

A sajtológépek és a sajtolási technika újdonságai

A műanyagok alakadási eljárásai közül a sajtolással az elmúlt évben a szaksajtó keveset foglalkozott. Pedig ezen a területen is vannak újdonságok. A gépgyártók műszaki fejlesztései mellett figyelemre méltó az a hír, amely szerint néhány európai gépgyártó ázsiai cégekkel együttműködve fejlesztett ki új gépeket vagy gyártórendszereket. A technológiai újdonságok közül fontos a természetes szálakkal erősített hőre keményedő és hőre lágyuló műanyagok sajtolása, amelyről az ázsiai feldolgozók sokkal többet tudnak, mint az európaiak.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; sajtolás; sajtológépek; gépgyártók; technológia; növényi szálak; hőre keményedő mátrix; feldolgozási irányelvek.

A sajtológépgyártók újdonságai

A sajtológépeket gyártó vállalatok nagyon sokféle sajtoló- vagy présgépet gyártanak (tablettázó, kettős szalagprés, kasírozógép, műanyag- és gumiprés stb.), ennek megfelelően fejlesztéseik is sokrétűek. Megfigyelhető azonban az az irányzat, hogy teljes gyártórendszereket kínálnak a feldolgozóknak, növeljék az automatizálás mértékét és gépeiket a megrendelő kívánságának legjobban megfelelő formában, „testre szabottan” szállítsák le.

A **Rucks Maschinenbau GmbH** (Glauchau) azt érzékeli, hogy a vállalatok nagyobb sorozatok gyártására alkalmas félautomata berendezések, többrétegű laminált termékek előállítására, fémbetétek gumielemezekbe ágyazására alkalmas gépek iránt érdeklődnek. Elvárják, hogy a gépeket egyszerűen, könnyen lehessen kezelni. A cég az utóbbi követelményeket igyekszik maximálisan kielégíteni. Gépeik vezérlőrendszere beköthető egy központi számítógépbe, amely mellől egyszerre több gép munkája felügyelhető, ez pedig nemcsak munkaerő-megtakarítással jár, de növeli a folyamat- és minőség-ellenőrzés biztonságát is. Az Intranet (= szervezeten belüli információs háló, afféle „házi Internet”) segítségével a gyártás decentralisan is ellenőrizhető, ami áttekinthetővé teszi a teljes termelést. A gépek üzemeltetésének ez a korszerű filozófiája a sajtológépeken is érzékelhető: nagyon kevés rajtuk a beavatkozásra szolgáló elem, ezért kezelésük nagyon egyszerű.

A **Lauffer GmbH & Co. KG** (Horb) vízszintes és függőleges felépítésű, forgóasztalos sajtolóautomatákat gyárt hőre keményedő műanyagok és üvegszálas sajtolómasszák (BMC) feldolgozására. Egyik új gyártmányuk egy vákuummal dolgozó gumi-sajtoló gép, amelynek van 1250, 2500 és 5000 kN záróerejű változata. A vákuumtech-

nikát a cég korábban a vákuum alatt gyártandó áramköri lemezek és csipet tartalmazó kártyák sajtolásához fejlesztette ki. Alkalmazása a gumi sajtolásában is hasznos, mert általa elkerülhető a légzárányok keletkezése. A sajtológép munkája automatizálható: Egy tolóasztal beépítésével megoldható az anyag szerszámba helyezése és a kész darab kivétele.

Az **Infra EPS Machinery GmbH** (Bad Salzuflen) – mint nevéből is kitűnik – arra specializálódott, hogy polisztirolhabból készítsen tetőszigetelő és hőszigetelő lapokat. Újdonsága egy olyan gép, amelyen tömbhabból levágott lemezt laminálnak PVC fóliával ragasztóanyag nélkül. A legnagyobb méret 120 x 480 cm. Ilyen gépeket szállítanak Dél-Afrikába az „egymillió ház” projekt megvalósítására. A PS-hab és a perforált, hőszigetelő fólia ragasztómentes összeépítésére szabadalmi bejelentést tettek. A lemezek hőszigetelő képessége nagyon jó, mert fólia a napfény 90%-át visszaveri. A ragasztómentes határfelület következtében a fólia könnyen lehántható a habról, ezért anyaguk újrafelhasználása előtt könnyen elkülöníthetők.

