy munkájával növelje a kisebb és nagyobb autóiipari vállalatok versenyképességét, és hogy hozzájáruljon az iparág új kihívásaiban járatos szakemberek képzéséhez. A platform tagjai az új technológiák mellett a gyártóberendezések és szerszámok fejlesztését is feladatuknak tekintik.

Az új technológiák rugalmassága nagyobb szabadságot ad a tervezőknek, ezáltal az új gépkocsielemegeknek újabb pótlólagos funkciókat is adhatnak. A *Forel* platform több technológiai projektjének keretében (*Leika*, *Q-Pro*, *Thixom*, *Fu-Pro*) vizsgálják, hogyan tudnák a fémek és a műanyagok társítását megoldani az integratív és magasan automatizált fröccsöntési eljárásokban. A legtöbb ilyen alkalmazásban a fém és a műanyag közötti bonthatatlan kötés a legfontosabb követelmény.

A szállal erősített műanyagok és a hagyományos szerkezeti anyagok, elsősorban a fémekkel kialakított bonthatatlan kötések új tágas alkalmazási területeket nyitnának meg ezeknek az anyagoknak és a belőlük kialakított társított szerkezeteknek, ahol mindkét anyagfajta előnyei érvényesülhetnének. Ha az elemek összeszerelésének, összeépítésének munkája beilleszthető volna az automatizált gyártási folyamatba, a jobb reprodukálhatóság jelentősen növelné a gyártmányok minőségét is.



3. ábra A *Forel Platform Q-Pro* projekt keretében 3D hibridtechnikával kifejlesztett A-oszlop demonstrációs szerkezete. Az összetevő elemek balról jobbra: 1 fröccsöntött elem erősítőbordákkal, 2, 3 „szerves bádogg”-ból készített elemek, 4 (kék) tapadásnövelő elem, 5 a sötétszürke rész hőformázott, a világos rész hidegen formázott acéllemez, 6 (jobbra) az összeszerelt A-oszlop



Példa néhány könnyűszerkezetes műanyag/fém építőelem gyártására

A Forel platform tagjainak egy része a Q-Pro projekt keretében a Porsche AG vezetésével a 3D hibridtechnikára koncentrált. Fémlemezről, szállal erősített műanyagból, „szerves bádognál” (hosszú szálakkal erősített műanyagból), tapadásnövelő rétegből készítették el egy A-oszlop demonstrációs szerkezetét, A 3. ábrán láthatók az oszlop egymásra rétegzett elemei és az összeépített termék. A 4. ábra egy hasonló elvek alapján elkészített B-oszlop belső szerkezetét mutatja. Ezekkel a szerkezetekkel jelentős tömegcsökkenést értek el. Az elemek 180 °C-ig elviselték a KLT lakkozást (kataforikus vagy katódos merítőkádas felületkezelés).

A Thissenkrup AG a *Leika* projekt keretében egy hibrid padlóelemcsoportot fejlesztett ki, amelynek akkumulátoralagútját (5. ábra) fröccsajtolással alakítják ki. A gyártóberendezést a KaussMaffei készítette.

4. ábra Egy hasonló elvek alapján felépített B-oszlop

Gyártóberendezések a hibrid technológia számára

A hibrid könnyűszerkezetes építőelemek sorozatgyártása csak ott valósítható meg, ahol rendelkezésre áll egy rövid ciklusidővel működő, magas szinten automatizált gyártástechnológia. Enélkül nem lehet a nagy darabszámú összetevőt kezelni és egy elfogadhatóan alacsony gyártásköltséget elérni.

Az üvegszálas műanyagokat is tartalmazó könnyűszerkezetes építőelemek gyártási költségei erősen függenek a félkész termékek árától. Ezeket a költségeket lényegesen csökkenti az *FDC (Faser-Direkt-Compoundierung) eljárás*, amelyhez a gyártóberendezést az Arburg GmbH + Co KG fejlesztette ki. Ebben nem szállal erősített félkész termékeket használnak, hanem a szálkötegeket (rovingokat) közvetlenül a fröccsgépbe adagolják, ami által a termékhez optimálisan megfelelő keveréket kapnak, emellett a szálak is kisebb igénybevételnek vannak kitéve.



5. ábra A *Leika* projekt kutatóinak acélból, magnéziumból és szénszállal erősített műanyagból hibrid technológiával kialakított akkumulátoralagútja

A szálal vagy a szemcsés erősítőanyag bevitelére a magnéziumba bonyolult gyártástechnikát és nagy hozzáértést igényel. A legnagyobb kihívás az, hogy a szálak/szemcsék felületét a magnézium tökéletesen bevonja („nedvesítse”). Emellett meg kell találni azt az eljárást, amelyben a kompaund a lehető legnagyobb mechanikai tulajdonságokat optimális feldolgozhatóság mellett kapja meg. A *Thixom* projekt keretében kifejlesztett eljárás megteremtette az alapokat arra, hogy lehetőségeket adjanak egy egészen

új iparág kialakítására, amelyben a magnézium és a műanyagok társításával korábban elképzelhetetlenül nagy teljesítményű könnyűszerkezetes elemeket állítsanak elő.

