

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

Hőformázni nem is olyan egyszerű

A viszonylag egyszerűnek tűnő hőformázásnak ma már nagyon összetett, rafinált változatai vannak, amelyekkel kifogástalan minőségű és egyre kedveltebb csomagolóeszközöket, de egyéb, pl. orvosi eszközöket is lehet gyártani. Bemutatjuk ennek a feldolgozási eljárásnak a sokoldalúságát, és rövid áttekintést adunk arról, hogy mi történik a gyakorlatban a hőformázó üzemekben.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; hőformázás; technológiai variációk; orvosi eszköz; gyártóberendezés; vállalatfúzió; ázsiai piac.

A hőformázást egyre nagyobb részarányban alkalmazzák a csomagolóeszközök gyártásában. Előnye az olcsó szerszám (egy keményfa szerszámmal 1000, egy alumíniumszerszámmal akár 10 000 formázást is lehet végezni). Hátránya a magasabb anyagköltség, mert nem granulátumból, hanem félkész termékből (lemezből vagy fóliából, a továbbiakban a „fólia” mindkét formátumot képviseli) kell kiindulni.

Variációk a hőformázásra

A hőformázás legfontosabb lépései a lemez vagy fólia felmelegítése, a formázás és a hűtés. A formázást két lépésben (előformázás, formázás) végzik. Az elsőben a meglágyított fóliát nyújtással előformázzák, a másodikban vákuummal vagy túlnyomásos levegővel alakítják ki a kész formát.

Előformázáskor a formázási hőmérsékletre felmelegített fóliát a késztermék körvonalait megközelítő formára nyújtják meg. A nyújtás végezhető levegővel (amelyet túlnyomással befújnak vagy vákuumot képezve elszívják) vagy mechanikusan, a nyújtóbéllyeggel. A végső formaadáshoz ugyancsak sűrített levegőt vagy vákuumot alkalmaznak. Ehhez negatív vagy pozitív szerszámot alkalmazhatnak, A negatív szerszám-ban a szerszámüreg adja meg a végső formát, ebbe szívják/nyomják bele az előformát; a pozitív szerszám-ban a bélyeg határozza meg a formát, erre kényszerítik rá a lágy fóliát. A terméknek az első változatban a külső felülete, a második változatban a belső felülete jobb minőségű, mert az érintkezik közvetlenül az alakadó szerszámfelülettel. A formázás utáni hűtést követően kivesszük a kész darabot a szerszámból. Az előformázás határozza meg a termék falvastagság-eloszlását, a formázás pedig kontúrjainak élességét.

A túlnyomással végzett előformázás a gép felépítésének, a szerszám kialakításának vagy mindkettőnek a függvénye. A nyújtóbélyeggel végzett előformázás ugyan csak erre alkalmas géppel és szerszámmal végezhető. Ha az előformázáshoz a szerszám formaadó bélyegét használják, a művelet pozitív szerszámmal bármilyen gépen megvalósítható. Ideális esetben valamennyi lehetőség rendelkezésre áll. Ilyenkor a levegővel, a nyújtóbélyeggel és a formázóbélyeggel végzett kombinált előnyújtás nagyon rövid taktusidőt és optimális falvastagság-eloszlást eredményez.

Minél kevesebb előformázásra alkalmas módszer közül választhatnak egy hőformázó üzemben, annál nehezebben tudnak majd a meglévő szakértelem ellenére is megfelelő falvastagság-eloszlású terméket reprodukálhatóan gyártani. Az előformázásra alkalmas módszerek kombinálása – a pneumatikus és a mechanikai eljárások időtartamának összehangolása a gyártási folyamattal – sem egyszerű feladat. Ez különösen nehéz az olyan nagyon rövid ciklusidővel dolgozó gépsoroknál, ahol nagy sebességgel automatikus tekerceslőberendezések adagolják a fóliát.

Az előformázás különböző lehetőségeiről az *1. táblázat* ad áttekintést.

Mi újság a hőformázóknál?

