

Mikropórusos belső szerkezetű termékek fröccsöntése

A műanyagtermékek belső rétegének felhabosításával azok könnyebbek lesznek, és számos más tulajdonságuk is előnyösen változik. A fröccsöntésben a mag habosítására legszélesebb körben a MuCell eljárás terjedt el, amelynek számos előnye mellett hátránya, hogy nem ad szép felületű darabot. Ezt részben alkalmas alapanyagokkal, részben pedig más technológiákkal kombinálva, pl. gázellennyomással lehet kivédeni. A mag habosítására újabb technológiák is születnek.

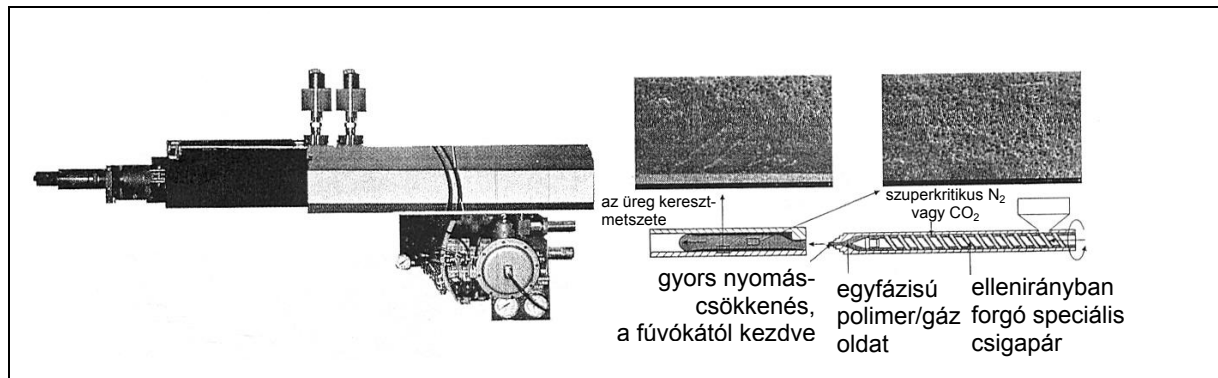
Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; habosítás; MuCell eljárás; gázellennyomós fröccsöntés; Smart Foam.

A polimerekből szinte első megjelenésük óta készítenek habokat, mert erre különösen alkalmasak, a habosítás által pedig alapanyagot takarítanak meg, csökken a termék tömege, a pórusos szerkezet következtében pedig különleges tulajdonságai támadnak. A műanyag-feldolgozás egyik legfontosabb eljárásában, a fröccsöntésben is már az 1960-as évek óta próbálkoznak azzal, hogy a *termékek belső magját habosítsák*. Erre a célra széles körben terjedt el a **Trexel Inc.** (Woburn, MA, USA) számos szabadalommal védett *MuCell* eljárása. Lényege, hogy a fröccsöntő gép hengerének utolsó zónájában nyomás alatt szuperkritikus gázzal (CO₂, N₂) telítik az ömledéket, amely a szerszámba jutva a hideg szerszámfelületen lehűlve megdermed és a nyomás hatására tömörödik, belső részében a kitáguló gáz buborékokat képez, és a termék magja lehűlés után mikropórusos szerkezetű marad. Az eljárás vázlatát az *1. ábra* mutatja. A fröccsöntött darab tömege 8–12%-kal, ciklusideje 25%-kal csökkenhet. Előnye, hogy kisebb záróerővel lehet dolgozni, azaz kisebb feldolgozógépen lehet ugyanazt a méretű terméket gyártani; továbbá az ömledékben feloldódó gáz csökkenti a viszkozitást, javítja a folyóképességet. Az eljárás első változatának hátránya volt azonban, hogy a fröccsöntött darabok felülete nem volt olyan egyenletes, mint a tömör daraboké, ezért csak nem látható alkatrészeket lehetett vele készíteni. Ezt a hibát részben megfelelő anyagok kifejlesztésével, részben más cégekkel összefogva, technológiai módosításokkal küszöbölték ki.

