

Új, habosított termékek előállítása fúvással: a Foamcore technológia

A habosítási technológiák fejlesztésekor eddig elsősorban a termékek tömegének csökkentése volt a fő cél, azonban egy új technológia, a Foamcore további előnyöket is kínál. Nagyobb hajlítószilárdság, hatékonyabb hang- és hőszigetelés érhető el a habosított termékeknél a hagyományos, tömör fújt termékekhez képest.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrúziós fúvás; habosítás; tömegcsökkentés; logisztika; új technológia.

A logisztika különösen igényli a lehető legnagyobb mértékű tömegcsökkentést, hogy javítani lehessen a szállító járművek teljesítményét. A JSP (Pittsburgh, Pennsylvania, USA) egy olyan fúvási eljárást fejlesztett ki, amely a hagyományos fúvást egy fröccsöntött részecskehab maggal kombinálja. Ez a *Foamcore*-nak nevezett eljárás a tradicionális fúvóberendezést egy részecskehab töltőegységgel egészíti ki, ezáltal a fújt termékek, alkatrészek szilárd habmaggal állíthatók elő.

A JSP *Foamcore* technológia egyszerűsíti a terméktervezést, növeli a szilárdság/tömeg arányt és csökkenti a végtermék tömegét, miközben (kisebb módosítással) továbbra is használhatók a meglévő szerszámok. Többféle polimer is feldolgozható, köztük polipropilén, polietilén, polisztirol, akár külső réteggént, akár maganyagként.

Bevezetés

A hagyományos extrúziós fúvás az előforma extrudálásával kezdődik, amely két szerszámfél közé kerül. Ezután a szerszámfelek záródnak, majd egy vagy két fúvótüskén keresztül levegőt fújnak az előformába (a szerszám kiválasztott pontjain külső vákuumrásegítéssel), amely felveszi az üreg alakját. Néhány esetben (szerkezeti alkatrészekhez) mozgó csúszkákat használnak a belső bordák kialakításához, amelyek szerkezeti megerősítik az alkatrészt. Ezalatt a műanyag lehül és megszilárdul, majd a szerszám nyit és a termék kilökődik.

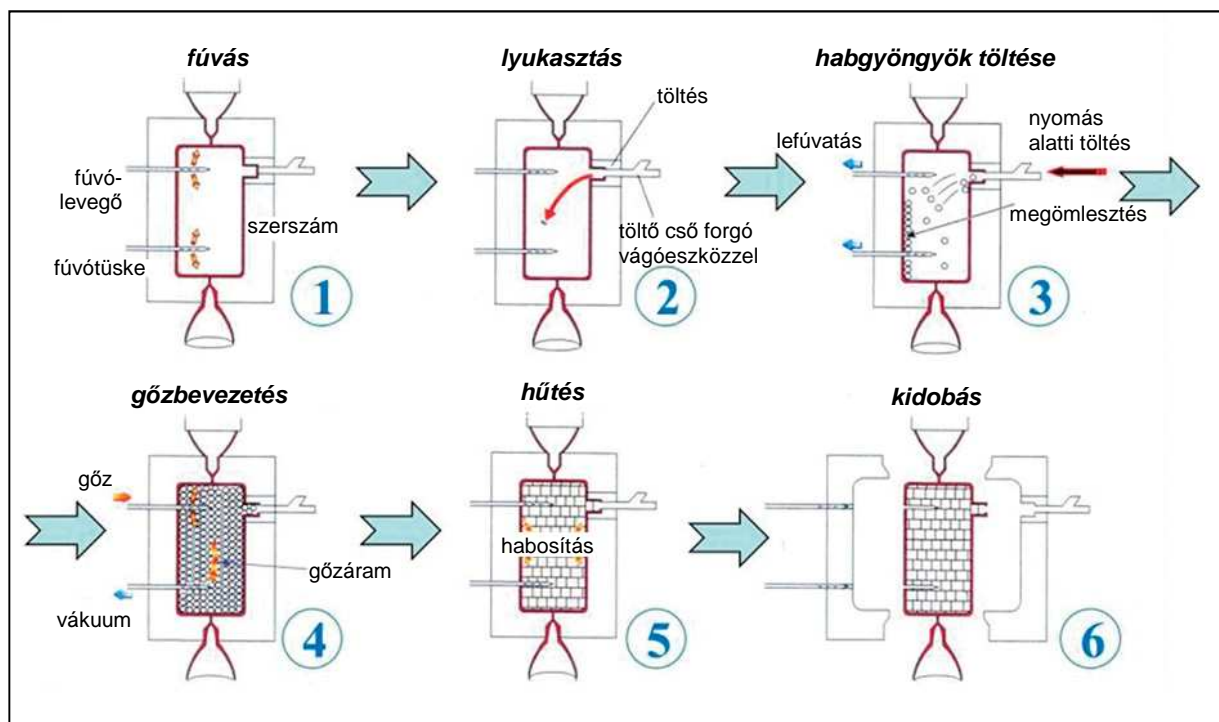
Fúvással egyrétegű vagy többretegű termékek állíthatók elő, illetve különböző keverékek is kombinálhatók. Szerkezeti elemek fúvásakor általában egy réteget alkalmaznak. A fújt alkatrész megfelelő szerkezeti merevségének kialakításához az előforma vastagsága szabályozható, ez plusz megerősítést nyújt. Töltőanyagok szintén használhatók. Számos PP vagy PE (köztük PE-HD, PE-HMW és PE-UHMW) fújt