A gumifeldolgozó gépeket gyártó **Harburg-Freudenberger Maschinenbau GmbH** (Hamburg) gyártósort fejlesztett ki gumiabroncsok előállítására. A gépsor elején lévő extruderben előkészítik a gumikeveréket, a további részekben összeállítják az abroncsot, amelyet a gépsor végén vulkanizálnak. Nagy figyelmet szenteltek a vulkanizálás felgyorsítására, amelynek időtartamát tovább szeretnék csökkenteni. A fűtött sajtológép lehet keretes vagy oszlopos felépítésű. Az oszlopokkal megvezetett sajtológépek előnye a kompakt felépítés, a kevés alkotóelem, amelyek gyorsan leszerelhetők és kicserélhetők a termelés megszakítása nélkül. Ilyen sajtológépeket alkalmaznak a személygépkocsik és a szállítójárművek abroncsainak gyártásához.

A franciaországi **Rep International** (Corbas) cég a gumik fröccssajtolásával foglalkozó nagyobb cégek egyike. Egyik újdonsága a *TurboCure eljárás*, amellyel a termék minőségének megtartása mellett 50%-kal lehet csökkenteni a vulkanizálás időtartamát. Másik újdonsága a függőleges felépítésű *G9* jelű gyártóberendezés, amelyen a ciklusidőt a hidraulika mozgásának gyorsításával és összehangolásával jelentősen rövidítették. Hozzáigazítható a gép mozgása a szerszám magasságához, szabályozható a szerszám nyitáskor és záráskor megteendő út. A beavatkozáshoz billentyűzet helyett érintőernyőt alkalmaztak, amely áttekinthetővé és könnyen kezelhetővé teszi a rendszert. Az illetékteleneket hierarchikus kódrendszerrel és kulccsal tartják távol a rendszertől.

A **Rep** cég együttműködési szerződést kötött a tajvani **Tung Yu Hydraulik Machinery Co. Ltd.**-vel *RTIP* típusú olcsó sajtológép-sorozat gyártására. A gépeket 1000, 1500, 2000, 4000 és 5000 kN záróerővel kínálják. Ezekben a gépekben a Rep anyagelőkészítésben és -bevitelben szerzett ismereteit és a Tung Yu záró-, hidraulika- és vezérléstechnológiáját egyesítették. A gépeket a Rep forgalmazza és ez a cég látja el a vevőszolgálatot is. A *Mastertrac 4* nevű vezérlőszoftver megkönnyíti egy adott szerszám programozását, a program ugyanis tárolható és szükség esetén előhívható a gép memóriájából. A szoftver lehetővé teszi a szerszámnyitás vagy -zárás alatt a megállást vagy a késleltetést. A *Rep-Net-win.* felhasználói szoftver segítségével 60 Rep sajtológépet lehet egymással egyetlen terminálban összekapcsolni, a paramétereket egymás-

sal összehasonlítani, vagy akár egy másik gépre átvinni. A szoftver Windows rendszerben működik, ezért Excel-adatokat is fel tud dolgozni.

Az olaszországi **Rutil s.r.l.** (Lonate Ceppino) ugyancsak egy tajvani céggel, a **Tien Kang Co. Ltd.**-vel szövetkezett gumit fröccsöntő és sajtoló gépek gyártására. Közös termékként a tolóasztalos *Rutil TK 350* típusú sajtológépet választották, amelynek záróereje 3500 kN, felfogó felülete 610x 610 mm. A tajvani cég saját fejlesztése egy *Superfiffo*-nak elnevezett fröccsegység, amely nagy fröccsnyomással, nagyon egyenletesen juttatja az ömledéket a fészekbe. A fröccsegység tisztítása egyszerű, mert az adagolócsiga teljesen hátrahúzható.

A **Dieffenbacher GmbH + Co. KG.** (Eppingen) nagyméretű és nagy teljesítményű sajtológépek gyártására szakosodott. A németországi kutatási és fejlesztési minisztérium ezért rábízta a *DuroVision* fejlesztési projekt megvalósítását, amelynek keretében más együttműködőkkel közösen *szállal töltött hőre keményedő anyagok ún. direkt feldolgozását* kellett megoldaniuk. Az eljárás lényege, hogy a gyártósor elején kompaundálják a mátrixot és a szálat, majd a keveréket köztes lépés nélkül sajtolják és térhálósítják. A formaadás művelete hasonlít a poliésztergyantával átítatott és előtérhálósított üvegszálpaplan (közismert nevén SMC, sheet molding compound) sajtolásához. A kompaundálást végző extruderből és a sajtolást végző présgépből álló gyártósor elején üvegszálköteget (roving) és műanyagot adagolnak a rendszerbe, amelynek végén általában autóalkatrészek jönnek ki. A projekt keretében a *Smart two* gépkocsi-típus hátsó ajtópaneljét állították elő, amelyet a szükséges helyeken megfelelő erősítéssel láttak el. Az ajtót nem kellett lakkozni, mert gyártás közben színezéket kevertek az anyagba.