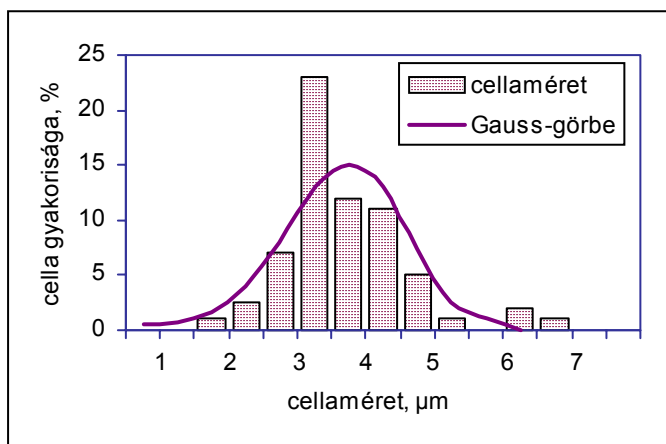
Poliamidok a MuCell eljáráshoz

Az autógyártásban kedvelik a poliamidot, szívesen alkalmazzák a *MuCell* eljárást, mert a szerszámban uralkodó nyomás miatt beszívódásmentes darabokat tudnak

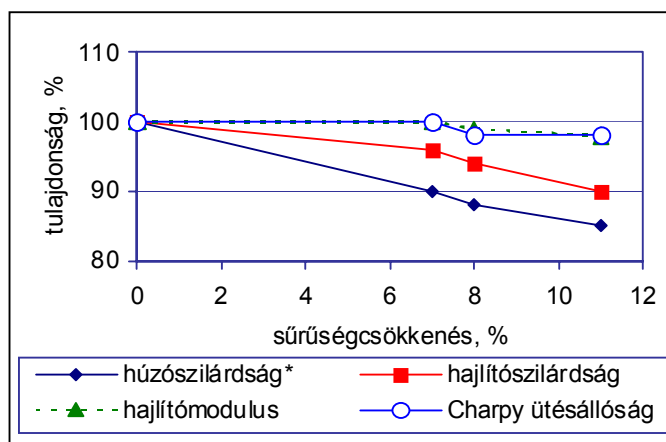
általával előállítani, de ragaszkodnak a kifogástalan minőségű felülethez. A **Rhodia Engineering Plastics** ezért a **Trexel** céggel együttműködve olyan üvegszálaspolyamid 6 és 66 típusokat fejlesztett ki, amelyek *MuCell* eljárással feldolgozva is szép felületű és homogén habszerkezetű terméket adnak (2. ábra). Hengerfejet, szívócsövet, borítást fröccsöntenek belőle.



1. ábra A MuCell eljárás vázlata: gyártóegység, habosítás és változó habszerkezet a szerszámban



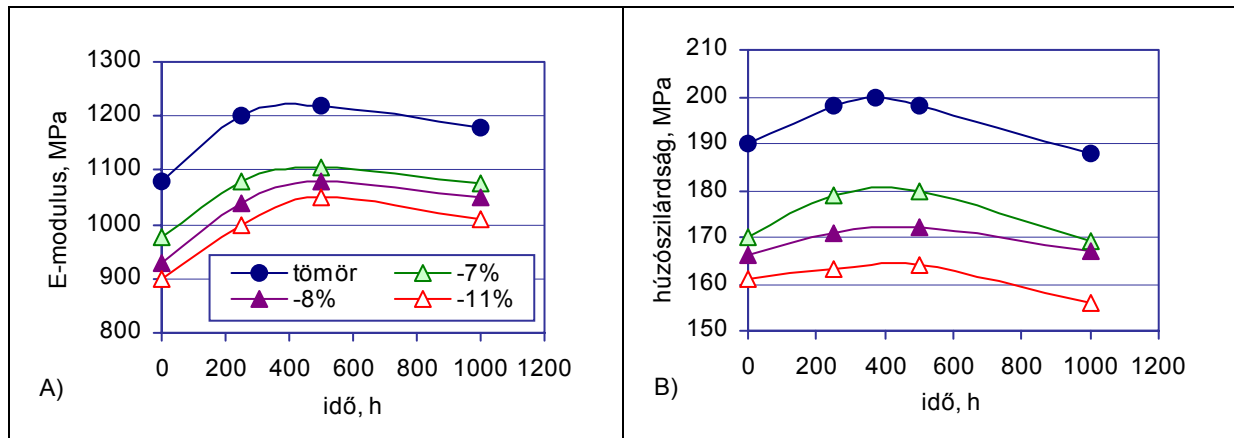
2. ábra
A PA66-GF35 típusú polimerből MuCell eljárással készített próbatestek cellaméret-eloszlása



