

Hőformázás: fejlődik a technológia, bővül az alkalmazás

A hőformázó gépek gyártói új fejlesztéseket mutattak be. Ilyenek a gyártott termékek kezelésének automatizálása, a gazdaságosan előállítható tartós szerszámok. Az alapanyagokat, vizsgálati eljárásokat is továbbfejlesztették. Mindezek hozzájárultak a hőformázás versenyképességének növeléséhez és új alkalmazásokat tettek lehetővé. A **Business Communication Co. (USA)** szerint a hőformázott termékek közül a nagyméretű termékek mennyisége bővül majd a leggyorsabban, várhatóan évente 4,8%-kal és 2009-re kb. 3,6 millió tonnát ér el.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; technológia; hőformázás; autóipar; extrudálás; vizsgálóberendezés.

Nagy teljesítményű gépek

A csomagológépek kategóriájában már a K 2004 kiállításon több új „helyben vágott” (trim-in place) rendszerű gép jelent meg. Az egyik ilyen típusú gépet a német **Illig** cég mutatta be: az *RDK 80* nagy sebességű hőformázó újdonsága, hogy a löketsebesség szervomotoros szabályzással nagyon pontosan beállítható. A gép 760x575mm-es formázó felülettel és a bélyeg mozgásától függetlenül szabályozható levegőellátással rendelkezik.

A **Sencorp** cég nagy teljesítményű, kétfokozatú vágópréseket mutatott be a nehezen vágható PET, APET és PETG alapanyagokhoz. Alkalmazásukkal a PET termékeknél a törés és az angyalhajképződés elhanyagolható mértékűre csökkenthető. Ugyancsak a **Sencorp** mutatta be az első finomfóliás, tekerces betáplálású hőformázó gépet. Ebben egy infravörös szkener letapogatja a lemez hőfokprofilját, és ha szükséges, automatikusan módosítja a hőfokszabályozást. A **Land Instruments** céggel közösen kifejlesztett, finomfóliák feldolgozásában eddig nem alkalmazott, infravörös fényvel működő szabályzó egységet minden új és régi **Sencorp** gépre fel lehet szerelni.

A **Geiss AG** a *TT-in-one* típusú gépénél a hőformázást és a készre vágást egy helyen, teljesen automatizálva oldja meg. Vágógépét modernizálva kis költségű, jó teljesítményű berendezéssel jelent meg a piacon. Újdonságaik között szerepel az állítható, programozható szerszámkeret és a *Speedium* néven bevezetett halogén fűtőelem, amely a felfűtési időt 15%-kal csökkenti, és kiküszöböli a korábbi rendszerek gyengeségét, nevezetesen a különféle színek eltérő infravörös fény visszaverődéséből adódó egyenetlen hőmérsékleteket.

A **G.N. Plastics GN1914DM** berendezésével egyedi többzónás alsó és felső fűtőegységgel felszerelt gépet mutatott be, amely a lemezszint alatt 15,2 cm mélységű terméket tud előállítani két darab, egyenként 48,6x35,6 cm felületű negatív szerszámmal. A feldolgozás sebessége percenként eléri az 50 ciklust. Hasonlóan ehhez a **ZED Industries** 55 ciklus/min. sebességet ért el *SF sorozatú* in-line hőformázó gépével. A **Lyle Industries RFT Custom** gépe gyors szerszámcsere tesz lehetővé: *egy komplett csere mindössze 15 percet vesz igénybe.*

In-line extrúzió/hőformázás

Észak-Amerikában az előrejelzések a következő három évre töretlen felfutást jeleznek az in-line extrudáló/hőformázó rendszereknek, és ezért a gépgyártók egyre jobb üzletnek tartják az ilyen típusú berendezések gyártását. *A technológia úttörőjének számító OMV-US, két új nagy teljesítményű géppel jelent meg PP poharak gyártására.* Az *F57 típusú* gépük nyomólapmérete 152x145cm és 1451 kg/óra készterméket állít elő. *F87-es típusú* berendezésük 85x65 cm nyomólapmérettel 726 kg/óra teljesítményt ér el. A másik jelentős gyártó a **Processing Technologies Inc.** szintén nagy teljesítményű extrudereket kapcsol össze közvetlen betáplálású hőformázó egységekkel, így soronként 272 kg/óra mélyhúzott terméket tudnak előállítani.