A cégnél az energiatakarékosságra is mutattak példát. A *Compress Plus* sajtológépen a záráskor alkalmazott mérsékelt elmozdulás (Kurzhubschließkonzept) révén a hasonló gépekhez képest 50% energiát takarítottak meg. A költséghatékony, *Compress Eco*-nak elnevezett sajtológépeket SMC, BMC feldolgozására is lehet használni.

A **Siempelkamp Maschinen- und Anlagenbau GmbH & Co. KG.** (Krefeld) hulladékból visszanyert anyagokból sajtol lapokat az építőipar számára. Ezek gyártásakor is képződik hulladék, pl. a szélek levágásából. A cég a „hulladék hulladékának” hasznosítására ezt felaprítja, majd melegen sajtolja. A benne levő maradék műanyag megolvad és összefogja a lapot, továbbá időjárás- és öregedésállóvá teszi. A cég az építőiparban használt faforgácslapok, az ún. OSB (oriented strand board) lapok helyettesítésére ajánlja. Hasonló módon hasznosítják a gumiabroncsok örleményét, itt a lapok alsó és felső felületén hulladékból nyert porból fedőréteget alakítanak ki.

A sajtolással végzett műanyag- és gumifeldolgozásban azonban legtöbbször csak apró változtatásokat végeznek a gyártás optimalizálására. Módosítják a hűtő- és fűtőrendszert, korszerűsítik a vezérlést, jobb anyagot választanak, hulladékot dolgoznak vissza.

Megfigyelhető, hogy az ázsiai, közülük is elsősorban a kínai gépgyártók meg akarják erősíteni helyzetüket az olcsóbb gépek piacán, nemcsak Ázsiában, hanem világszerte. Az igényes vevőket kiszolgáló gépgyártók igyekeznek közös fejlesztést kialakítani megrendelőikkel, komplett gyártórendszereket kínálnak nekik, és igyekeznek

legegyénibb kívánságaiknak is eleget tenni. A sajtolási technológia kifinomulására példa a teljesítménysportban használt vagy a repülés- és űrtechnikában alkalmazott *szénszálas eszközök* gyártása. Ilyen eszközök előállítására a **Secar Technologie GmbH** (Mürzzuschlag) vállalkozik, ami rendkívül magas színvonalú technológiát, precíz gépi eszközöket igényel, és rendkívüli biztonsági és minőségi igényeket kell kielégíteni.

Természetes szállal erősített műanyagok sajtolása

Németországban az autóipar 2006-ban kb. 20 000 tonna természetes szállal erősített műanyagot dolgozott fel, 96%-át sajtolással. Ennek a technológiának a feldolgozógépei és szerszámai viszonylag kis beruházással telepíthetők, ezért már közepes nagyságú sorozatok gyártása is gazdaságos lehet. Az autógyártáson kívül ilyen anyagokat legfeljebb bizonyos bútor- és bőröndelemek előállításához használnak nagyon kis mennyiségben. Európában nincs olyan nagyobb vállalat, amely az elmúlt években újonnan vezette volna be a formára sajtolást. Az ázsiai országokban ezzel ellentétben ez a technológia nagyon népszerű és rohamosan terjed. Az európai műanyagfeldolgozók tartózkodásának oka a technológia és az alapanyag nem kellő ismerete. A tervezők nem tudják, hogyan kell a természetes szállal erősített műanyagokból olyan terméket tervezni, amely formára sajtolással elkészíthető. Nincsenek adatok a korszerű CAE számítások elvégzéséhez. Németországban a közellátási, fogyasztóvédelmi és földművelődésügyi minisztérium támogatásával indították be az „*NF-Guidelines*” elnevezésű programot, amelynek célkitűzése tervezési katalógusok, irányelvek, adatbankok és más segédanyagok létrehozása a szállal erősített műanyagok feldolgozásának megkönnyítésére.

A formára sajtolásnak vagy németből tükörfordítással formasajtolásnak (Formpressen) nevezett eljárásnak nincs általánosan elfogadott definíciója. Az újabb szakirodalomban néha „mélyhúzás”-nak nevezik. Formasajtoláskor egy textilszerű nem szőtt félkész termék (amely műanyagot is tartalmaz) nyomás és megfelelő hőmérséklet alatt a szerszámban felveszi a szerszámüreg alakját (eközben az anyag egyes helyeken megnyúlik); megszilárdulása után a kész darabot kiveszik a szerszámból.