3. ábra
A PA66-GF35 típusú polimer mechanikai tulajdonságainak változása a próbatest sűrűségcsökkenésének függvényében (* és húzómodulus)

A *Technyl Xcell A 218 V 35* jelzésű PA66-GF35 és a *Technyl Xcell S 218 V35* jelzésű polimer mechanikai tulajdonságait kifejezetten a jó hatásfokkal végezhető habosításhoz alakították ki, de mindkét polimer „közönséges” poliamidként viselkedik a hagyományos fröccsöntéskor. A habosított anyag húzó és hajlító igénybevételkor mutatott mechanikai tulajdonságai kissé csökkennek, a hajlítómodulus és a hornyolt próbatesten mért ütésállóság gyakorlatilag változatlan (3. ábra).

Az autóiipari alkatrészeknek el kell viselniük egy 500–3000 órás öregítési vizsgálatot. A 4. ábrából látható, hogy az öregítés hatására a mechanikai tulajdonságok nem romlanak.



4. ábra A PA66-GF35 poliamidból készített próbatestek E-modulusa A) és húzószilárdsága B) az öregítés időtartamának és a habosított próbatestek sűrűségcsökkenésének függvényében

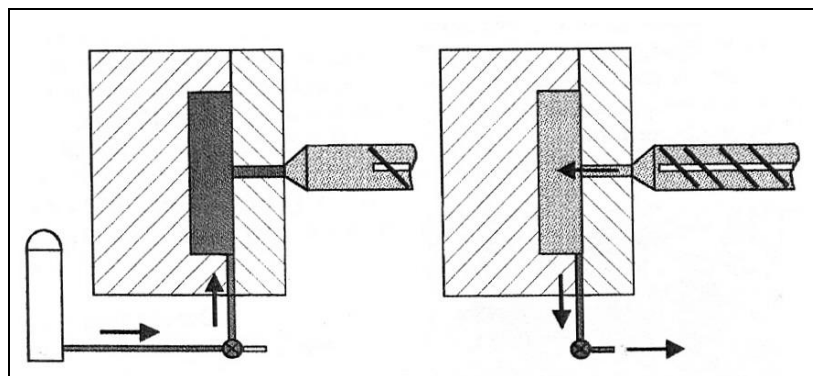
Az együttműködés eredményeképpen a *MuCell* eljárást már nem csak hátsó oldalra fröccsöntött műanyagokhoz, kasírozott vagy lakkozott elemekhez tudják használni, hanem az autógyártás számára kikészítés nélkül is elfogadható gépkocsielemeket is tudnak gyártani ezzel a feldolgozási módszerrel.

A *MuCell* eljárás kombinálása más feldolgozó eljárásokkal

A habosított belső szerkezetű formadarabok általános hibája a felület optikailag nem kielégítő volta. Az ilyen felületen jellegzetesek az örvény formájú folyási vonalak, amelyek úgy keletkeznek, hogy a szerszámfalán már megtapadt és részlegesen megszilárdult ömledék nyíróhatása felszakítja a még áramló ömledékfrontban sodródó buborékokat, a belőlük kiszabaduló gáz a félig megszilárdult és a még áramló rétegek közé szorul, és ezáltal alakul ki a furcsa felület. A **Trexel** cég több feldolgozóval együttműködve próbálta ezt a hibát kiküszöbölni. Ilyen együttműködés eredményeképpen mutatott be egy módosított technológiát a cég a K'2004-en, amelyben a japán

Ono Sangio cég *RHCM (rapid heat cycle moulding)* nevű eljárását használta fel. Ennek lényege, hogy a szerszám hőmérsékletét periódikusan változtatják a fröccsöntési ciklus alatt, és ezáltal nagyon jó felületi minőséget érnek el. Az eljárásról a *MISZ 2005/2*-es számában található részletesebb ismertetés.

A **Trexel** a közelmúltban az **Engel** céggel fogott össze, és annak gázellennyomásos fröccsöntő (*GGD, Gasgegendruck*) rendszerével próbálta a *MuCell* eljárást társítani. Itt abból indultak ki, hogy az ömledékfrontban lévő gáz felszabadulását akkor tudják megakadályozni, ha a szerszámtérben nagyobb a nyomás, mint az ömledék telítési nyomása. A befröccsöntés előtt ezért az ebben a lépésben tökéletesen záró szerszámot nagy – akár 80 bar – nyomású nitrogénnel vagy szárított levegővel töltik fel. Az ömledék ezzel a nyomással szemben tölti ki a szerszámüreget, miközben kiszorítja a gázt a térből (5. ábra). Az eredmény egy sima falú formadarab.