szerkezeti termékhez üvegszál vagy más ásványi töltőanyag (pl. talkum) is adagolható, hogy különböző szintű szerkezeti megerősítést lehessen elérni.

Technológiai áttekintés

A *Foamcore* eljárás a hagyományos extrúziós fúvás akkumulátoros (ömledék-tárolós) változatát használja az előforma előállításához. A *Foamcore* a szerszám zárásakor és az előforma fúvásakor kapcsolódik a rendszerhez. Az alaplépések a következők: (1) fúvás, (2) átszúrás, (3) habgyöngy betöltése, (4) gőzbevezetés, (5) hűtés, (6) kidobás.

Az 1. ábra bemutatja a *Foamcore* eljárás lépéseit. Az összes lépés standard fúvószerkezettel és nyomáskialakítással, standard fúvási célú polimerekkel (PS, töltött és töltetlen PP, PE) végrehajtható. Ezek a műanyagok a hagyományos fújt termékeknél a külső réteget alkotják, ezért a belső üreget habosított polisztirollal (EPS), habosított polipropilénnel (EPP) vagy habosított polietilénnel (EPE) töltik fel. Az EPS, EPP vagy EPE alkotja a habmagot és szerkezeti megerősítést nyújt a végterméknek.



1. ábra. A *Foamcore* technológia lépései

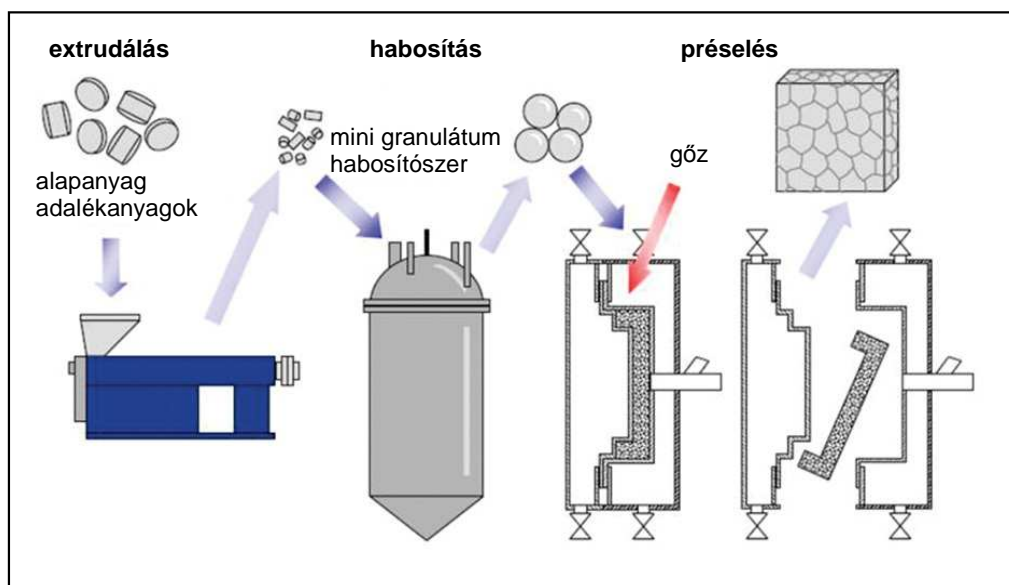
A *JSP Foamcore* technológiája egyedi hibrid kombinációja a hagyományos fúvásnak és a gőzzel végzett hagyományos részecskehabosításnak. A két technológia kombinálásával sokkal könnyebb, jobb hő- és hangszigetelésű szerkezeti termékeket

