

Orientált PP-palackok gyártása

Tárgyszavak: fröccsöntött előforma; extrudált előforma; nyújtva-fúvás; PET; OPP; palack; feldolgozógép; gyártó; gyártás; gázzárás; költségek.

Az orientált polipropilénpalackok (OPP palackok) számos élelmiszer- és nem-élelmiszeripari területen helyettesíthetik az üveget, a PET-et és a PVC-t. *A PP olcsóbb és hőállóbb mint a PET, ugyanakkor kevésbé merev és átlátszó, rosszabbak a gázzáró tulajdonságai.* Az OPP-nek lassú a feldolgozási sebessége, ezért kevésbé gazdaságos a gyártása. Az OPP palackok és tégelyek mégis újból a piaci érdeklődés középpontjába kerültek.

Az átlátszó és merev OPP palackokat egy állomáshelyes fröccsöntő + nyújtva-fúvó gépeken (ISBM) és két állomáshelyes, melegítő alagutas nyújtva-fúvó gépeken (SBM) állítják elő ásványvíz, gyümölcslé, melegen tölthető élelmiszerek, száraz porok és testápolási termékek csomagolásához.

Az OPP palackok könnyebbek az üvegnél és kevésbé törnek. A palackfúvásra alkalmas PET sűrűsége $1,35 \text{ g/cm}^3$, ára kb. 1,39 USD/kg. Az orientált palack gyártásához használt átlátszó PP random kopolimer sűrűsége $0,91 \text{ g/cm}^3$ és ára 1,23 USD/kg körül van. Ez az jelenti, hogy *térfogathoz viszonyítva az OPP palackok 40%-kal olcsóbbak, mint a PET palackok.* Az OPP palackok tömege is kisebb, és átlátszóságuk gyakorlatilag megegyezik a PET flakonokéval.

Észak-Amerikában 2002-ben 57 Mrd PET palackot használtak fel. A nagy teljesítményű, forgóasztalos SBM gépekkel akár 60 E palack is gyártható óránként. Az OPP palackok ezzel szemben még kevésbé terjedtek el, és csak olyan határterületeken alkalmazzák őket, mint a gyermekeknek szánt táplálékkiegészítők és a gyógyszerek csomagolása, főleg Ázsiában és Dél-Amerikában. Ezeket elsősorban egy állomáshelyes ISBM gépeken gyártják, amelyek nem nagyon termelékenyek. Számos feldolgozó nem hisz abban, hogy a PP előformák és OPP palackok mennyisége valaha is el fogja érni a PET-ét.

Az OPP palackok jellemzői

Az OPP palackok alkalmazását eddig a PET-tel szemben mutatott feldolgozási és fizikai tulajdonságbeli hiányosságai gátolták. A PP mellett érvelők

azonban úgy vélik, hogy ezeken az akadályokon úrrá lehet lenni a feldolgozó berendezések átalakításával, az előforma- és a palacktervezés optimalizálásával, a PP alapanyagok módosításával és adalékanyagok hozzáadásával. Ezek figyelembevételével kihozatalban, átlátszóságban, merevségben, szívósságban és az organoleptikus (érzékszervi) tulajdonságokban az OPP teljesítménye összemérhető a PET-ével. *Az OPP palackok akkor lesznek versenyképesek, ha nagy sebességű, forgóasztalos előmelegítővel rendelkező SBM gépekkel gyártják őket.* Ilyenek pl. a **Sidel** és a **SIG Corpoplast** cég gépei. Az egy állomáshelyes ISBM gépek és az in-line melegítő SBM gépek is versenyképes alternatívát jelentenek.

A PP fő problémája az, hogy a PET-hez viszonyítva kevésbé abszorbálja és disszipálja a hőt, az OPP előformák pedig vastagabbak. Így, annak ellenére, hogy a PP-nek kisebb a feldolgozási hőmérséklete (230 °C), az előforma fröccsöntésekor hosszabb a ciklusidő. Az OPP palackokat 130 °C-on fújják, ehhez több energiát használnak fel, hosszabb a hűtési ciklus, mint a PET-nél, és ezáltal a kihozatal is 25%-kal kisebb.