Hétrétegű hőformázott kávékapszulák

A csomagolóeszközöket gyártó (és Magyarországon is jelen lévő) ausztriai Greiner Packaging cég (Kremsmünster) az adagoló- és kihordórendszereket gyártó németországi Montan Colortechnikkel (Konstanz) és az extrúziós technológiákban járatos ugyancsak ausztriai Luger céggel (Purkersdorf) közösen kidolgozott egy olyan hőformázó technológiát, amellyel *hétrétegű kávékapszulákat* állít elő. Ebben etilén/vinil-alkohol (EVOH) a záróréteg, amely megakadályozza az oxigén és a víz behatolását a kapszulákba, ill. a kávé aromájának és nedvességtartalmának elpárolgását. A hőformázott fólia alsó és felső rétege polipropilén, a középső EVOH réteget mindkét oldalán tapadóréteg veszi körül. A fólia 60%-át a további két réteg teszi ki, amely a megőrölt és visszadolgozott kivágási hulladék anyaga (*1. ábra*).

A vágási hulladék a mélyhúzó gépből közvetlenül az őrlőberendezésbe jut. A megőrölt hulladék a feldolgozóüzembe kerül, ahol megfelelő keverés után visszadolgozzák a kapszulákba.

Négy extruder szállítja a külső rétegeket, a záróréteget, a tapadórétegeket és az őrleményből készített belső rétegeket a fóliagyártáshoz. Az anyagok köztes szárítására nincs szükség. Az őrleményt gravimetriás adagolóval táplálják be, amely átmegy egy keverőszakaszon, ezáltal elkerülhető a sűrűség fluktuációja. Az őrlemény betápláláskor még nem hűlt le teljesen, ezért az extruderben gyorsan megömlik, ami energia-megtakarítást eredményez.

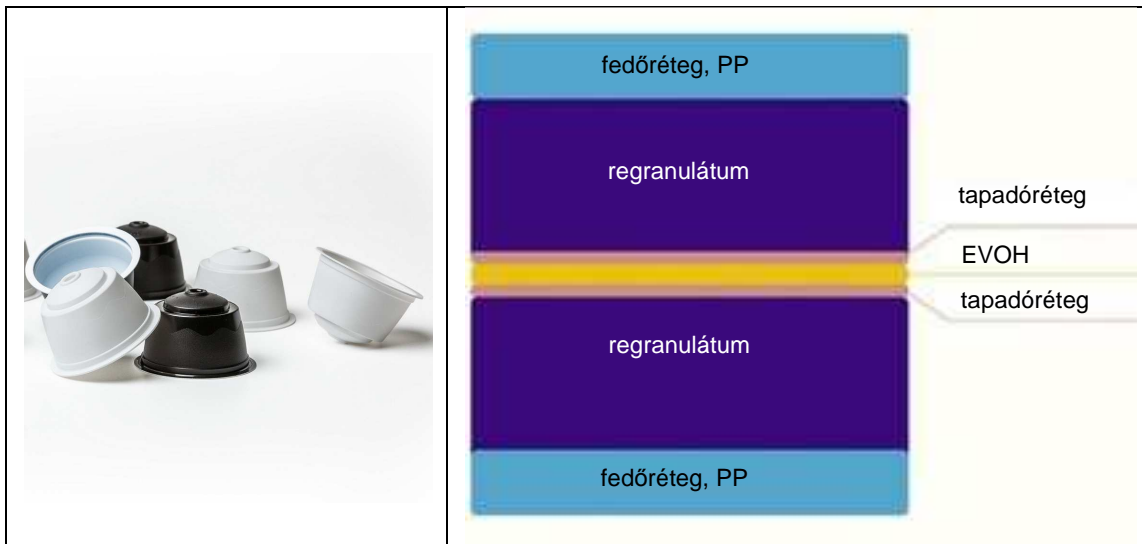
A különböző anyagáramok viszkozitása eltér egymástól, ezért nagy kihívást jelentett a stabil áramlás megteremtése. Egy bizonytalan anyagminőség – akár a változó sűrűség, akár az eltérő anyagösszetétel okozza – gyengíti az extrudált fólia minőségét, különösen egy olyan termékét, ahol hét rétegnek kell harmonizálnia egymással.