Ha a kötőanyagként alkalmazott műanyag hőre keményedik („duroplaszt”), a félkész termék akár 90% szálal anyagot (pl. farostot) is tartalmazhat. Ha a szálak nagyon rövidek (ilyen a farost is), a félkész termék könnyebb kezelése, szállítása érdekében egyik vagy mindkét oldalára vékony tűzött fátlyat (vlies) fektetnek. A megszilárdulás (térhálósodás) a hő és nyomás hatására következik be. Ha a kötőanyag hőre lágyuló műanyag („termoplast”), a félkész termék legtöbbször szálkeverékből készül: a hőre lágyuló szálakat 50–70% természetes növényi szállal tűzik meg. Sajtoláskor a hőre lágyuló szálak megolvadnak és kötőanyagként összetartják a növényi rostokat. A formára sajtolt darab a szerszám lehűtésével szilárdul meg, és kivehető a szerszámból. Természetes szálakból álló, sajtolható félkész termékeket német vállalatok is gyártanak. Néhányuk neve és gyártmányaik jellemzői az *1. táblázatban* található. Vannak olyan feldolgozók is, amelyek maguk állítják elő a félkész terméket.

Félkész terméket természetes növényi szállal erősített műanyagból gyártó vállalatok
Németországban

A vállalat neve	Telephely	Természetes szál	Mátrix	Márkanév
Bo systems	Sontra	fa, len	fenolgyanta, PP, PET	Lignoflex, Lignoprop-PES
Isowood	Finnentrop	kender, len, kenaf, juta	PP	Isowood
J.Dittrich und Söhne	Ramstein- Miesebach	kender, kenaf	akrilátgyanta	Nafacryl
Quadrant Natural Fiber Composites	Osnabrück	kenaf, kender, len	PP, PET	Nafcolite, Nafcoform, Loprefin
Molan	Bréma	kender, len	PP, PET	StabiTex
Nafgo	Dötlingen	kender	PP	–
Renolit	Worms	len, kender, juta, kenaf	PP (extrudált)	Wood-Stock, Tecnogor, Gornaf
Sachsenleinen	Waldenburg	len, kender, juta, kenaf, abaka	PP, PE	Mischvlies

A program keretében végzett vizsgálatokhoz egy hőre keményedő mátrixszal készült farostos félkész terméket, a *Lignoflex*et választották ki. Ez kb. 70% farostot, 20% PET szálat és 10% fenolgyantát tartalmaz. A gyantát az ún. *blowline eljárással* viszik fel a farostrá. (A folyékony gyantát rászórják a rostokra, amelyek felületén a gyanta egy része megszilárdul, kisebb része folyékony marad. Maga a félkész termék száraz tapintású.) A félkész terméket (fátyolt vagy filcet) kártoló eljárással készítik el. A *Lignoflex* tűzött termék, felülettömege 1800–2000 g/m². Alsó felületére vékony poliészter- vagy viszkózsálréteget is rátűznek, hogy a terméket könnyebben lehessen szállítani és mozgatni. A *Lignoflex* félkész termék vastagsága 10 mm, amelyből a megfelelő formájú és méretű darabot kell a szerszámba helyezni, ahol a szerszám formájának felvétele után a fenolgyanta a nyomás és hőmérséklet hatására térhálósodik, és így létrejön a tervezett késztermék. A formaadásnak korlátokat szabhat a félkész termék esetleges meggyűrődése vagy elszakadása.