A PP feldolgozási hőmérséklet-tartománya a nyújtva-fúvásnál szűkebb (mindössze 5 °C, szemben a PET 15 °C-os feldolgozási „ablakával”), ami növeli a hiba lehetőségét. A PP nyúlása is más. Ahhoz, hogy a PET-hez hasonlóan átlátszó OPP flakont lehessen gyártani, az orientációt és a nyúlási arányt optimalizálni kell. Az előforma bizonyos részein, pl. a nyaknál és a talprészen, az orientáció kisebb, mint a palacktestben, ami homályossághoz vezethet.

A PP kisebb merevsége miatt az OPP palackok kevésbé terhelhetők felülről és oldalról, mint a PET. A CO₂ gázzal szembeni gyenge zárásuk pedig nem teszi alkalmassá őket szénsavas üdítőitalok forgalmazására. A gyengébb merevséget nagyobb falvastagsággal lehet pótolni. A nagyobb falvastagságot a PP kisebb sűrűsége kompenzálja, ezért az OPP palackok könnyebbek a PET-nél. Az OPP O₂- és CO₂-áteresztése 30-szor nagyobb a PET-énél, ezért gázzárásra csak bevonattal vagy gázzáró anyaggal együtt alkalmasak.

Adalékanyagok hozzáadásával az OPP teljesítménye javítható. Egyik ilyen adalékanyag az átlátszóságot javítja, ezek közül a legismertebb a **Milliken Chemical** nagy teljesítményű, kis maradékanyag-tartalmú *Millad 3988* márkanévű terméke. Az USA-ban ilyen adalékolású OPP flakonokat használnak vitaminok, ásványvizek, teák, gyümölcslevek, mosószerek és gyógyszerek csomagolására. A *Millad* alkalmazása javítja az OPP feldolgozási tulajdonságait, pl. mérsékli a homályosságot (főleg a nyaknál és talpnál), rövidíti a ciklusidőt az előformagyártáskor (gócképző hatás) és növeli a stabilitást a nyújtva-fúvásakor.

Az **Exxon-Mobil**, a **Basell**, az **Atofina** és a **BP Petrochemicals** átlátszó PP alapanyagokat fejlesztett ki OPP palackok gyártásához. A nyújtva-fúváshoz ajánlott típusok átlátszóak, jól folynak, merevek és szívósak. Az új generációs PP-kben kevés a katalizátormaradék és nincs bennük viszkozitást csökkentő peroxid, ami kihat az organoleptikus tulajdonságokra is.

A **Basell metallocénes PP-t (mPP)** kínál *nyújtva-fúváshoz*. A **Metocene X50182 anyagot Sidel** gépen próbálták ki. A palackfal homályossága 1,5%, a felületi fényesség 82% volt. Az **Atofina** cég is kifejlesztett egy mPP-t OPP palackokhoz, amely növeli az átlátszóságot, ha hagyományos PP-vel keverik.

Az OPP palackok előnyei

Észak-Amerikában az OPP palackot gyártó ritka cégek egyike a **Container Corp. of Canada (CCC)**. *EnviroClear* névre keresztelt palackjai „unipolimer” csomagolásnak tekinthetők, mivel a palacktest, a kupak, a tömítőgyűrű és a címke is PP-ből készül. A standard PP kupak jól elfedi a nyakrész homályosságát. A cég nagy előnynek tartja, hogy az OPP-nek jó a záróképessége a nedvességgel szemben, és hogy melegen tölthető.