5. ábra A gázellennyomású fröccsöntéssel kombinált *MuCell* eljárás vázlatja:
első lépés (baloldalt): az üres szerszámokban gáznyomás létrehozása;
második lépés (jobb oldalt): az ömledék befröccsöntése a szerszámába, ahol
a gáznyomás a beömlési hosszától függően gyorsan lecsökken

Polikarbonátból ezzel a módszerrel átlátszó felületű darabokat állítottak elő; a felületi réteg vastagságát a feldolgozási paraméterek változtatásával célzottan tudták módosítani. A lézersugaras letapogatóval mért, eredetileg 23,11 μm -es felületi érdességet (R_z) a sűrűség 5,5%-os csökkentésével 0,85 μm -re mérsékeltek. A *GGD eljárásnak* azonban megvannak a maga korlátai. *Nagyon jó felületminőséget – anyagtól függetlenül – csak 10% körüli sűrűségcsökkentéssel kaptak.* A technológiához szükséges szerszám is bonyolult felépítésű, mert a ciklus első részében tökéletes tömítésre, a második részben viszont légtelenítésre van szükség.

A gázellennyomás nélkül fröccsöntött *MuCell* formadarabokban mindig éles a határ a mikropórusos mag és a tömör fedőréteg között. *A gázellennyomással készített darabokban a határ elmosódik, a pórusos szerkezet egészen a külső rétegeig terjed.* Ez annak köszönhető, hogy a szerszámüregekben lévő gáz nyomása az ömledékben lévő hajtógázt abban oldva tartja, nem engedi szabaddá válni, ezért a szélső rétegek is pórusossá válnak. A *GGD eljárás* előnye a hagyományos *MuCell* eljárással szemben nem csak az

esztétikusabb megjelenés, hanem a szakadási nyúlás növekedése is. Jól megfigyelhető volt ez a polikarbonát 5%-os sűrűségcsökkenéssel járó enyhe habosításakor: míg a korábbi *MuCell* eljárással fröccsöntött próbatestek a durva felület horonyhatása miatt általában ridegen törtek, nyúlásuk pedig a tömör PC szakadási nyúlásának mindössze 10%-át érte el, a *GGD eljárással* gyártott próbapálcáké a tömör pálcák 90%-a volt.

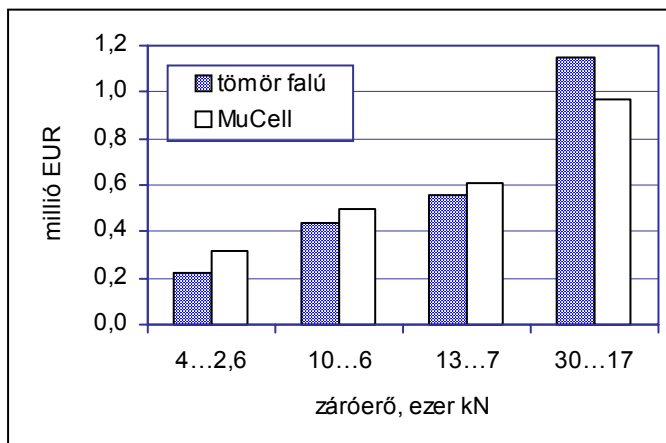
A gázellennyomás mellett az új eljárásban egy korábban már alkalmazott másik „trükköt” is bevezettek, a *szerszám ún. precíziós nyitását*. Miután a 160x20 mm alapterületű, 4 mm mély szerszámüreg megtelt ömledékkel, egy szerszamba beépített bélyeget 0,24 mm-rel visszahúztak. Az ömledék az így képződött teret is kitöltötte, ezáltal a 160x20x4,24 mm végső méretű próbapálca sűrűsége 6%-kal csökkent. Ezzel a „trükkel” bármilyen gyártási paraméterekkel elő tudtak állítani 6% sűrűségcsökkenésű próbatesteket, és egzakt módon tudták összehasonlítani az egyes paraméterek hatását a szerkezetre. Szembetűnő volt a gázellennyomással + precíziós szerszámnyitással készített darabok *finom pórusszerkezete*; a cellák átmérője nem haladta meg a 10 µm-t. A *MuCell + GGD technikával* készült darabokban hétszer, az eredeti *MuCell* eljárással készütekben nyolcszor nagyobbak voltak a cellák. A finom pórusszerkezet abból adódott, hogy a hirtelen térfogat-növekedéskor pillanatszerűen vált az ömledék hajtógázzal túltelítetté, ezért hirtelen lépett fel egy nagy gócsűrűség, ami nagyon kis pórusokat eredményezett. Elképzelhető egy nagyobb térfogatnövelés a szerszámnyitás előtt, ez nyilvánvalóan nagyobb pórusok képződésével járna – feltéve, hogy az ömledékben elég tartalékgáz volna oldva. Az eljárásban mindenesetre még nagy lehetőségek vannak, és nem elképzelhetetlen, hogy ilyen módon akár építőelemeket gyártsanak a könnyűszerkezetes építkezésekhez.