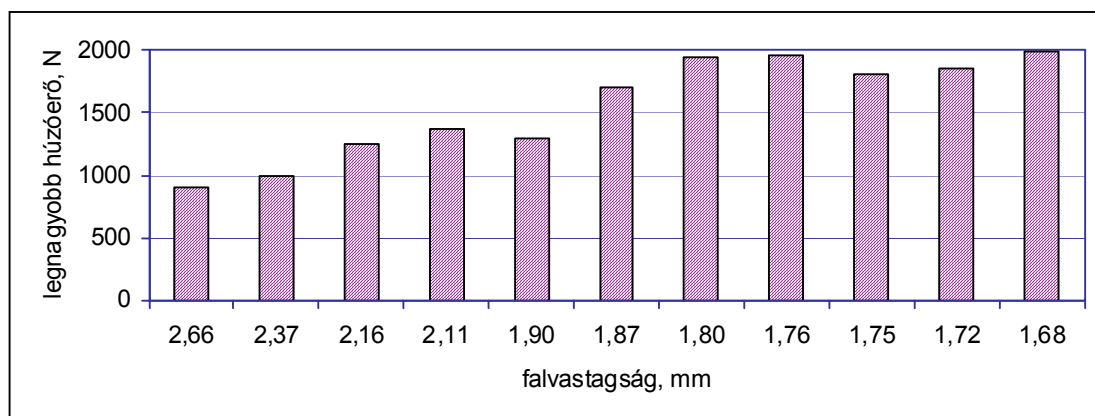
A *Lignoflexből* sajtolás után készített metszetek felülete mikroszkópos felvételeken elég heterogénnek mutatkozott. Egyes helyeken feldúsultak a farostok, másutt a PET szálak voltak túlsúlyban. A mátrix eloszlása is egyenetlen volt, és levegőzárványokat is találtak benne.

Maga a formára sajtolás két fázisból áll: az első az alakadás/tömörítés, a második a kikeményedés. Az alakadás nagyon rövid idő alatt megy végbe, ezalatt az anyag nem tud felmelegedni, tulajdonságai emiatt nem változnak meg, és a térhálósodás sem kezdődhet el. Nem tudták azonban, hogy milyen hatása lehet a tömörítésnek. Ezért hőhatás nélkül nyomták össze az anyagot, amely a nyomás megszűnése után nem nyerte

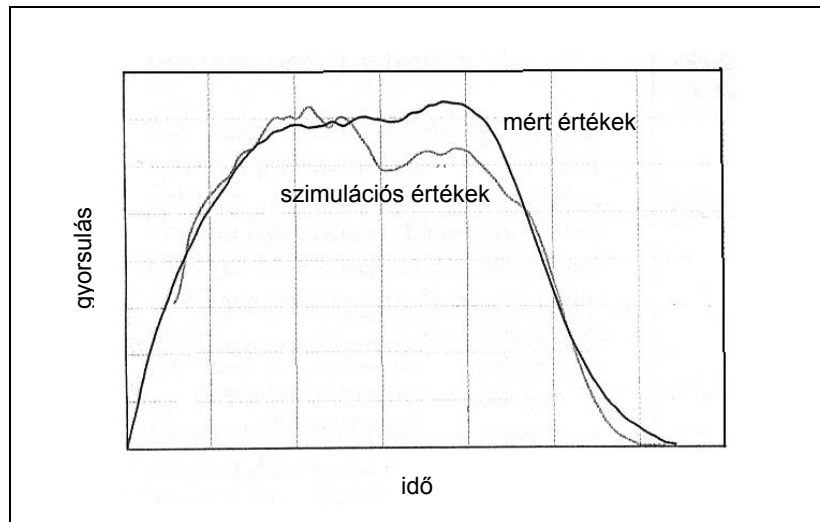
viszsa teljesen eredeti alakját. Az így kapott térhálósítatlan próbatetek merevsége és ütésállósága nem különbözött lényegesen a félkész termékétől, tehát a tömörítés nincs hatással a mechanikai szilárdságra. Feltehető tehát, hogy a formázás/tömörítés szakaszában az anyag mechanikai tulajdonságai nem változnak. Ez fontos felismerés egy későbbi szimulációs program elkészítése szempontjából.

Sajtoló lapokból kivágott próbatetekeken húzó- és ütővizsgálatokat végeztek. Ezek húzómodulusa 3–4 GPa körül volt, ami megfelel a 10% üvegszálat vagy 40% talkumot tartalmazó polipropilénének. Hasonló volt a húzószilárdság és az ütésállóság értéke is. A *Lignoflex* próbatetekeken mért értékeken észlelhető volt az anizotrópia (a hosszirányban kivágott próbateteknek jobb a mechanikai tulajdonságai, mint a keresztben kivágottakénak), ami a félkész termék gyártástechnológiájából eredeztethető. Kisebb ütésállóságot mértek, ha a próbateteket a PET fátyol felől ütötték meg, és nagyobbat, ha a fátyol a próbatetek hátsó oldalán volt. Az 1. ábrán az látható, hogy hogyan hat a tömörítés a mechanikai tulajdonságokra. Ha kicsi a nyomás (gyenge a tömörítés; vastagabb a termék fala), könnyen törik a termék. Ez gyakran előfordul, ha a darabon ki-nyúló bordák vagy ún. kupolák vannak. A kapott eredmények alkalmasak arra, hogy a félkész termék adatlapjának alapját képezzék.