lehet gyártani. Az alkalmazási területek közé tartozik a szállítás (autók, mezőgazdasági gépek, repülőgépek), építőipar, sporteszközök és olyan tradicionális fűjt termékek, amelyeknél szükség van plusz szerkezeti megerősítésre. További haszon még az egyszerű terméktervezés (nincs szükség bonyolult bordákra), a költségcsökkentés, a tömegcsökkentés (a szerkezeti mag megengedi a vékonyabb külső réteget), a szigetelés és az akusztikus előnyök. A szerkezeti megerősítés a részecskehab sűrűségének növelésével vagy csökkentésével optimalizálható. A *hab sűrűsége 30 kg/m³-tól 225 kg/m³-ig terjedhet.*

Részecskehabok

A formázott részecskehabok négy fő kategóriára oszthatók: (1) polisztirol-alapúak (EPS), (2) polipropilének (EPP), (3) polietilének (EPE vagy xEPE), (4) kopolimerek vagy interpolimerek (PS/PE, PS/PP, PP/PPO, SAN). Az újabb típusok közé tartoznak pl. a TPU-ból, PLA-ból, PHA-ból és PBS-ből készültek, illetve egyéb műanyagok és keverékek, amelyeknek használata az áruk és alkalmazhatóságuk miatt korlátozott.

A legtöbb PS részecskehabot vagy sztirolalapú részecskehab-keveréket szuszpenziós polimerizációval állítják elő, amelyek habosításához illékony szerves vegyületeket (VOC) használnak, mint pl. a pentán és/vagy a bután. A JSP az összes poliolefinhab termékét inert gázzal, szakaszos habosítási eljárással készíti. A 2. ábra a poliolefin részecskehabok gyártási lépéseit mutatja.



2. ábra. A poliolefin részecskehabok gyártási lépései

Gyártási folyamat

A JSP *Foamcore* eljárása standard fúvóberendezést és standard szerszámokat használ, amelyeket módosítottak a részecskehab betöltéséhez és a gőz fúvásához. A szerszámon egy vagy több töltőcsővel (töltőpisztoly) több levegő-, gőz-, vákuumszondát (A/S/V szonda) helyeztek el. Mind a töltőcsövek, mind a szondák az előformán keresztül benyomhatók a fúvószerszámba és vissza is húzhatók.

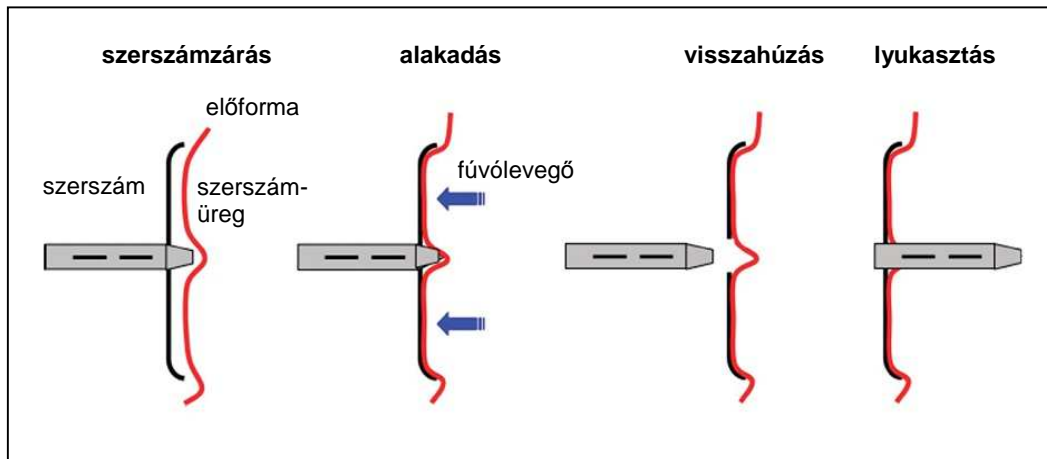
A fúvószerszám módosításán kívül szükség van még egy másik berendezésre is, hogy a részecskehab szerszámüregbe töltése és gőzölése megfelelő módon történjen. Ez a berendezés egy túlnyomásos részecskehab-betöltőtől rendszerből (4 bar nyomásra képes), valamint gőz- (4 bar nyomásra képes), levegő- (6 bar nyomásra képes) és vákuumforrásból áll.