A **Battenfeld Gloucester Engineering** egy- és többrétegű lemezeket előállító, és in-line hőformázást is végző gépet fejlesztett ki, amely különböző összetételű és tulajdonságú PP, PS és PET lemezek hőformázására alkalmas. A géppel PS feldolgozásakor 998 kg/óra teljesítmény érhető el, még rövid hőformázási ciklusokkal is. A berendezés vízhűtéses *BEX I-120-32 DV* extruderrel működik.

Nő az autóiipari felhasználás

Egyre több hőformázással foglalkozó gyártó kapcsolódik be az autóiipari beszállításokba. Általános tendencia, hogyha a szériaszámok csökkennek, akkor a kisebb szerkezeti gyártási költséggel előállítható hőformázott alkatrészek iránt megnő az igény. Az autóiipar örömmel üdvözi a nagyon költséges festési eljárások kiváltását, így a magas fényű laminált szerkezetek térnyerésének vagyunk tanúi. Új piacok nyíltak meg a vastag lemezeket hőformázó cégek számára, például a hőformázott, festést nem igénylő kétrétegű vastag lemezekkel helyettesíthetők az üvegszálalás gyártmányok és egyes festett acél alkatrészek.

Különösen a nagyméretű alkatrészek gyártása kínál jó üzleti lehetőségeket. Ezeket a hőformázott termékeket a közúti járművekben és az építészetben (burkolóelemek, berendezések) egyre gyakrabban alkalmazzák.

A Business Communication Co. (USA) szerint a hőformázott nagyméretű termékek mennyisége várhatóan évente 4,8%-kal nő majd és 2009-re kb. 3,6 millió tonna lesz. Ennek feltétele, hogy a hőformázó cégek az értéklánc valamennyi szereplőjével, az alapanyaggyártóval, a tervezőkkel és az autógyárak (vagy más originális készülékgyártók) fejlesztőivel szorosan együttműködjenek.

Az ikerlemezes formázás bonyolultsága ellenére is gyorsan fejlődik, és felveszi a versenyt a rotációs öntési és fúvási technológiákkal. Az olasz **Cannon Forma** cég pl. többállású ikerlemezes rendszerével üzemanyagtartályokat gyárt hatrétegű lemezből egy új német autómódelhez.

A **BASF PFM-rendszere**-ét nagy sikerrel alkalmazzák az **MCC Smart** autók tetőpaneljének előállítására. A **PFM** lemezből – amely két réteg **PMMA**-t és közepén **Luran® S**-t tartalmazó koextrudált fóliából áll – hőformázással alakítják ki a tetőlemez jellegzetes alakját és belső felületére üvegszál-erősítésű szerkezeti poliuretánhabot visznek fel. Ismert még a **Chevrolet SSR** sportjárműprogramja keretében az **American Speciality Cars** által kifejlesztett és szabadalmaztatott szénszálal hőformázási eljárás (**ASC OmniCarbon™**), amely jelentősen lerövidíti a feldolgozási időt. Ilyen eljárással több nagyméretű alkatrészt állítanak elő a könnyűszerkezetű **Diamondback** járműhöz, többek között tetőlemezt, csomagtartófedeleket, hátsó, alsó lemezeket és felső paneleket. A gyártók 70%-os feldolgozási idő megtakarításról számoltak be a hagyományos szénszálal kompozitok feldolgozási idejéhez képest.

Hőformázható alapanyagok fejlesztése

A **GE Advanced Materials Azdel™ Rail-Lite™** hosszú üvegszállal erősített kompozit lemeze az éghetőség, füstképződés és a többi alkalmazástechnikai tulajdonság szempontjából is kiválóan megfelel vonatok belső paneljeinek előállítására. Az új kompozit előnye, hogy formázás előtt nem igényel szárítást, viszonylag kis nyomáson, alacsony költségű szerszámokban formázható és kis hőtágulása miatt a szerszám gyakorlatilag nulla zsugorodásra tervezhető. A sikeres bevezetés után az anyagot a repülőgépgyártásban akarják alkalmazni, ahol a **GE** anyagai már jól vizsgáztak. Ezek egyike az **Ultem** poli(éter-imid) alapú termoplasztikus kompozit fólia, amelyből az eddig használt fröccsajtott egységeknél mélyebb tárgyak állíthatók elő, ráadásul olcsóbban. A kisebb költségek elsősorban a rövidebb ciklusidőknek köszönhetőek. Az **Ultem** fólia nagy hőállóságú, kicsi a nedvességfelvétele és kiválóak a dielektromos tulajdonságai; mindezek az elektronikai alkalmazását is lehetővé teszik.