Különböző lehetőségek az előformázásra

Az előformázás módja	Jellemzők	Hatás	Gépkiegészítés	Szerszám-kiegészz.	Gépfejta
Előformázás levegővel					
Előnyújtás túlnyomással (buborékképzés)	buborékképzés ideje, keresztmetszete, magassága	a meleg fólia közepe vékonyabb, mint a szélei	x	-	UA, RV, SB
Előnyújtás vákuummal (nyújtás szívással)	szívás ideje, előforma keresztmetszete	a meleg fólia közepe vékonyabb, mint a szélei	x	-	UA, RV, SB
Előnyújtás a feszítőkeretbe nyomuló szerszám torlónyomásával	asztalsebesség, kapcsolási idő, vákuum	a (többnyire) pozitív szerszámbélyeg gyakran nehezkés mozgása magas feszítőkeretben	x	-	UA, RV, RDKP, RDK
Felfűtés közben részleges hűtés sarokfűvőkákkal	hideg levegő mennyisége, felfűtés ideje, a buborék és a fűvőkák távolsága	a lehűlt részek gyengébb nyújthatósága	x	x	UA
Részleges hűtés az elhasznált levegővel	elhasznált levegőáram	negatív hatás szűk hőmérséklethatárok között formázható anyagoknál	-	x	összes
Mechanikus előformázás előnyújtó bélyeggel					
Előnyújtás előnyújtó bélyeggel	bélyeg geometriája, felülete, hőmérséklete, úthossza, sebessége a formázó levegő időbeli szabályozása (az előformázás útja szerint)	nyújtás útja formázáskor, csuszósúrlódás, hűlési jelek; az adagolt fólia megnyúlása nyújtási út a formázáskor	x	x	összes
Előnyújtás előnyújtó bélyeggel, amely nem a szerszám része, hanem a feszítőkeretbe van beépítve	bélyeg geometriája, felülete, hőmérséklete, úthossza, sebessége a formázó levegő időbeli szabályozása (az előformázás útja szerint)	nyújtás útja formázáskor, csuszósúrlódás, lehűlési jelek; az adagolt fólia megnyúlása nyújtási út a formázáskor	x	x	UA

Előny újítás a szerszám egy elmozduló részével	előny újítás kezdeti ideje	hatása azonos a nyújtóbélyegével	x	x	UA, RV, RDKP, SB
Előny újítás a formázóbélyeggel					
Mechanikus nyújtás a pozitív formázóbélyeggel az asztal mozgatásával	asztal sebesség, a bélyeg hőmérséklete, a bélyeg felületi érdessége pozitív szerszámban	hűlési jelek, tapadó súrlódás a szerszám és a fólia között	x	x	összes
Kombinációk					
Szinkron előfűvítés	levegőáram, asztal sebesség, időbeli váltás	pozitív szerszámban csökken a súrlódás	x	-	UA
Külön megvezető levegő pozitív szerszámban	az előformázáshoz használt levegő mellett külön vezeték a túlnyomásos levegőhöz	csökken a súrlódás a többszörösen pozitívkontúros szerszámokban az elkülönített buborék levegő körül			UA
A fólia pneumatikus rásajtólása az előnyújító bélyegre: vákuumformázáskor buborékfűvítés a nyújtóbélyeggel szemben túlnyomásos eljárásban vákuumképzés a nyújtóbélyeg felett	légsugáratmérő, fűvítés ideje légsugáratmérő, fűvítés ideje a buborék mélysége	erősebb nyúlás a buborék szélén erősebb nyúlás a buborék szélén meggátolja a hűlési jelek képződését	x (x)	- (x)	UA, SB, RV (RDM)
A fólia áthűzése a pozitív formázóbélyegen a fűvítőrekesz egyidejű szivása mellett	A formázó levegő út- és időfüggő bevezetése a félkész forma leválasztásához a nyújtóbélyegről	túl korai levegőbevezetéskor a negatív formázásban a formadarab alsó része vékonyabb, későinél vastagabb lesz	x	x	RDM

Gépek jelzése: UA sík lapokat feldolgozó gép; RV tekercselőautomata vákuumformázással; SB árura vákuumozó és buborékesomagoló gép; RDKP tekercselőautomata túlnyomásos légformázással, a formázás el van választva; RDK tekercselőautomata túlnyomásos légformázással és kombinált formázó-kivágó (késes) egységgel; RDM tekercselőautomata túlnyomásos légformázással és kombinált formázó-kivágó (késes) egységgel, továbbá alsó billenő szerszámrésszel.



