

A hőformázás mint a fröccsöntés versenytársa

A hőformázás egyre inkább versenytársa lesz a fröccsöntésnek. A hőformázó berendezések folyamatosan korszerűsítik berendezéseiket és szerszámaikat, lehetővé tették a szerzámban címkézést, FFS gépeken bevezették az ultrahangos hegesztést és kivágást, dolgoznak a mikrohőformázáson. A szoftverképzítők is sok segítséget nyújtanak, hogy az eljárás egyre jobb és olcsóbb legyen.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; hőformázás; teljesítménynövelés; ultrahang; címkézés; mikrohőformázás; szimuláció.

A műanyagok formázásában a hőformázás legnagyobb versenytársa a fröccsöntés, de a hőformázásnak sok előnye van. Egy vállalat akkor dönt a fröccsöntés mellett, ha bizonyos abban, hogy a gyártandó termék iránt hosszabb ideig megmarad a kereslet. *A hőformázás olcsóbb és rugalmasabb technológia, kisebb sorozatokat, gyakori termékváltást könnyebb vele megvalósítani.*

Az USA és Európa gyártási elvei között hagyományosan az a különbség, hogy az előbbiben elsősorban az alacsony költségeket, az utóbbiban inkább a jó minőséget tartják fontosnak, de a különbségek egyre jobban csökkennek, mert Európában is kénytelenek olcsóbban dolgozni. A két földrész abban is különbözik, hogy az USA-nak nagyobb és biztosabb piaci vannak, de a globalizáció következtében ezek a különbségek is egyre inkább elmosódnak.

A **Plastics Engineering** riportere európai szakemberekkel beszélgetett a hőformázás újdonságairól és lehetőségeiről. Ezekről adunk rövid áttekintést.

A hőformázás anyagai

Az USA-ban csomagolóeszközöket általában polisztirolfóliákból hőformáznak, de újabban polipropilént is szívesen dolgoznak fel ilyen technológiával, mert az utóbbi olcsóbb, és stabilabb az ára, rugalmasabb (nem hajlamos a repedésre), átlátszó, hőálló (mikrosütőbe tehető) és hulladéka könnyen dolgozható fel újra. Hollandiában más irányzat figyelhető meg. Míg az elmúlt évtizedben a PET inkább visszaszorulóban volt, ma széles körben alkalmazzák átlátszó csomagolóeszközök hőformázására.

Általános törekvés a csomagolóeszközök tömegének csökkentése. Az alapanyagokat úgy választják ki, hogy azokból minél vékonyabb falú eszközt készíthessenek vagy középső rétegüket habosíthassák. *A bioműanyagok iránti érdeklődés is növekszik, de nagyobb arányú alkalmazása még várat magára.*

Igen erőteljesen nő a visszaforgatott anyagok felhasználása. Az ezekhez adott stabilizátorok és más adalékok révén tulajdonságaik hasonlóak az eredetiekhez. A feldolgozók kedvelik őket, mert olcsóbbak, és egyúttal csökkentik a környezet terhelését.

A korszerű hőformázható fóliák és lemezek felépítése egyre összetettebb, legtöbbször a célnak legjobban megfelelő *többrétegű szerkezet*. Egyre gyakoribb igény, hogy a hőformázott csomagolóeszközökben forgalmazott élelmiszereket mikrosütőben lehessen felmelegíteni.

Kombinált szerszámok

A **Gerhardt Schubert** cég (Crailsheim, Németország) hőformázó gépeket és szerszámokat gyárt gyógyszerek, nyomtatófestékek, fogkefék, élelmiszerek csomagolóeszközeinek készítéséhez.

A hagyományos hőformázó, töltő, hegesztő és kivágó gépsorokban a hegesztést és kivágást általában külön berendezésen végzik. A cégnél kifejlesztett *TLM-FFS* (FFS = formázd-töltsd meg-zárd le) típusú csomagológépen a *TML-TF* típusú hőformázó berendezést a hegesztő/kivágó egységgel (*TML-SL*) egy *F44* jelű négytengelyű robot köti össze. A formázó állomáson nyomás vagy vákuum alatti levegő adja meg a termék végső alakját; ha szükséges, dugattyús bélyeggel előformázzák a fóliát. Az előre és hátra mozgó elemek lehetővé teszik a fólia folyamatos futását. A hegesztő/kivágó egység ráhegeszti (a megtöltött) formázott edényre a fedőfóliát, kivágja a csomagolóeszközt az alapfóliából. A fóliát letekerő, felmelegítő, hőformázó, továbbá a hegesztést és kivágást végző eszközökön kívül az *FFS* gépsor tartalmaz egy töltőegységet és egy kiemelő egységet, amely a megtöltött, lehegesztett és kivágott csomagolóeszközöket a végső csomagoláshoz (dobozolás, raklapozás) továbbítja. A folyamatos munkához össze kell hangolni a fólia futási sebességét a hőformázás és a hegesztés/kivágás sebességével.