Mibe kerül a MuCell eljárás alkalmazása?

A habosítást – különösen a fizikai habosítást – alkalmazó fröccsöntés kisebb záróerejű gépet igényel, anyag- és ciklusidő-megtakarítással jár, kevesebb vetemedő darabot eredményez, mint a tömör falú termékek gyártása. A **Loadhog Ltd** (Sheffield, Egyesült Királyság) egy többször felhasználható, 1,2 m²-es rakodólapfedelelet 30 ezer kN-os fröccsöntő gépen tömör műanyagból gyártott. Újabban ugyanezt a darabot *MuCell* eljárással, PP-ből állítja elő egy 17 ezer kN-os gépen. *Jelenleg ez a világon legnagyobb ilyen technológiával gyártott formadarab*. A tömeg- és anyagmegtakarítás 11%, és a mikropórusos fedelek sokkal ritkábban vetemednek meg.

Egy fröccsöntő gép felszerelése a *MuCell* eljárás alkalmazásához szükséges elemekkel (különleges plasztikáló egység, a gép vezérlésének, hidraulikájának és adagolórendszerének átalakítása) természetesen pénzbe kerül, emellett ki kell fizetni az eljárás használatáért a licenccíjait. Magának a gázellátó rendszernek az ára megközelíti a fröccsöntő gépnek az árát. Ha ezeket a költségeket összevetik egy új, mindenféle „extra” nélküli alapgép árával, kiderül, hogy *egy 700 kN-os gép MuCell kiegészítései az alapgép árához képest 160%-os többletköltséget igényelnek, egy 2600 kN-os gépen a kiegészítések 80%-os, egy 5000 kN-oson 40%-os, egy 20 ezer kN-oson már csak 20% többletköltséggel járnak*.

Az előzetes gazdaságossági számításokban azonban azt is figyelembe kell venni, hogy a *Mucell* eljárásához kisebb záróerő (esetleg a tömör falú termékek gyártásához szükséges záróerő mindössze 40–50%-a) szükséges. A kisebb gép pedig kevesebbe kerül. Egy korábban 4000 kN-os gépen fröccsöntött darabot *MuCell* eljárással 2600 kN-os gépen kezdtek gyártani. Az új gépet a *MuCell* elemeken kívül gyorsfröccsöntésre alkalmas kiegészítéssel is ellátták. Így az új gép többbe került, mintha egy új 4000 kN-os alapgépet vettek volna. Hasonlóan járt az a feldolgozó is, aki egy 10 ezer kN-os gépről 6000 kN-osra tért át a habosítás bevezetésével. A már említett Loadhog cég ezzel szemben jól járt: a rakodólapfedelelet *MuCell* eljárással gyártó 17 ezer kN-os gyártóberendezés olcsóbb volt, mint egy 30 ezer tonnás alapgép (6. ábra).



6. ábra
Tömör fallal vagy *MuCell* eljárással gyártott hasonló termék előállításához szükséges gyártóberendezés beruházási költsége 45%-os záróerő-csökkenéssel számolva, az automatizálás, a temperálás vagy szárítás és a licenc költségei nélkül

A **Trexel** és az **Engel** cég az üzemeltetési költségeket is megbecsülte, és számításaik szerint a magas beruházási költségek ellenére egy *MuCell* eljárással gyártott formadarab mégis 5,8%-kal kevesebbe kerül a feldolgozónak, mint a tömör falú. A többletberuházás megtérülési idejét 2,25 évre becsülték.