Az autógyártásban használt szimulációs programok fontos része annak vizsgálata, hogy hogyan viselkednek az utastérbe beépített anyagok ütközéskor. A fejmagaságban beépített anyagoknak a fejvel való nagy sebességű ütközéskor nagyon gyorsan kell megnyúlniuk és az ütési energiát elnyelniük, hogy a fej vissza ne pattanjon róluk. Ennek vizsgálatára félgömb alakú próbateteket sajtoltak *Lignoflexből*, és azokat gömb végű ingás kalapáccsal ütötték meg. A gömbbe gyorsulásmérőt építettek. A mért eredményeket a gépkocsigyártásban használt *Pamcrash* szimulációs programmal számított eredményekkel hasonlították össze. A gyorsulás időfüggésének hasonlóságát a 2. ábra görbéi mutatják. A valódi próbatest és a szimulált próbatest deformációja is hasonló volt.



1. ábra Hosszirányban kivágott próbatetek törésekor mért legnagyobb húzóerők a tömörítés (falvastagság) függvényében



2.ábra A *Lignoflex* próbatestenen mért és szimulációs programmal számított gyorsulások ütközéskor az idő függvényében

A konstrukciós katalógus és a felépítési irányelvek kidolgozásához a továbbiakban össze fogják gyűjteni a kvalifikált gyártók ismereteit és tapasztalatait, amivel *egy széles adatbázisra tesznek szert*. Az adatok rendszerezése után a „fehér foltokat” fontossági sorrendben saját kísérletekkel próbálják majd kitölteni. A tervezési folyamat eljárás módjának leírásában és az adatok megjelenítésében az általános műanyagtechnika számára már évekkel ezelőtt kifejlesztett javaslatokat fogják követni. Összefoglalva, a katalógusokban a következő témaköröket kell kidolgozni vagy legalábbis érinteni:

- formaadás,
- merevítés,
- kötés,
- kivágás,
- funkciók integrálása,
- kasírozás,
- szétszerelés/újrahasznosítás.

Ezek közül jelenleg a formaadás és a szerkesztési szabályok állnak előtérben. A készülő katalógus egy részletében máris összegyűjtötték néhány hőre keményedő félkész termék anyagtulajdonságait és feldolgozási paramétereit, egy másik részletben pedig a sajtolt termék merevítésére adnak megoldási javaslatokat. Közöttük vannak az alapformára vonatkozók (pl. a fal megvastagítása teljes felületében vagy bordaszerűen egy adott helyen; kupola vagy kinyúló borda kialakítása; kiöblösödő részek beillesztése) és utólagosan beépítendő (merőlegesen vagy átlósan elhelyezett bordák, érzékeny felületekre ragasztott lapok; alkalmas módon elhelyezett funkció elemek).

A szerkesztési irányelvekben szerepelnek olyan jó tanácsok, hogy a gyártandó termék falvastagsága lehetőség szerint legyen egyenletes, a falvastagság feleljen meg a

félkész termék felülettömegének, a sajtolás maximális mélysége (a termék maximális magassága) ne lépje túl az alapanyag és a technológia által meghatározott értéket, a forma ferdesége legyen optimális, a formában ne legyenek hátrametszések (mert ezeket csak nagyon költséges szerszámban lehet megvalósítani). Ezeket az elveket nem lehet számszerűsíteni, mert minden anyagra más értékek érvényesek, és minden üzemben az anyagon kívül az ott alkalmazott technológiától is függenek.

A munkacsoport tagjai úgy vélik, hogy a készülő katalógus fontos információforrása lesz azoknak a tervezőknek, akik természetes szállal erősített műanyagok feldolgozására szánják el magukat. Hosszabb távon azonban azt remélik, hogy a katalógusok szemléletmódja más szerkezeti anyagok feldolgozásában is elterjed, és a tervezők/szerkesztők kevésbé fognak idegenkedni az új anyagok felhasználásától. Így pl. a növényi szállal erősített anyagok sajtolása után esetleg megpróbálkoznak ezek fröccsöntésével is.

Összeállította: Pál Károlyné

Becker, U.: Technologie konsolidiert sich = Kunststoffe, 97. k. 12. sz. 2007. p. 70–72.

Baur, E.; Graupner, N. stb.: Formpressteile aus naturfaserverstärkten Kunststoffen = Kunststoffe, 99. k. 3. sz. 2009. p. 36-43.