A CCC 250, 500 és 600 ml-es OPP palackokat fúj hagyományos előformából, ízesített ásványvizek töltéséhez. Emellett nedvességtől óvandó száraz porokhoz és melegen tölthető élelmiszerekhez (pl. majonéz) is gyárt OPP flakonokat. A CCC melegen tölthető OPP palackjainak gyártási költsége kb. 35%-kal kisebb, mint az ugyanilyen PET-ének.

Bár az egyrétegű PET palackok oxigén- és széndioxid-zárása gyenge, mégis messze felülmúlja az egyrétegű OPP-ét. Ez leszűkíti az utóbbiak alkalmazási lehetőségeit a nagyon rövid ideig eltartható, gázzárást nem igénylő termékekre, főleg 500 ml alatti térfogatban. Ezek a sportitalok, az ásványvizek, bizonyos élelmiszerek és a nem-élelmiszeripari termékek.

Az OPP előnye a jó hőállóság, ellenáll a 96 °C-os töltési hőmérsékletnek is, míg a PET csak 70-75 °C-os anyaggal tölthető hőkezelés nélkül. Vákuum-elemekkel a PET palack 80 °C felett is tölthető deformálódás nélkül. A PET melegen töltése előtt általában hőkezelésre van szükség, ami a nagyobb falvastagság és a lassúbb gyártás miatt 20%-kal növeli meg a költségeket.

Az egyrétegű OPP palack nem igényel előzetes hőkezelést, 80–95 °C között tölthető. Ez lehetőséget ad a gyümölcslevek, dzsemek, zselék, savanyúságok és a paradicsomalapú szószok csomagolására.

Az OPP palackok gyártása

A **Bekum** és a **CCC** PET-feldolgozó berendezéseket alakított át OPP palackok gyártásához. Az in-line előforma-melegítővel felszerelt, legfeljebb 8-fészes SBM rendszerekkel közepes térfogatú OPP flakonok gyárthatók gazdaságosan (1. táblázat). 6–7 évvel ezelőtt a CCC kezdeti erőfeszítéseit OPP palackok gyártására megghiúsította, hogy nem voltak kereskedelmi forrásból származó megfelelő gépek és szerszámok. A CCC végül is saját tervezésű berendezéssel állt elő, amely az *EnviroClear* elnevezést kapta, és amely PET feldolgozására is alkalmas. A berendezést most egy kínai partnercéggel közösen gyártják 2–8 fészes szerszámokkal. A 4-fészes egység ára az USA-ban

250 E USD. Teljesítménye 900 palack/h/fészek, de a következő generációjú berendezések kapacitása fészkenként eléri az 1100 palack/h értéket. A széles szájú tégelyeket gyártó fúvógépet is hamarosan piacra dobják. A CCC kínai gyártmányú előformákat és SBM szerszámokat is kínál 32 fészekszámgig, amelyek 40–80%-kal olcsóbbak a hasonló termékeknél.

1. táblázat

Az OPP palackok csökkentik a gyártási költségeket*

Palacktípus	Tartalom	OPP előnye a PET-tel szemben, %
Egyadagos, szűk nyakú üdítőitalos palack		
Egyrétegű/melegen tölthető	izotóniás ital	20
Egyrétegű/hidegen tölthető	izotóniás ital	7
Gázzáró/melegen tölthető	gyümölcslé, tea	12
Gázzáró/hidegen tölthető	gyümölcslé, tea	1
Szűk nyakú készételes palack		
Egyrétegű/melegen tölthető, 680 ml-es	salátaöntetek	11
Széles szájú készételes palack		
Gázzáró/melegen tölthető, 680 ml-es	szószok	13
Gázzáró/melegen tölthető, 1360 ml-es	szószok	8
Szűk nyakú, nem élelmiszeres palack		
Egyrétegű/hidegen tölthető, 680 ml-es	mosó- és tisztítószer	11

* Előforma-melegítő SBM géppel gyártva. Tartalmazza az anyag- és beruházási költségeket.