Kiegészítő berendezés kisebb fröccsöntő gépekhez is

Az előzőekből kitűnt, hogy a *MuCell* technológiát elsősorban nagy fröccsgépeken célszerű alkalmazni, de a **Trexel** cég a kisebb feldolgozókat sem akarja kizárni. Ezért kifejlesztette a *MuCell System Series III* elnevezésű kiegészítő rendszert, amely utólag beépíthető a kisebb fröccsgépekbe, és amelynek ára is méltányos, 39–53 ezer EUR között van. Ez az összeg tartalmazza a hardvert, a beépítéshez szükséges elemeket és a használati jogot. A csomagot önállóan is forgalmazzák, de egyes gépgyártók, pl. az **Engel** és az **Arburg** kisebb gépeikbe eleve beépíthetik. Az Engel az ilyen gépeket a vásárlóknak kedvező ár/teljesítmény aránnyal fogja forgalmazni. A *Series III* egyik meghatározó eleme az elektromos pulzusokkal működő adagolórendszer. A korábbi *MuCell berendezéseken* levegőárammal működő folyamatos adagolórendszer volt, de ez nem elég pontos olyan csekély mennyiségek adagolására, amilyenekkel ezek a kis fröccsöntő gépek dolgoznak. A *MuCell* technológiával felszerelt kis gépek főképpen a villamos és elektronikai iparban lehetnek hasznosak, ahol a kisméretű da-

rabok gyártási ciklusideje 35%-kal is csökkenhet, és az eddiginél is könnyebbekké válhatnak.

Egy másik módszer: a Smart Foam

Az **Incoe** cég a **Stieler Kunststoff Service GmbH**-val közösen egy újabb eljárást fejlesztett ki habosított magvú fröccsöntött termékek gyártására. A **Smart Foam** eljárásban a külső rétegben egyáltalán nincs habosítószer, a belső mag ezzel szemben – a mikropórusos **MuCell** formadarabokéval ellentétben – makropórusos. A formadarabot egyetlen munkaművelettel, de három fázisban készítik el. Az első fázisban annyi habosítószer nélküli ömledéket fröccsentenek a szerszámüregbe, amely elegendő a felületi réteg kialakulására. A második lépésben a magnak szánt ömledéket lövik be (a folyékony habosítószert közvetlenül a fűtött ömledékcsatornába injektálják), a harmadik lépésben ismét tömör ömledékkel zárják be a felhabosodott magot. Habosítószerként nitrogént, szén-dioxidot vagy vizet használnak.

Az új eljárás bármilyen szokásos fröccsöntő gépen megvalósítható. A fűtött csatorna mechanikus vezérlését a **Stieler** cég folyékony hajtóanyagot adagoló szabályozó berendezése veszi át. A kisebb fröccsnyomás és a részleges szerszámkitöltés miatt a gyártáshoz kisebb záróerő szükséges, a habosodás következtében pedig kisebb a termék zsugorodása. A kevesebb ömledék rövidebb hűtési időt igényel. A darabokban csak mérsékelt belső feszültség marad, kisebb a vetemedés veszélye. A formadarabok könnyebbek, emellett merevebbek, mint a tömör darabok, amelyek hő- és hangszigetelése is kiváló.

Összeállította: Pál Károlyné

Zschau, A.; Seifert, H.; Schwitzer, K.: Oberflächen ohne Fehl und Tadel. = Kunststoffe, 97. k. 4. sz. 2007. p. 120–122.

Egger, P.; Fischer, M. stb.: Serienfeste Vielseitigkeit beim MuCell-Spritzgießen. = Kunststoffe, 96. k. 1. sz. 2007. p. 72–76.

Trexel launches Mucell for small machines. = European Plastics News, 34. k. 9. sz. 2007. p. 17.

Schaumkern mitgespritzt. = Kunststoff-Berater, 52. k. 11. sz. 2007. p. 36–37.

Röviden...

Az Austrotherm bővíti termelését Magyarországon

Az osztrák **Austrotherm** megnyitotta harmadik üzemét Szekszárdon. Évente 400 ezer m³ (8000 t) EPS-t fognak itt gyártani. Az Austrotherm 1991-ben Győrben, 2000-ben Gyöngyösön nyitott EPS gyártóüzemet. A cég összesen 12 országban – szinte valamennyi kelet-európai országban – van jelen, 16 termelőegységgel. Dolgozóinak létszáma 690 fő, 2007-ben 184 millió EUR árbevételt ért el.

KI-Informationen, 2008. október

O. S.

www.quattroplast.hu