A gépsor legnagyobb újdonsága az, hogy a hagyományos hőformázó gépek meglehetősen hegesztésével és fűtött kivágókésével szemben itt *ezeket a műveleteket ultrahanggal végzik*. Az elv egyszerű: a kivágószerszám ultrahangos rezgést juttat a fóliá(k)ba, aminek hatására a műanyag megolvad. Ennek a jelenségnek az előidézéséhez szükség van egy generátorra, amely az 50 Hz-es hálózati feszültséget magas (20 000 vagy 35 000 kHz) frekvenciájú nagyfeszültségű árammá formálja át, ezt árnyékolt nagyfeszültségű kábel viszi át a konverterre; innen kerül rá a beépített polarizált kerámiakorongokra. Piezoelektromos hatás következtében itt a villamos energia mechanikai energiává, rezgéssé alakul. A kerámiatestek vastagsága a frekvenciától függő (amplitúdónyi) mértékben megnövekszik. Egy erősítő (booster) viszi a rezgéseket a szonotródára. A konverter, a booster és a szonotróda együttesen határozza meg a rezgés formáját. A rezgések együttesen sík felületet képeznek, és szinte bármilyen kontúrt képesek hegeszteni és kivágni. A szonotródával szemben a berendezésben egy üllő van. Ezt úgy alakítják ki, hogy a hangenergiát a hegesztési és kivágási tartományba fókuszálja, ezáltal csak az alsó és a felső fólia hegesztendő felületei és a kivágási körvonal melegszenek fel az anyag lágyulási/olvadási hőmérsékletéig. A paramétereket

ezért mindenkor a fóliák vastagságához igazodva kell beállítani. Mivel az ultrahangos egység a hőformázó géphez csatlakozik, termékváltáskor csak az üllőt, esetleg a szonotródát kell kicserélni.

Az üllő és a szonotróda fémesen nem érintkezhet, ezért védőfóliát kell alkalmazni, amely lehet papír, műanyag vagy műanyaggal laminált papír. A védőfólia egyúttal lehetővé teszi egyszerű alakú szonotródák alkalmazását, amelyeket termékváltáskor nem kell kicserélni.

Az eljárás eddigi alkalmazói szerint *a hegesztés és a kivágás időtartama 200–500 ms*. A jelenleg használt *FFS* berendezéseken ez 1–1,5 s. Az ultrahangos technika jelentősen megrövidíti a hőformázott termékek ciklusidejét. A fűtött kivágószerszámokéhoz képest a kivágáshoz szükséges nyomás is sokkal kisebb. Egy 450 μm -es APET [amorf poli(etilén-tereftalát)] fólia 1810 mm hosszú kontúrjának kivágásához hagyományos technikával 20,7 t nyomás kell, az ultrahangos rendszerrel mindössze 1,2 t. A nyomásnál a párhuzamosságra erősen kell ügyelni.

Mivel az ultrahangos hegesztés és kivágás időtartama a másodperc töredéke, ez nagyon csekély hőterheléssel jár. Szennyeződött hegesztési felületek is tömören lezárhatók, és az élelmiszeriparban használt védőgázok vagy a gyógyszeriparban végzett sterilítás sem szenved kárt. A technológia kemény és rugalmas fóliákhoz egyaránt használható. A hegesztő/kivágó egység a hegesztés valamennyi adatát továbbítja a csomagolóberendezés vezérlőegységébe. A gépsor tartozéka a kiemelőrobot és az automatikus fóliacserélővel felszerelt letekercselő berendezés.

A cégnél a film felmelegítésére új fűtési és a szerszámcsere meggyorsítására új automatizálási technológia kifejlesztésén is dolgoznak.

