

Az üvegfúvástól a fúvóformázott műanyag benzintankig

Üvegből már 4000 évvel ezelőtt is fújtak üreges testet, műanyagból először csak 130 évvel ezelőtt, ipari méretekben pedig 80 éve gyártanak műanyag palackokat és más, néha igen nagy űrtartalmú tartályokat. Az elmúlt évtizedekben sokat fejlődtek a fúvásra alkalmas műanyagok, a feldolgozógépek, a technológiák, és fejlődésük továbbra is töretlen. Az első PET palackokat alig több mint 30 éve gyártották, és ma már uralják a piacot.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fúvóformázás; üreges test; kemény PVC; történeti áttekintés; extrúziós fúvás; fröccsfúvás; PET.

Az ókortól az 1960-as évekig

Az első anyag, amelyből üreges testet fújtak, az üveg volt. Egy Kr.e 1800-ból származó királyszerűségben találták meg az üvegfúvás első ábrázolását egy reliefen. A legrégibbi üveghutát a Kr. előtti 14. századból Egyiptomban fedezték fel. Nagyon hosszú időnek kellett eltelnie, hogy az egyiptomi üvegfúvás művészetéből a mai kor termelékeny műanyagfúvó ipari eljárása kialakuljon. Ehhez elsősorban a megfelelő anyagok hiányoztak. Hőre lágyuló műanyagokból mindössze 130 évvel ezelőtt próbáltak először üreges testeket készíteni, ilyenek ipari gyártása pedig csupán 80 éve indult meg.

Az USA-ban 1851. június 24-én jegyezték be az első szabadalmat *guttapercha üreges test* előállítására. (A guttapercha az azonos nevű fa látexéből készített kaucsukfajta.) Eszerint egy csőszerű előformát fújtak fel erre alkalmas szerszámban. Ezt további szabadalmak követték, elsősorban gumiból és celluloidból készített termékek (műszaki cikkek, játékok, karácsonyfadíszek) gyártására. A celluloidfóliából kivágott lapokat gőzzel meglágyították, a bezáródó szerszámban a darab kontúrjait összehegesztették, az így kialakuló formátumot fújták fel. Az ebben az időben rendelkezésre álló anyagok feldolgozhatósága azonban korlátokat jelentett a technológia elterjedésében.

A fúvóformázás akkor kapott új lendületet, amikor az 1930-as években megjelent néhány erre alkalmasabb alapanyag. Az USA-ban ezt a technológiát az üvepipar sajátította ki, amely *kemény PVC-ből kezdett tartályokat és csomagolóeszközöket gyártani*. Az új tartályok kevésbé törtek, mint az üveg, ezért népszerűek lettek. Az üvepipar elérte, hogy a II. világháború végéig külső versenytárs nem tudott erre a piacra betörni. 1938-1945 között az üvepipar számos szabadalmi igényt nyújtott be. *Figyelemre méltó egy 1938-as szabadalom, amelyben az előformát „az első felmelegítéssel” fújják fel*. Az USA hadseregének orvosi testülete 1939-1946 között sorozatban gyártott műanyag

palackokat vásárolt egy üveggyártól. Az alkalmazott technológiát a fröccsfúvás kategóriájába lehet sorolni.

Európában csak az 1940-es években kezdtek érdeklődni a fúvóformázás iránt. Mivel az USA féltékenyen próbálta megőrizni monopolhelyzetét, Európa saját utat követett. A fejlesztés úttörői a német mérnökök voltak. Említést érdemelnek a Hagen testvérek (Reinold és Norbert, **Kautex Werke**, 1948-tól), Stefan és Rainer Fischer (**Maschinenfabrik Johann Fischer**, 1957-től), Gottfried és Horst Mehnert (**Bekum**, 1959-től), Ezhard Langecker (**Battenfeld**). Közülük a Kautex Werke utódcégei (**Kautex Maschinenbau GmbH** és a **Kautex Textron GmbH & Co. KG**) eredeti bonni telephelyükön ma is megtalálhatók.