Egy átlagos üzem meglévő gépparkjával az új hibrid szerkezeteket többnyire nem lehet előállítani, ehhez új beruházásokra, új gépekre és infrastruktúrára van szükség. A KraussMaffei GmbH a *Leika* projekt keretében új fröccsaggregátot (Bolt-on-Spritzaggregat) fejlesztett ki, amelynek kis magassága megengedi, hogy egy préskomplex (Pressenkomplex) alsó részébe integrálják. Ez lehetővé teszi, hogy ahol eddig kizárólag lemezeket („szerves bádogot”) dolgoztak fel, jelentős beruházás nélkül át tudjanak térni az új hibrid technológia alkalmazására.

Intelligens szerszámok és automatizálás

A könnyűszerkezetes szerkezetekben síkszerű teherhordó elemek mellett üreges építőelemeket is alkalmaznak, amelyeknek a hajlító és torziós terhelést kell szétosztaniuk. Az ElringKlinger AG (Dettingen an der Erms) és amelynek Kecskeméten ElringKlinger Hungary Kft néven hazai érdekeltsége is van, egy olyan technológiát fejlesztett ki (*IHU, Innenhochdruck-Umformen*), amellyel egy kombinációs szerszámban belső nyomás alatt tartott csöveket tudnak formázni, majd a folyamaton belül a megformázott csőre műanyagot fröccsönteni. Ebben az eljárásban többnyire acél- vagy alumíniumcsöveket használnak, a ráfröccsöntött műanyag lehet PA, PP, PPA, PC/ABS stb.

Egy drezdai kutatóintézet, az ILK (Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Könnyűszerkezetes Építési és Műanyag-technológiai Kutatóintézet) üvegszálas üreges műanyag profilok (*FKV, Faser-Kunststoff-Verbund Hohlprofile*) funkcionálására fejlesztett ki új eljárást. Az első lépésben a tetszőlegesen bonyolult keresztmetszetű üreges profilokat bármilyen bonyolult keresztmetszettel elő tudják állítani, az üvegszálakat ezekbe a későbbi alkalmazás számára optimálisan építik be. A második lépésben ráfröccsöntéssel alakítják ki a végterméket. Ezzel az eljárással a Porsche AG egy akkumulátortartót gyárt.

Az ILK kezdeti eljárását a *Fu-Pro* projekt keretében kívánják továbbfejleszteni. A Brose Fahrzeugteile GmbH (Coburg) vezetésével – amely ugyancsak jelen van Magyarországon a kecskeméti Brose Hungarian Automotive Kft. révén – erre egy konzorciumot alapítottak. Egy olyan építőelem-rendszert fejlesztettek ki, amely sík lapokból áll, de torzióknak és hajlításnak ellenálló üreges profilokkal, továbbá hurkolt bordás kötésekkel erősítették meg kívülről. A kutatók új megoldásokat találtak ki az automatizált előformázásra, konszolidálásra és funkcionálásra. Az eljárásban hibrid szálakból font tömlőkből *variaterm fűtéssel* működő szerszámban készítették el az üreges profilt, majd egy újabb lépésben a fröccsöntő szerszámban fémbetét, szerves bádogból kivágott betét behelyezése után ráfröccsöntötték a hőre lágyuló műanyagot. Egy ilyen erősítő elem a 6. ábrán látható.



6. ábra A *Fu-Pro* projekt keretében előállított erősítő

A sorozatgyártásra alkalmas berendezések és szerszámmegoldások mellett a hibrid szerkezetek

számára megfelelő új automatizálási eljárásokat is ki kell találni. Az Aumo GmbH (Radebeul) és a J. Schmalz GmbH (Glatten)) közösen új megfogó és szállítórendszert fejlesztett ki, amelyekkel kialakítható egy automatikus konfekcionáló rendszer. Ez képes egy lágy, könnyen gyűrődő, csavarodó fonott hibrid tömlőt megfelelő hosszúságban letekeríteni, abból többrétegű előformát összerakni, majd komplex 3D formára alakítani. A fejlesztők most azon dolgoznak, hogy megoldják a textil előformák automatikus beépítését a hibrid szerkezetbe.

Összeállította: Pál Károlyné

Golebiewski, C.; Zgrzebski, J.: Da wird selbst Aluminium schwach = Kunststoffe, 2018. 12. sz. p. 28–31.

Landecker, K; Kroh, M; Bonten, Ch.: Entwicklungstrends bei Metall-Kunststoff-Verbunden. Vorteile der Werkstoffe beim Hybrid-Thermoformen nutzen = Plastverarbeiter online, Startseite September 19. <https://www.plastverarbeiter.de/69795/vorteile-der-werkstoffe-beim-hybrid-thermoformen-nutzen>

Bürkle, E.; Gude, M.; Krahl, M.; Stegelmann, M.: Kunststoff und Metall – ein unzertrennliches Paar = Kunststoffe, 2017. 12. sz. p. 27–29, 31–32.

Kruse, L.: Hybride geht's in die nächste Leichtbau-Runde. Stahl-Kunststoff-Außenhäute sind um ein drittel leichter = Industrie-Anzeiger, 2017. szept. 4. <https://slidex.tips/download/hybride-gehts-in-die-nachste-leichtbau-runde-industrieanzeiger-2115>