1. ábra A Greiner cég kávékapszulái (balra) és a hétrétegű fólia felépítése (jobbra)

A gyártórendszer valamennyi komponensét a Montan cég állította üzembe, és ezeket távvezérléssel működtetik a Montan erre a célra kifejlesztett moduljaival. Közük a *Gravinet* gravimetriás adagolóegységgel és a *Volunet* térfogati adagolóegységgel, amelyek Ethernet vagy TCP/IP rendszerrel a *ControlNet* egységen keresztül csatlakoznak a központi gépvezérléshez. A rendszer bővíthető akár egy átfogó *Linknet* üzemi menedzsmentrendszerig.

Előformázás szintaktikus habbal

A CMT Materials cég (Attleboro, MA, USA) képviselője a vékony falú csomagolóeszközökről 2016-ban Chicagóban rendezett (Thin Wall Packaging) konferencián szintaktikus *Hytac* márkanévű habjait mutatta be, amelyek alkalmazását *vákuumformázó szerszámok előformázó bélyegéhez* (más nevén dugattyújához, felsőnyomójához) ajánlja. Az ezekből a habokból készített bélyegek sokkal kíméletesebben nyújtják meg a fóliát, és sokkal egyenletesebben szabályozható általuk a termék falvastagsága. Az ilyen módon hőformázott termékek méretpontossága megközelítheti a fröccsöntött termékekét, és biztonsággal lehet vékonyabb falú termékeket gyártani, ami költségcsökkentést eredményez.

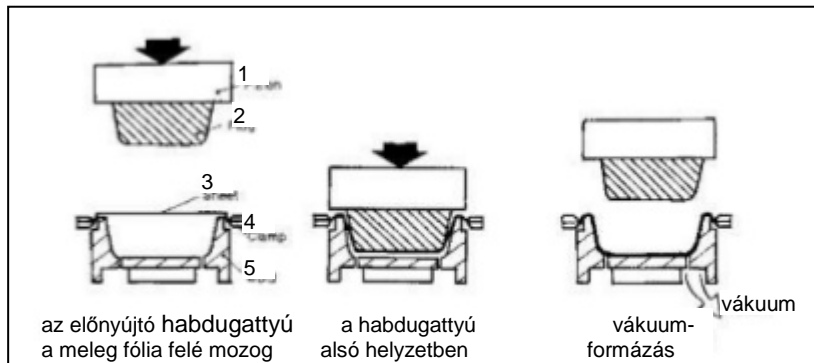
A CMT Materials által forgalmazott *Hytac* szintaktikus hab az egyetlen olyan, felsőnyomókhoz használt anyag, melyet kimondottan hőformázási folyamatokhoz terveztek. Sokoldalúsága, testreszabhatósága miatt ez lett a legszélesebb körben alkalmazott alapanyag. Legfontosabb tulajdonságai, mint könnyű súlya, jó minősége, jó felületkialakító képessége és alacsony hővezetése a szerkezetéből fakad. A hab elkészítéséhez eleinte üvegből készült üreges mikrogömböket és kötőanyagként epoxigyantát vagy poliésztert használtak. Az újabb típusokban a mikrogömbök már kerámiából, polimerekből, fémekből is készülhetnek. A kötőanyag is lehet hőre keményedő vagy

hőre lágyuló műanyag. A habok tömb vagy rúd formában kaphatók és gépi forgácsolással (CNC marással) munkálhatók meg.

A CMT-nél hétféle anyagból készített előnyújtó bélyegekkel végeztek kísérleteket és 45 ponton mérték a termék falvastagságát. A folyamat paraméterei – a bélyeg belépési sebessége a szerszámüregbe, a vákuumozás megindításának időpontja – jelentősen befolyásolták a falvastagság egyenletességét. Ha pl. a vákuumot bekapcsolták, mielőtt a bélyeg elérte legmélyebb pozícióját, a termék alsó része és sarkai vékonyabbak, oldalfalai vastagabbak lettek; ha akkor kapcsolták be, amikor elérte a legmélyebb pontot, ellenkező hatást észleltek. Egy *Hytac* nyújtóbélyegeket tartalmazó nyitott hőformázó szerszám a 2. ábrán, a gyártási folyamat lépései a 3. ábrán láthatók.