Nem messze Bonntól, Troisdorfban a **Dynamit Nobel Konzern** egyik telephelyén intenzíven megindult a műanyagok fejlesztése. Már Alfréd Nobel is kutatta azt, hogy hogyan lehetne helyettesíteni a kaucsukot, a guttaperchát és a bőrt nitrocellulóz-alapú termékkel. *Itt állították elő az első műszakilag jelentős műanyagot, a celluloidot.* 1923-ban jelent meg a piacon az első fröccsöntő gép. 1930-ban indult meg a világon elsőként a **Rheinische Spritzguss-Werk GmbH**-ban (Köln) a fröccsöntés.

A Dynamit Nobel fejlesztésein felbuzdulva készítették el a Hagen testvérek az első üreges testeket műanyag lemezből. A technológia követte a fémlemek formázását: a műanyag lemezeket meghajlították és összehegesztették. Az eljárás egyszerűsítésére és gazdaságosságának növelésére 1949-ben készítettek el az extrudált csövet felfúvó első gépet, amely lehetővé tette palackok, tartályok és más üreges testek gyártását. Az ilyen gépek leglényegesebb jellemzői, mint pl. a fúvótüske elhelyezése, még a mai gépeken is megtalálhatók. Az első fúvógép rekonstruált változata ma az 1988-ban létrehozott bonni **Dr. Reinold Hagen Alapítvány** technikumában tekinthető meg.

Az extrúziós fúvóformázás nemzetközi sikert aratott, és kijelölte a fejlesztések további irányát. 1955-ben indult el a Kautex cég első fúvóformázó automatája a tengeren túlra, és indította meg az USA-ban ennek a technológiának a fejlesztését. Az 1960-as évekig dolgozták ki azokat az eljárásokat, amelyek még ma is uralják az extrúziós fúvóformázás piacát és technológiáját.

Az extrúziós fúvóformázás fejlesztése

Célirányos fejlesztés – új piacok

Hamarosan kiderült, hogy a kemény PVC és a poliolefinok a legalkalmasabb alapanyagok a fúvóformázáshoz. De míg a polietilén széles feldolgozási ablaka révén könnyen feldolgozható, a kemény PVC hőérzékenysége és a fenéksorja nehéz újrafeldolgozása miatt sok gondot okoz. Átlátszósága miatt azonban a kemény PVC-ből készített palackokat az élelmiszeripar megkedvelte, és olaj, ecet, italok, fűszer forgalmazására máig alkalmazza.

A fúvással formázott üreges testek elterjedése, a növekedő gépexport és a fokozódó verseny megemelte a minőség, a teljesítőképesség iránti igényeket. Célirányos fejlesztést, a gép-, eljárás- és feldolgozástechnika specializálódását lehetett megfigyelni. Erre néhány példa:

- kalibrálási eljárásokat fejlesztettek ki a palackok nyakrészének egyedi kialakítására,
- az előforma falvastagság-eloszlásának vezérlésével egyenletesebbé vált a kész palack falvastagsága. A „normális” tengelyirányú falvastagság- és kerületkülönbségek kiegyenlítésére kezdtek az 1990-es években statikusan flexibilis fúvókagyűrűt (SFDR, statisch flexible Düsenring) és részleges falvastagság-vezérlést alkalmazni,
- a fúvóformázás automatizálásának fokozására vezették be a fenéksorja automatikus levágását szerszámon belül vagy azon kívül,
- a teljesítmény fokozására kezdték alkalmazni a többszörös fúvófejeket,
- megjelentek a nagy üreges testek (kaniszterek, IBC tartályok, akár 10000 literes fűtőolajtartályok) gyártására alkalmas gépek,
- eljárásokat fejlesztettek ki bonyolult formájú, 1990-től akár 3D-s formadarabok, közöttük tetszőlegesen görbített csövek fúvóformázására,
- többretegű üreges testeket kezdtek gyártani, háromrétegűeket, pl. reciklátumból készített középső réteggel,
- hatrétegű üzemanyagtartályokat készítettek EVOH záróréteggel,
- bevezették a mikroprocesszoros folyamatvezérlést.

Ennek következtében a fúvógépek nagyon különböző változatai vannak a piacon. Különbségek főképpen a kalibráló- és a fúvótechnikában, a fúvószerszám extruderfej és fúvótüske közötti mozgásában és a fenéksorja levágásában találhatók. A nagyméretű berendezések az ömledéktároló (Speicher) és az akkufej kialakításában térnek el egymástól.