A **Dow Chemical Co.** Európában bevezette hőformázható csomagolások kialakítására alkalmas, az **Inspire** családhoz tartozó propilén alapú típusait. Például az **Inspire 213** anyaggal a termékek vastagságát lehet csökkenteni a tulajdonságok romlása nélkül, nő az átlátszóság és a fényesség, kiváló a hőállóságuk, feldolgozási ciklusidejük rövid. Az **Inspire** anyagokból készült élelmiszeripari tálcák mikrózhatók, forrón tölthetők; ezek a tulajdonságok az élelmiszer-csomagolásban széles alkalmazási területet tesznek lehetővé.

Több gyártó kínál nagy ömledékszilárdságú **PP** típusokat, amelyek alapvetően hozzájárultak a vastag lemezek hőformázásának fejlődéséhez.

Az **RTP Co.** kompaundgyártó 0,2-10,4 mm vastagsági mérettartományban 1570 mm szélességig gyárt fóliákat és lemezeket. Külön gyártósoron állítják elő a sötétben világító, biztonsági jelzések, feliratok előállítására alkalmas **Photoluminescent** lemezt,

de készítenek vezetéképes kompaundokat is elektronikai, gyógyszer-csomagolási és egyéb ipari célokra.

Új lehetőség a hőformázhatóság vizsgálatára

A lemezgyártóknak és a hőformázóknak ma már egy új vizsgálati módszer áll rendelkezésre az anyagok formázhatóságának vizsgálatára és a technológia beállítására. A *Technoform-III* vizsgálóberendezést a **Transmit Technology Group** (Texas, USA) fejlesztette ki, amelynek segítségével kis mennyiségű mintán egyszerű módon és jól reprodukálhatóan mérik a hőformázás jellemzőit.

Az ipari technológia, bár egyre nagyobb darabok előállítását tette lehetővé, sürgetően hiányolta a megbízható hőformázhatósági vizsgálatokat. Nagy segítséget jelent, ha a feldolgozásra kerülő lemez homogenitásáról, alkalmazhatóságáról előzetesen felvilágosítást lehet kapni. *A gyártási technológia jellemzőinek változtatását 75–80%-ban a lemezek inhomogenitása teszi szükségessé.* A kihozatal, a hulladék mennyisége, a tárolás módja, a betáplálás változik a lemez maradék feszültségével, amely gyártási tételről-tételre eltérő lehet. Ez a „vakfolt” elsősorban a folyamatos feldolgozás beállításában okoz nehézséget.

Az előzőleg használatos vizsgálatok (meleg nyújtás/kúszás, dinamikus reológia, ömledéknyomás, belógás mérése) nem pontosan utánozzák le a feldolgozási műveleteket, és ezért egyre inkább szükségessé vált egy átfogó vizsgálati módszer kidolgozása.

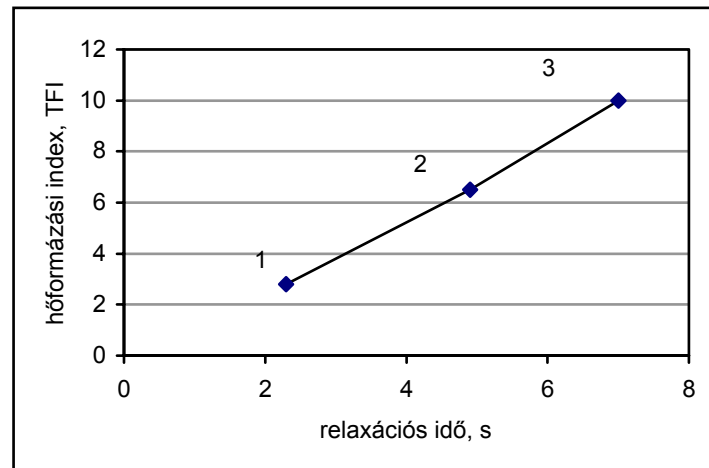
A *Technoform-III* berendezés lényegében egy kisméretű hőformázó gép, amely a szokásos (fűtő, hűtő, formázó) egységekkel van ellátva. A vizsgálatokat 232 cm² méretű, 0,5–3,6 mm vastag lemezmintán lehet elvégezni. Ezt a műanyag lemezt két szigetelt lap közé fogják be, és a „tálcát” kézzel a szállítószalagra helyezik.