A JSP egy önállóan működő *Foamcore* egységet fejlesztett ki független részecskehabtöltő és A/S/V rendszerrel, különálló vezérlő logikai hálózattal, amely képes a standard fúvógépek vezérlésére is. Ez az egység hordozható, így szükség esetén más fúvógépekbe is integrálható.

A technológiához használt töltőcső egyedi megoldású, speciális tervezésének köszönhetően az előformán keresztüli vágással (forgó vágó fej/kés) kombinálva, így a töltőcső fúvókája áthatol az előformán és részecskehabbal tölti meg a szerszámüregét. A töltés során a fúvóka benyomódik a szerszámba a kiindulási helyzetből, miközben a részecskehab belövell a szerszámüregbe és kitölti azt. Ezután a fúvóka visszatér a kiindulási vagy „zárt” helyzetbe, és ebben a pozícióban marad a ciklus további lépései során.

Az A/S/V szondák lényegében üreges, mozgatható, többfunkciós vezérlőelemek, amelyek a levegőt és a gőzt szállítják, illetve vákuumot hoznak létre (függetlenül egymástól, ha szükséges). A vezérlőrendszer az összes szonda független vezérlését biztosítja. Az A/S/V szondáknak három feladata van. Az első, hogy levegőt szállítanak a szerszámüregbe a fúváshoz és az előforma alakadásához, fenntartva a szerszámnyomást. A második, hogy a szükséges gőzt a szerszámüregbe vezessék, amely „egybeolvasztja” a habrészecskéket. A harmadik, hogy vákuumot képezzenek a gőzkondenzátum eltávolításához a gőzöléses lépés alatt és után. A szondák képesek a vákuumot a hűtés során is fenntartani, eltávolítva a hőfelesleget a belső részből, így csökkentik a hűtés és – lehetőség szerint – a ciklus időtartamát. Mindegyik szonda 0,5–1,0 liter gőzt tud szállítani. A vastagságtól és a geometriától függően a szerszámba 100–200 mm-ig hatolnak be. A legtöbb esetben a termék alakja és jellemzői határozzák meg az A/S/V szondák elhelyezését.

A 3. ábra mutatja az A/S/V szondák működését, ez az ábrán látható módon jellemzően négy lépésből áll. A szonda fúvókáinak alakja lehet lapos, kúpos vagy háromszögletű, mindegyik sajátos előnnyel jár. A tervezéstől függetlenül a fúvóka alakjának olyannak kell lenni, hogy az előforma megfelelő átlukasztását a szerszámüregben biztosítani tudja.



3. ábra Az A/S/V szondák működése

A *Foamcore* technológia lépései a következők:

- Előforma extrudálása.
- Szerszám zárása.
- Fúvótüske behelyezése.
- Szerszám ~5 bar nyomás alá helyezése (külső vákuummal, ha szükséges).
- Szerszámnyomás csökkentése 0 bar-ra.
- A/S/V szondák beillesztése.
- Töltőcső beillesztése és lyukak vágása.
- Töltés ~1-3 bar-ral (~10-20 s, A/S/V szondák nyitottak a levegő kieresztése miatt).
- Visszafúvás (többlet habgyöngyök visszafúvása a garatba).
- Gőzölés lépései:
 - a) az A/S/V szondák egyik felének aktiválása gőzzel (~10 másodperc), a másik felének aktiválása vákuummal (~5–10 másodperc),
 - b) flip-flop (ellenkező A/S/V művelet): A/S/V szondák második felének aktiválása gőzzel (~5–10 s), az első felének aktiválása vákuummal (~5–10 s),
 - c) az összes A/S/V szonda gőzöl vákuum nélkül (~5–10 s).
- Gőzölés leállítása, vákuum aktiválása.
- Hűtés: vákuum megszüntetése a hűtési lépés alatt.
- Hűtés vége: összes A/S/V szonda visszahúzása.
- Szerszám nyitása és termék elvétele.

A *Foamcore* technológia ciklusideje hasonló a standard fúváséhoz. Bár a részecskeháb adagolása hozzáadódik a szerszám hűtése során a hőterheléshez, az A/S/V szondák használata, és az, hogy képesek fenntartani a belső vákuumot a hűtési lépésben, ellenkező irányú hatást vált ki a teljes hőterhelésben.