2. ábra Egy hőformázó szerszám két fele. A felső szerszámfél előformázó bélyegeit szintaktikus Hytac habból készítették



3. ábra
Hytac habdugattyúval (előformázó bélyeggel) végzett vákuumformázás
1 felső szerszám
2 habdugattyú
3 meleg fólia
4 fólialeszorító
5 alsó szerszám

A legrágább (poliamid) habból készített bélyeggel 100 μm falvastagságot „spóroltak” az olcsóbbakhoz képest. Az előadó szerint ha egy átlagos amerikai hőformázó egy hőformázott terméke falvastagságát 0,965 μm -ról 0,940 μm -re tudja csökkenteni, évente 17 ezer USD-vel növelheti nyereségét. Ezért érdemes ezt a habtípust választania. A megfelelő nyújtóbélyeg anyagának helyes kiválasztása súlyos gyártási nehézségeket szüntethet meg. Egy hőformázó virágcserepei pl. az sarkoknál gyakran elszakad-

tak. A szívós hőre lágyuló műanyagból készített bélyeg több anyagot nyomott a sarkok felé, ezáltal megszűntek a szakadások.

Termelékeny gyártás billenőszerszámú gépekkel

A németországi Gabler Thermoforming GmbH (Lübeck) képviselője – ugyan csak a chicagói konferencián – arról számolt be, hogy legújabb billenőszerszámú gépeivel jelentősen növelte a hőformázás sebességét.

Billenőszerszámú technológiával nagy méretpontosság érhető el, az ilyen rendszerek jól automatizálhatók és nagyon rövid ciklusidővel dolgoznak. Ezek a gépek azonban jellemzően kisebbek a versenytársaiknál, ezért a rövid ciklusidő ellenére általában kisebb a termelékenységük.

A cég *M98-as* gépére 800x550 mm-es szerszám szerelhető fel, szerszámzáró ereje 65 tonna és percenként 42 ciklust végez. Új 100 tonnás *M100-as* gépe, amely 1350x550 mm-es szerszámmal dolgozik, ugyekkora ciklusszámmal üzemeltethető. Ennek következtében 40%-kal több 70,5 mm átmérőjű PP poharat tudnak vele gyártani azonos idő alatt. Az új gépen ugyanis az előző gép 60-fészkés szerszámával szemben 84-fészkés szerszámmal végzik a gyártást. Hasonló termelékenységnövekedést értek el a düsseldorfi műanyagkiállításon használt 51 mm átmérőjű K pohár gyártásakor, amikor a korábbi 84-fészkés szerszámról áttértek a 119-fészkésre; egy 70 mm-es pohár hőformázásakor pedig 44% volt a növekedés, itt az korábbi 54-fészkés szerszámról egy 78-fészkésre tértek át.

Négy új hőformázó gépegység amerikai stílusú „piros poharak” gyártására

A svájci WM Thermoforming Machines (Tessin) a közelmúltban négy gyártóegységet adott el „piros poharak” gyártására. Kettő az USA-ban, kettő Európában gyártja majd az amerikai stílusú „piros poharakat”.

Ezeket a *belül fehér, kívül piros poharakat* az amerikai filmekről ismerhette meg a világ, és különösen a fiatalok között váltak rendkívül népszerűvé, afféle „bulipoharakká”. Hazánkban is kaphatók. Sokféle változatuk van. Az eldobható fogyasztási cikket gyártó amerikai Solo Cup Company (Lake Forest, Ill. USA) egyik terméke, a *Solo Cup* mégis kiemelkedik közülük. A cég ugyanis poharait három egymástól különböző magasságban „ránccal” látja el.

Az interneten megindult a közös fejtörés, hogy mi a „titka” a barázdáknak. A „megfejtés” szerint a kultikus pohár útmutatót ad a legnépszerűbb alkoholos italok megszokott adagjának kiméréséhez. Az egy unciás csík a rövid italok, az ötunciás a bor, a 12 unciás vonal pedig a sör adagolásához nyújt segítséget (4. ábra).