A műanyagok fejlesztésének visszahatása a gyártástechnológiára

Az 1960-as évek végén jelentek meg a nagy molekulatömegű polietilének a piacon, és ezek új lendületet adtak a fúvóformázásnak. *Lehetővé vált a nagy térfogatú és a műszaki célú üreges testek gyártása.* Kezdetben azonban a feldolgozás nem ment könnyen, mert a meglévő extruderek, az extruderfejek, a fúvóberendezések záróereje nem elégítette ki a követelményeket. Megindult a feldolgozógépek fejlesztése és számos újdonságot vezettek be:

- hornyolt és hűtött behúzózónával készített extruderekkel jobb szállítóteljesítményt értek el,
- keverő- és nyíróelemekkel javították a homogenizálást,
- áttörést értek el a gyűrűdugattyús ömledéktárolós fúvófej alkalmazásában,
- megvalósították az olyan nagy térfogatú üreges testek gyártását, mint az üzemanyagtartályok, a fűtőolajtartályok, a veszélyes anyagok szállítására szánt hordók,
- optimalták a tömlőt formázó fejben az ömledék folyási útját,
- kifejlesztették a gyors és precíz falvastagság-szabályozást és a tömlő hosszúságának ellenőrzését,
- megoldották az előforma szabályozott előfúvását.

A fejlődés az alapanyaggyártók, a gépgyártók és a feldolgozók szoros együttműködése nélkül nem valósulhatott volna meg.

Új sikertörténet: a PET palack

A poli(etilén-tereftalát) (PET) palackok gyártástechnológiája alapvetően különbözik az előzőektől, mert ezekhez extrudált tömlő helyett fröccsöntött előformát készítenek, amelyet egy külön munkaműveletben nyújtva-fúvással formáznak készre. Végezhetik ezt a két műveletet egymás után folyamatosan („egy felmelegítéssel”), de térben és időben elkülönítve is. Gyakran választott megoldás, hogy a műanyagfeldolgozó üzemben fröccsöntik az előformát, amelyet az italtöltő üzembe szállítanak, ott felmelegítés után készre fújják, és a palackot azonnal megtöltik.

Az 1930-as évek óta ismert PET-tel az 1960-as években a **DuPont** cégnél kezdtek el ismét foglalkozni. A kutatás 1971-75 között felgyorsult, és német kutatók is érdeklődni kezdtek iránta. Az első palackgyártó gépeket a **Cincinnati Milacron** (USA) és a **Bekum Maschinenfabrik** (Németország) fejlesztette ki. A fejlesztés motorja az USA-ban egy csomagolóeszköz-gyártó, a **Continental Can Co** és egy üvegyártó, az **Owens-Illinois** volt.

Az első PET palackokat a **Coca-Cola** kezdte forgalmazni az USA-ban 1978-ban. Ezek a 2-literes palackok indították el a PET diadalútját. Még nem tudtak megállni a saját lábukon, ezért más műanyagból készített talpat készítettek hozzájuk. Németországban csak 1987-ben jelent meg az egyutas PET palack, amelyben 1,5 literes Coca-Cola-t forgalmaztak. Csak 1990-ben követte ezt a többutas, „tönkretehetetlen”, ugyancsak 1,5 literes PET palack.

Az USA-ban 1982-1985 között nagy számú vállalkozó kezdett PET palackot gyártani. Mivel a Coca-Cola cég teljesen átállt az ilyen palackok alkalmazására, úgy döntött, hogy gazdaságossági okokból saját palackgyártó üzemet létesít. 1981-1984 között négy ilyen üzemet indított be. 1985-ben ezeket **Plastic Technologies, Inc.(PTI)** néven egyesítette, vezetését pedig az Owens-Illinois cég PET-gyártásban sok tapasztalatot szerzett vezetőjére bízta. (Az Owens-Illinois időközben visszatért az üvegyártáshoz). Számos más jó nevű szakembert is az új céghez csábított. Ezek nagyon eredményesek voltak mind a technológia, mind pedig a cég fejlesztésében, amely ma már önállósult, és irodái, laboratóriumai vannak Ohio-n kívül a világ számos részén, pl. Svájcban és Belgiumban, a PET-en kívül pedig más műanyagok fejlesztésén is dolgoznak.