Foamcore terméktervezés

A hagyományosan fújt termék *Foamcore* terméké váló átalakításakor fontos figyelembe venni a kialakítást és a funkcionalitást. A fúvószerszám egyik oldalát módosítani kell a töltőcsövek és az A/S/V szondák elhelyezése miatt. Általában azt az oldalát módosítják, amellyel a végtermék nem látható része érintkezik (pl. padló vagy autóülés háttámlájának hátoldala).

Azért, hogy a *Foamcore* előnyeit érvényesíteni lehessen, fontos tervezési követelményeket felállítani. A külső réteg és a habmag anyagainak kézenfekvő kiválasztásán kívül, a *Foamcore* technológia az *1. táblázatban* látható tervezési szempontok figyelembevételével optimalizálható.

A Foamcore technológia előnyei

A jelentős tömegcsökkentésen és szerkezeti megerősítésen kívül, a *Foamcore* technológiával készült termékeknek számos előnye van. Ezek közé tartozik az *akusztikus teljesítmény, a hajlítószilárdság és a hőszigetelés*. Az akusztikai előnyök abból a tényből származnak, hogy a hagyományos fújt termékek üregesek, rezonálják a hangot és sokszor felerősítik, ezért szükség van zajcsökkentésre és egy második hangzáró rétegre vagy más zajcsökkentési megoldásra. A *Foamcore* termékekben a belső habmag elnyeli a hangot, valamint csillapítja és izolálja a hangenergiát, megelőzve, hogy áthaladjon a terméken. Ez különösen hasznos az autóiipari és vasúti alkatrészekben, mint pl. az ülések háttámláiban, a padlózatban és más szerkezeti elemekben.

A habmag hajlítószilárdsága szintén fontos jellemző. A hab csökkenti a termék hajlíthatóságát. A *Foamcore* technológiával elérhető javulás – az alkalmazott erőtől függően – 2–10-szeres lehet a hagyományos fúváshoz képest. Természetesen, a teljesítmény tovább optimalizálható a külső réteg vastagságának és a hab sűrűségének változtatásával.

A részecskehab jó hőszigetelési tulajdonságokkal rendelkezik. Optimális habsűrűséggel specifikus szigetelési értékek érhetők el az anyag hővezetése alapján. A javulás közel négyszeres is lehet a hagyományosan fújt termékhez képest. Ez a tulajdonság jól kihasználható a szállításban használt komponensekben, az autóiipari, vasúti vagy repülőgépipari alkalmazásokban. Nincs szükség másodlagos szigetelésre, amely növeli a költségeket és a tömeget.

Logisztikai alkalmazások

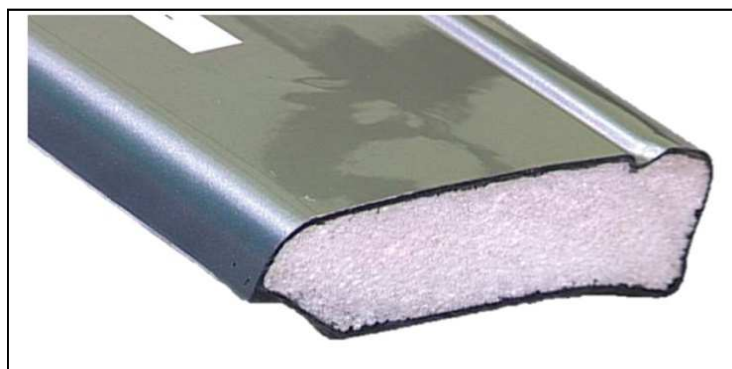
A *Foamcore* technológia alkalmazásának a szállításban nagyon sok előnye van. Fontos kiemelni a tömegcsökkentést, a termék megerősítését, a szerkezetben bekövetkező javulásokat, a terméktervezés egyszerűsödését, a további szerelési lépések csökkenését, a jobb hőszigetelést és akusztikus tulajdonságokat.