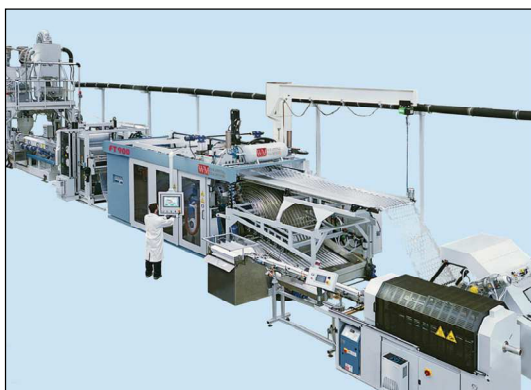
A cég – mely nem annyira örül, ha termékét tivornyázó fiatalokkal azonosítják – a [Facebookon](https://www.facebook.com/Quattroplast) válaszolt a közösségi oldalakon terjedő szóbeszédre. Megemlíti, hogy ugyan valóban lehet egyezés a vonalak és az adagok között, de ez csupán véletlen, majd megemlítenek más felhasználási módokat is (például csokoládészirupot és szájoölögetőt az egyunciához).

A gyors és jól elhelyezett válasszal persze nem mindenkit sikerült meggyőzni. A kommentelők egy része szerint hiába igyekszik a cég, az első verzió jobban illik a termék imidzséhez, más részük pedig már a szóbeszéd felvetését is vállalati PR-nak titulálta.

A leszállított gépegységek a *WM Intec FT 900/3* típusú modelljei (5. ábra), amelyen a gyártófolyamat a PP automatikus adagolásával és betáplálásával kezdődik és a hulladék visszadolgozásával végződik. Az utóbbit felaprítják és visszaszállítják az adagolóhoz. A gép a WM 75 mm átmérőjű Next 75 típusú csigája mellett két koextruderben egy-egy 45 mm átmérőjű Next 45 csigát tartalmaz. Az extruderrendszer teljes extrúziós kapacitása 1096 kg/h.



4. ábra A *Solo Cup*. Feltételezések szerint az egy unciás csík a rövid italok, az ötunciás a bor, a 12 unciás vonal pedig a sör adagolásához nyújt segítséget



5. ábra WM Thermoforming *FT 900* hőformázó gépsora

A folyamat első részében az extruder részszerelmén keresztül az ömledék egy háromhengeres függőleges kalanderre kerül, amely 930 mm széles, 0,2–2 mm vastag fóliát készít belőle.

A fóliát a 750 kN-os FT 900 jelzésű hőformázó géphez szállítják, amelyre maximum 880x520 szerszám szerelhető fel. Mivel a billenőszerszám mozgó része 75°-ban el tud fordulni, a kész poharak könnyen kiemelhetők az alsó szerzámfélből.

A poharak formázását és kivágását is a szerszám végzi, a kész poharakat forgó orsó szállítja a gyűjtőládába. Az egymásba rakott poharakat innen szállítószalag viszi a peremezőgéphez, amely három forgó csigával dolgozik. A peremezett poharakat ezután számlálják, csomagolják majd elszállítják a megrendelőhöz.

Az automata inline rendszer energiatakarékos és óránként 120 ezer poharat állít elő. Alkalmazása csökkenti a hulladékot és a kezeléséhez szükséges emberek számát.

A Sonoco Packaging növeli kapacitását

A csomagolószereket gyártó USA-bázisú globális Sonoco Packaging ([Hartsville, South Carolina](#)) 230 millió USD-ért megvásárolja a kanadai hőformázó Peninsula Packaging céget (Peterborough, Ontario). A törvényességi vizsgálatok befejezése után, előreláthatóan 2017 végére megtörténik a tulajdonosváltás. Ezzel a Sonoco gyártókapacitása majdnem megduplázódik.

A Peninsulát 2001-ben alapították, eladásai 2016-ban kb. 190 millió USD-t tettek ki. Öt gyártóüzeme van, négy az USA-ban, egy Mexikóban. Ezekben elsősorban friss élelmiszerek (gyümölcsök, saláták, pékáru) forgalmazására alkalmas csomagolóeszközöket gyártanak.