Hőformázott csomagolóeszközök címkézése a szerszámban

Az **Illig Maschinenbau GmbH** (Heilbronn, Németország), a hőformázó gépek legnagyobb gyártója a világon, szeptemberben avatta fel 7 millió EUR-ból felépített ügyfélcentrumát. Az eseményen 250 műanyag-feldolgozó vett részt. A cég bemutatta újdonságait, elsősorban harmadik generációs hőformázó berendezéseit és legújabb technológiáját, a hőformázott termékek szerszámban címkézését.

A cég már 1990-ben készített olyan szerszámot, amelyben fel lehetett vinni a hőformázó szerszámban a címkét, de az ilyen címkék választéka abban az időben szegényes volt, emiatt a szerszám iránt csekély érdeklődés mutatkozott. Ma a fröccsöntésben a címkézés a napi rutin része, emiatt a címkék kínálata kiszélesedett, és a hőformázott termékek díszítésére ugyanezeket a címkéket lehet felhasználni. De míg a fröccsöntő szerszámokba sztatikus elektromossággal helyezik be a címkét, a hőformázó szerszámba ehhez vákuumot alkalmaznak, ami egyszerűbbé teszi a rendszert. *Egyelőre csak körszimmetrikus formához ajánlják a technológiát, de hamarosan derékszögű formákhoz is alkalmazható lesz.*

A címkéket korábban ragasztóval rögzítették a termék falán, de a harmadik generációs gépeken már elegendő a hőhatás. A felmelegített PP fólia felületének hőmérséklete még elegendő ahhoz, hogy a címke biztosan megtapadjon rajta. A ragasztó nélküli címkék ára azonos a ragasztós címkékével.

Az első ipari alkalmazó egy ausztriai hőformázó cég, amely joghurtos poharakra viszi fel az 50–70 µm vastag címkéket. Valószínűleg hamarosan más cég is alkalmazza ezt a módszert, mert a feldolgozók a poharak tömegének csökkentésére törekszenek, és *egy hőformázott pohár 15–20%-kal könnyebb, mint egy hasonló fröccsöntött termék.* A címkézés technológiájával *záróréteget is fel lehet vinni a csomagolóeszközre,* amivel megnövelhető a benne lévő élelmiszer eltarthatósága. Nem elhanyagolható szempont, hogy míg egy 4–8-fészkés fröccsöntő szerszámmal a fröccsöntő gépen percenként 10 ciklust lehet végrehajtani, az Illig cég harmadik generációs hőformázó gépein 16-fészkés szerszámmal percenként 18–20 ciklus érhető el. A cég szerint az új gépeken a cég második generációs hőformázó gépeihez képest 0,5 s-mal rövidebb a ciklusidő. Egy feldolgozó 500 x 250 x 30 mm méretű, 0,26 mm falvastagságú kagyló alakú formát gyártott 24 ciklus/min sebességgel egy másodgenerációs gépen. Áttérve egy harmadik generációsra percenként 46 ciklust ért el, ami 92%-os termelékenységnövekedést jelent. A javulást újabb szenzorok beépítése tette lehetővé, ami természetesen megjelenik a gépek árában is, de a cég ügyelt arra, hogy a darabár a gyártásban csökkenjen.

A cég azon dolgozik, hogy *a hőformázás palackok gyártására is alkalmas legyen.* A palackokat jelenleg főképpen fúvóformázással gyártják, de a hőformázott palackok könnyebbek lennének. Egy 6,5 g-os fúvott palackkal azonos formájú és méretű hőformázott palack pl. mindössze 2 g-ot nyomna.

Mikroméretű termékek gyártása hőformázással

Kisebb mennyiségben már ma is készítenek fóliákból hőformázással mikroméretű eszközöket a biomedika számára. Ilyenek az ún. biocsipek sejtkultúrák vagy szövettényeszetek számára, ill. a „labor-egy-csipen” eszközök, amelyekkel nagyon kis mennyiségű minta elemzését lehet elvégezni. Hogy ezek az apró eszközök a hétköznapi orvosi gyakorlatban is elterjedhessenek, olyan technika szükséges, amellyel az eszközöket könnyen lehet sokszorozítani, és mikroméretű felületmódosításaikat tökéletes hűséggel lehet leképezni.

A hollandiai Twente egyeteme (**University of Twente**) és a németországi Karlsruhe technológiai intézete (**Institute of Technology**) közösen dolgozott ki egy mikroméretű hőformázó eljárást sík csipszerű eszközök gyártására sejtkultúrák számára, PCR kazetták előállítására (PCR: polimeráz láncreakció, molekuláris biológiai technológia), de sikerült nekik cső alakú eszközöket, pl. nyomással működtetett mikrokatétereket is készíteni.