A PET palackok fejlesztéséért mások is sokat tettek. 1990 után megjelentek a teljesen PET-ből készített palackok. *Bevonattal csökkentették a palackok falának áteresztőképességét, így azok alkalmassá váltak szén-dioxidos italok forgalmazására.* Kifejlesztették a melegen tölthető palackokat. A fejlesztések egy része a palackok tömegének csökkentésére törekedett, ezek eredménye, hogy az első palackok 50–80 g-os tömege helyett a mai palackoké 12–35 g között van.

A PTI legújabb fejlesztése a *habosított falú PET palack*. Ez nem átlátszó, a fény legfeljebb 5%-át engedi át. Fehér, ezüst, zöld és kék színben kapható. Maximálisan 5%-kal lehet könnyebb a tömör falú palacknál.

A **PepsiCo.** 2011 májusában bejelentette, hogy kifejlesztett egy 100%-ban *biobázisú PET-et*, amely kémiaiilag azonos a kőolajalapú polimerrel. Alapanyaga jelenleg egy fűféle (vesszős köles, *Panicum virgatum*), fenyőkéreg, kukoricacsuhé, de ezt ki akarják szélesíteni burgonya- és narancshéjjal, zabhéjjal és más mezőgazdasági hulladékkal. A Coca-Cola eddig is használt biobázisú PET-et *PlanBottle* palackjainak gyártásához, de ez legfeljebb 30% cukornádból származó és etilén-glikolból készített etanol-t tartalmaz. A PepsiCo. feltehetően a tereftálsav előállításához is megtalálta a „zöld” utat.

A világ műanyag csomagolóeszközei között a PET palackok 2010-ben 34%-ot tettek ki. Németországban 0,3 és 5 liter közötti PET palackok vannak forgalomban. Számos italféle-séget (szén-dioxidos és anélküli vizek és üdítőitalok, gyümölcslevek, de pl. sörök csak kis mennyiségben), számos háztartási vegyszert, testápoló szert is PET palackban vagy flakonban árulnak.

A csomagolóiparban felhasznált PET tömege a világon kb. 19,1 millió tonna, a következő években évi 5%-os növekedést jósolnak. Észak-Amerikában és Nyugat-Európában kisebb, a csendes-óceáni térségben, Közép- és Dél-Amerikában, Közép- és Kelet-Európában, a Közel-Keleten és Afrikában nagyobb növekedésre számítanak. Ázsia csendes-óceáni térsége 2007-2012 között megelőzte Észak-Amerikát és Nyugat-Európát, és a PET csomagolás legnagyobb regionális piaca lett. Részaránya 29,4%, Észak-Amerikáé 24,1%, Nyugat-Európáé 19,7%.

A fejlesztés fő célkitűzései továbbra is az áteresztőképesség mérséklése, a tömeg csökkentése, a hulladék újrafelhasználása. Próbálkoznak az előforma előállításával sajtolással.

A hulladék visszaforgatása, azaz az rPET felhasználása jelenleg nő ugyan, de jövője bizonytalan. Az igény iránta attól függ, hogy mekkora lesz a friss anyag és a reciklátum közötti árkülönbség.

Összeállította: Pál Károlyné

Thielen, M.: Vom Glasblasen zum Blasformen = Kunststoffe, 101. k. 5. sz. 2011. p. 84–89.

PET Industry – Plastic Technologies, Inc. www.plastictechnologies.com/company/history/-pet_industry

Mohan A.;M.: PepsiCo elaborates on new green PET bottle technology = Greener Package, 2011. máj. 31, www.greenerpackage.com/bioplastics/

Pepsi develops first 100% biobased PET bottle = Plastics Technology, 2011. máj. www.ptonline.com

Delighio, T.: 2012 plastics packaging predictions = Plastics Today, 2011. dec. 27. www.plasticstoday.com

Plastics Today staff: PET Packaging market to hit \$57 billion by 2017, study says = Plastics Today, 2012. márc. 29., www.plasticstoday.com