A Sonoco szerint a szupermarketek az elmúlt évben 15 milliárd USD-t költöttek friss élelmiszerek csomagolására, hogy egyre nagyobb területet tudjanak adni az ilyen termékek forgalmazására az üzletekben. Előrejelzések a következő négy évre az ilyen területek nagyságának növekedését évi átlagos 7%-ra becsülik. A Sonoco arra számít, hogy a két cég összevonásával jól ki tudják majd használni a friss élelmiszerek iránti kereslet gyors növekedését.



6. ábra A Profile
Plastics orvosi burkolata

Ugyanebben az időben az egyik hőformázó gépeket gyártó kanadai cég, a GN Thermoforming Equipment (Chester, Nova Scotia) a kínai Vulcan Plastics Technology céggel kötött olyan megállapodást, amely szerint a kínai cég a GN valamennyi gépét Vietnamban, a Fülöp-szigeteken, Indo-néziában, Malajziában, Thaiföldön és Szingapúrban forgalmazza majd. A Vulcannak jól kialakított kapcsolatai vannak az ázsiai hőformázókkal, és a GN azt reméli, hogy általa erősíteni tudja pozícióját ezen a piacon. Az egyezés szerint a Vulkan ehhez megkapja a GN korábbi ázsiai kereskedelmi és szervizelő stábját. 2017 nyarán a GN shenzhei telephelyén egy demonstrációs gépet állított fel, amelyet a vásárlók megtekinthetnek, kipróbálhatnak vagy akár próbagyártást is végezhetnek rajta. 2018-ban további demonstrációs gépeket is szállítanak ide. A GN úgy gondolja, hogy éppen időben lépett, mert a Vulkanból egyre több ázsiai feldolgozó szeretne nyugati gépet vásárolni.

Hőformázással készített burkolat műtőkben képződő hulladék kezelőrendszeréhez

A Profile Plastics (Lake Bluff, Ill. USA) kórházi műtőkben képződő hulladékgyűjtő rendszeréhez készített hőformázással burkolatot (6. ábra), amellyel 2016-ban elnyerte az SPE (Society of Plastics Engineers) hőformázásról rendezett konferenciáján a túlnyomásos hőformázással gyártott nagy-méretű termékek kategóriájában az aranydíjat, emellett ennek a terméknek szavazták meg a résztvevők a közönségdíjat is.

A cég korábban egy hasonló rendszerhez már készített burkolatot. Ezt pozitív vákuumformázással gyártottak, bonyolult szerszámban, majd több részből rakták össze. Az új változatot túlnyomásos negatív technológiával készítették, ez lehetővé tette egy olyan szerszám megtervezését, amelynek révén 75%-kal csökkent az összeszerelendő darabok száma, és 25%-os költségcsökkentést is elértek. Emellett sokkal szebb lett a burkolat felülete, elérte a kozmetikai minőséget. A fehér színű burkolat Kydex akrilát/PVC lemezből készült, az átlátszó ablak anyaga polikarbonát.

Összeállította: Pál Károlyné

Schwarzmann, P.: Typisch und unentbehrlich. Durch Vorformen die Wanddickenverstellung beim Thermoformen steuern = Kunststoffe, 105. k. 4. sz. 2015. p.74–77.

Reade, L.: Drawing strength: innovations in thermoforming technology = Film & sheet extrusion, 2017. jún. p. 15-16, 18, 20.

Greiner Packaging forges ahead in the coffee capsule market = www.greiner-gpi.com/en/media/news-details/news///greiner-packaging-forges-ahead-in-the-coffee-capsule-market/

Innovative tooling materials for thermoforming = <http://cmtmaterials.com/>

Szintaktikus habból készült felsőnyomókkal hatékonyabb a hőformázás = CNC Media, www.cnc.hu/tag/szintaktikus-hab/

A műanyag poharak „titkos redői” = www.urbanlegends.hu/2012/06/a-muanyagpoharak-titkos-redoi-avagy-mit-tehet-egy-ceg-egy-szobeszeddel/

Bregar, B.: Profile Plastics big winner in thermoforming = Plastics News, 2016. szept. 30., <http://www.plasticsnews.com/article/20160930/NEWS/160939979/profile-plastics-big-winner-in-thermoforming>