A hőformázás előnye, hogy az eszközök fala vékonyabb, mint a más mikroreplikációs módszerekkel, pl. fröccsöntéssel vagy barkasajtólással (hot embossing) készített eszközöké. A vékonyabb falú eszközök rugalmasabbak, hajlékonyabbak, kisebb a hőkapacitásuk, a fényelnyelésük, a háttér-fluoreszcenciájuk. A kutatók által szubsztrátmódosításnak, hőformázó replikációkészítésnek nevezett módszerekkel az előkészítés folyamán módosítják a fóliát, és ezeken múlik, hogy a későbbi alakadás közben – amelyet utókezelés követ – hogyan viselkedik a fólia. Az eljárás jelenleg csak laboratóriumban végezhető. A kutatók elgondolásai szerint eljárásuk a

jövőben társítható lesz a fröccsöntéssel. Reményeik szerint a mikrohőformázott termékeket integrálni lehet majd egy mikrofröccsöntéssel előállított eszközbe.

Megtakarítás szoftverek segítségével

A számítógépek és a szoftverek ma fontos szerepet kapnak a hőformázásban. Mindent a számítógép ellenőriz, a hőmérsékletet, a betáplálást, a darab mozgását, a szerszámot.

A **Schöberl Messtechnik** (Zusmarshausen, Németország) *Toolvision* nevű adatkezelő rendszere a szerszámba és a gép különböző részeire telepített szenzorokkal figyeli és dokumentálja a hőformázó folyamat minden eseményét, és észrevesz minden rendellenességet. Arról is biztosítja a feldolgozót, hogy a dolgok rendben mennek. A szoftver tudósít a szerszám állapotáról, és számon tartja a szerszám karbantartásának történetét. Ennek alapján kiszámítható a karbantartás költsége, és kiderülnek a szerszám gyenge pontjai. Feljegyzi a különböző helyeken mért hőmérsékleteket, a dugattyú helyzetét, a fellépő erőket, a formázás nyomását, a vákuum nagyságát. Ezt a szoftvert kb. 30 ügyfél alkalmazza.

Időt és pénzt takaríthat meg a feldolgozó egy *szimulációs szoftverrel*, amellyel a gyártás előtt lejátszható, hogy zajlik le majd a hőformázás folyamata. Ilyen szoftver a *T-SIM* (www.t-sim.com), amelynek első változatát 20 évvel ezelőtt a csehországi **Akkuform** (Jetelova) fejlesztette ki. A szoftver „mi lenne, ha...” szolgáltatásával ellenőrizhető, hogy mi a következménye egy-egy paraméter megváltoztatásának. Vastag falú és vékony falú termékek gyártói, végfelhasználók is használják a szoftvert, sőt egyetemeken része az oktatásnak. A szoftver segítségével a gyártók jobban megismerhetik saját gyártási folyamatukat, a diákok pedig könnyebben megértik az anyagok folyását, a vastagságeloszlás fontosságát. A *T-SIM* legutolsó változatával optimalizálható a dugattyú formája, amire a feldolgozók évek óta vágnak. A *T-SIM* ezt automatikusan végzi el, amivel ugyancsak sok pénzt és időt lehet megtakarítani és jobb terméket lehet előállítani. A szoftver a csomagolóeszközök gyártásában a leghasznosabb, amely a hőformázás legnagyobb piaca. Ha az anyagokra kiadott és a gyártásra költött pénznek csak 9%-át takarítják meg, az a több ezer millió csomagolóeszközt figyelembe véve hatalmas összeg.

Egyes vélemények szerint a *T-SIM* jobban használható, mint a CAD szimulációs szoftver. A *T-SIM* szoftvert a jövőben tovább finomítják és kibővítik olyan elemekkel, amelyekre a felhasználók igényt tartanak. Az **Akkuform** *B-SIM* elnevezéssel fűvőformázást szimuláló szoftvert is forgalmaz.

Összeállította: Pál Károlyné

Lamontagne, N. D.: New technology opens up new applications = *Plastics Engineering*, 66. k. 4. sz. 2010. p. 12–18.

Engelmann, S.: Siegeln und Stanzen vereint = *Kunststoffe*, 100. k. 8. sz. 2010. p. 75–77.

Thermoforming. Steady evolution makes for better processing = *Modern Plastics Worldwide*, 86. k. 9. sz. 2009. p. 21, 23.