A *Foamcore* terméktervezés szempontjai (PP külső réteg, EPP mag)

Hab (mag) sűrűség, g/l	>30
Külső réteg vastagsága, mm	1,5–3,5
Termék vastagsága, mm	20–80
Termék max. mérete, mm	1500 x 2000
Max. sugár a körvonalnál, mm	R5
Más alak	Ugyanaz, mint a hagyományos fúvásnál
Zsugorodási arány	~17/1000 (30 g/l mag sűrűségénél)

A fenti előnyök kombinálása költségcsökkentést eredményez. Az alkalmazási igényektől függően, a *Foamcore* optimalizálható tervezési megoldásokat kínál, miközben megmaradnak az eredeti termékkialakítások. Lehetőség van rögzítőelemek, kapcsok behelyezésére szőnyegek vagy más burkolatok előállításánál, ugyanúgy, mint a hagyományos fúvásnál.

A szerkezeti paneleknél (pl. ülés háttámla, padlózat) az ütésállósági és szerkezeti tulajdonságok kombinálhatók. Lökéshárítónál a PP fedőréteg és az EPP mag optimális ütésállóságot nyújt és energiaelnyelő (4. ábra). A külső réteg vastagságának és a hab sűrűségének kombinációjával megvalósíthatók a tömegcsökkentési és ütésállósági célok.



4. ábra Foamcore technológiával gyártott teherautó-lökésgátló keresztmetszete

Jövőbeni fejlesztések és új anyagok

A JSP *Foamcore* technológiája számos anyagot használ. A fúvási célú polimerek különböző adalékanyagokat (égésgátlók, színezékek, antisztatikumok stb.) tartalmazhatnak adott alkalmazásokhoz. A részecskehabok, mint pl. az EPP, égésgátolt

változatát a repülőgépiparban és a vasúti szállításban használják, ahol szigorú éghetőségi követelményeknek kell megfelelni.

A *Foamcore* további előnyei közé tartozik a *habosított részecskék zárt cellás természete*, amely vízálló megoldásoknál használható ki, mivel a hagyományos fűjt termékek külső felülete hajlamos tönkremenni vizes környezetben.

A *Foamcore* technológia könnyedén adaptálható a meglévő fúvóeljárásokba, szerszámokhoz és berendezésekhez, így a meglévő termékkialakítás mind teljesítmény, mind tömegcsökkentés szempontjából optimalizálható. További lehetőséggel kecsegtet a külső réteg vastagságának és a hab sűrűségének igényekhez igazítása is.

Visszaforgatás és fenntarthatóság

Ideális esetben a *Foamcore* eljárásban a PP külső réteg EPP részecskehabbal, a PE (PE-HD vagy PE-UHM) külső rész EPE habbal és a PS külső réteg EPS hab belső maggal társul, így ezek visszaforgatása megvalósítható. Mivel a részecskehab szorosan kötődik a külső részhez, a vágott hulladéknál együtt marad ezzel a réteggel. A külső rész és a mag alapanyaga azonos, ezért kompatibilis egymással, így jellemzőik is hasonlóak. Az általában használt ciklonos szeparátor alkalmas lehet a részecskehab külső rétegtől való elválasztására az üzemen belüli reciklálórendszerekben.

A *Foamcore* technológiával készült termékek az azonos alapanyagok (PS, PP és PE alapúak) miatt 100%-ban reciklálhatók, és azonos végtermékből származó, illetve gyártásközi hulladékkal együtt újrafeldolgozhatók. A *Foamcore* alkatrészeket a gépjármű élettartamának végén is lehetséges újrahasznosítani.

Az EPP ökopontenciáljának méréséhez egy autóülés habmagjának részletes életciklus-analízist végeztek el. Az EPP környezeti előny/hatás aránya 12:1-nek adódott, ami a korábbi alkalmazási megoldásokhoz képest jelentős üzemanyag-megtakarítást és CO₂ kibocsátás csökkenést jelent az akár 35%-os tömegcsökkentésnek köszönhetően.

Összefoglalás

A fentiekben leírt *Foamcore* technológia a hagyományos fűjt termékekhez képest újszerű megoldással csökkenti a termékek tömegét. Számos előnnyel rendelkezik, a habmag sűrűségének és a keresztmetszeti vastagságnak optimalizálási lehetősége pedig ezt az eljárást nagyon rugalmassá és könnyen alkalmazhatóvá teszi számos alkalmazási területen. A részecskehab alapanyagai ugyanakkor világszerte könnyen hozzáférhetők. A *Foamcore* technológia egyszerűsíti az összeszerelést és a szerkezeti komponensek beépítését is.

Összeállította: dr. Lehoczki László

Sopher, S. R.: Foamcore blow-molded structural components for transportation application = *Plastics Engineering*, 71 k. 9. sz. 2015. p. 50–58.