A berendezéshez kifejlesztett szoftver lehetővé teszi a formázási (bélyeges, vákuumos, bélyeggel segített vákuumos) típus, a hőmérséklet, a melegítési sebesség, a melegítési idő, a bélyegsebesség, a hűtési idő, a maximális bélyegnyomás és a maximális húzási mélység kiválasztását.

A műveleti ciklus indításakor a szállítószalag a mintát a kemencébe továbbítja, ahol az alsó és felső infravörös fűtés a lemez mindkét oldalát felmelegíti. Mind a fűtőtest hőmérsékletét, mind a lemeztől való távolságát egymástól függetlenül lehet szabályozni. A minta felületének hőmérsékletét folyamatosan mérik, és a megkívánt érték elérésekor 1 másodpercen belül a formázóállomásra juttatják. A pozitív bélyeg programozott sebességgel és terheléssel nyomul az anyagba, miközben a bélyeg homlokoldalán levő erőcella méri a deformációs erőt. A beállított maximális erő, illetve távolság elérésekor egy hűtőventillátor kapcsol be a szükséges időtartamig. A lehűtött mintát kézzel kiveszik és szemrevételezik. A teljes vizsgálat időtartama fél perc. A formázott darab vastagságeloszlását kézi méréssel határozzák meg.

A formázóerőt a húzási mélység vagy az idő függvényében ábrázolják (1. ábra). *A meghatározott mélységhez (75 mm) tartozó erőt hőformázási indexnek nevezik (thermoformability index – TFI).* Az adott hőmérséklethez tartozó magasabb index jobb formázhatóságot jelent. *Szélesebb hőmérséklet-tartományban magasabb értékű*

mutatóval rendelkező lemez kedvezőbb feldolgozási tulajdonságokkal rendelkezik. A TFI mint a formázhatóság mérőszáma jó korrelációt mutat az ömledék relaxációs idejével, az ömledékrugalmassággal, és emiatt a 75 mm húzási mélység eléréséhez szükséges erő, a TFI, azonos az ömledékszilárdsággal. Mind a nagyobb ömledékszilárdság, mind a hosszabb relaxációs idő (alacsonyabb ömledékrugalmasság) könnyebb formázhatóságot jelent.



1. ábra Különböző műanyagok relaxációs idejének és hőformázási indexének összefüggése. (Jelölés: 1 – PP, 165 °C, 2 – PE-HD, 140 °C, 3 – PS-HI, 160 °C.)

A vizsgálóberendezés tömege 48 kg, 73 cm magas, 44 cm széles, 30 cm mély. A berendezésből két típus rendelhető meg, az egyikkel csak nyomóformázás végezhető (ára 18 000 USD), a másik vákuum- és nyomóformázásra is alkalmas (ára 27 000 USD). Az ár a későbbiekben a szériaszám emelkedésével csökkenhet.

A készüléket 2005 szeptemberében az SPE hőformázási konferenciáján (Thermoforming Conference, Milwaukee) mutatták be. Remélhető, hogy az ASTM hamarosan szabványosítja a vizsgálatot, és a TFI mérőszámot az ipar mind szélesebb körben alkalmazni fogja.

Összeállította: Hadházi Lászlóné és Perényi Ágnes

Stewart, R.: New machinery, improved materials and tooling produce top-quality parts. = *Plastics Engineering*, 2005. ápr. p. 23–29.

Grande, J. A.: Twin sheets and high-speed packaging share center stage. = *Plastics Technology*, 51. k. 1. sz. 2005. p. 56–57.

Thermoforming. = *Plastics Technology*, 50. k. 9. sz. 2004. p. 82–83.

Grande, J. A.: A simple, repeatable, realistic test of thermoformability. = *Plastics Technology*, 51. k. 10. sz. 2005. p. 55–59.