A CCC szerint kritikus pont az optimális előforma kialakítása. Saját előformáik 50%-kal jobban nyúlnak, mint a PET, ezáltal javul a kész palackok átlátszósága. A CCC elindította szolgáltatását OPP előformák és palackok prototípusának elkészítésére.

A CCC széles szájú edényei salátaöntetek, savanyúságok és porok csomagolására alkalmasak, az összenyomható flakonokat pedig samponokhoz, szájvizekhez és orvosságokhoz ajánlják. Ahhoz, hogy a palack felső részének terhelhetőségét és szilárdságát növeljék, nitrogéngázt injektálnak a töltés után az OPP flakon fejrészébe.

A **Bekum America** cég előforma-melegítő SBM PET fúvógépeit (mint pl. a kétfészekes *RBU-225*) alakította át PP feldolgozására. A Bekum első, teljesen elektromos SBM gépét speciálisan PP-re tervezték. A hatfészekes *SB-6* névleges kapacitása óránként 7200 palack, ami a PET-hez képest 15%-kal kisebb teljesítmény.

A **Plastic Technologies Inc. (PTI)** PET előformákat, szerszámokat és palackokat tervez és prototípusokat készít. A PTI véleménye szerint, az OPP palackok gyártásában rejlő költségcsökkentések kiaknázásának legjobb útja az, ha nagy kapacitású, forgóasztalos, előformamelegítő SBM gépet használnak, amelynek teljesítménye 1000 palack/fészek/h. A PTI számítógépes szimulációt alkalmazott 24 grammos OPP flakon **Sidel** gépen való gyártására és megállapította, hogy az egy palackra eső költség átlagosan 10 centtel volt kisebb, mint a PET palacké. Ugyanakkor a hagyományos, 600 db/fészek/h kapacitású OPP palack gyártásakor a költségek meghaladják a PET-ét.

Az OPP palackok gyártásának optimalizálása szigorú szabályozást igényel. Ha a palackokat kissé az OPP optimális hőmérséklet-tartománya alatt fűjják, akkor a nyúlás és az átlátszóság nem lesz megfelelő, vagy túlfújhatják az előformát. Az optimális hőmérsékletablak feletti fűvaskor a palacktest, a nyakrész és a talp homályos marad, a falban gyenge lesz az anyageloszlás, a palack beragadhat, ami a feldolgozás leállításához vezet.

Az 1000 palack/fészek/h teljesítmény eléréséhez a PTI laboratóriumi tanulmányokat folytatott, és a **Virtual Prototyping** cég szoftverét használta, hogy a „gyorsan melegedő” („fast-heat”) adalékanyagok hatását előre jelezhesse. Ezek az adalékok gyorsítják a PET előformák hőfelvételét. A PTI a jelenleg használt hűtési módszereket is modellezte, hogy gyorsítsák a PET palack feldolgozását. Úgy vélik, hogy ezek a technológiák sikeresen átültethetők az OPP palackok gyártására is. A „fast-heat” adalékanyagokat a **Colormatrix** cég gyártja mesterkeverék formájában. A PET előformák melegítésekor használt anyagok az OPP-nél is hatásosak lehetnek.

Az **ExxonMobil** ugyancsak modellezte az OPP palackok gyártását forgóasztalos, előforma-melegítő SBM rendszerekkel. Módosított **Sidel** berendezéseket, speciális előformákat és *PP9505E1* típusú PP alapanyagot használtak. Ennek a PP-nek a folyási száma 30 g/10 min, homályossága 6% volt 1 mm vastagságban. Az OPP palackok homályossága 2%-nál kevesebb.

A cég azonos tervezésű és tömegű, 750 cm³ térfogatú OPP és PET palackok prototípusát hasonlította össze. Az OPP előformák szélesebbek és hosszabbak, mint a PET előformák, ami kisebb nyújtási arányt von maga után, ugyanakkor jobb a tengely- és sugárirányú nyúlás. Az OPP előformákat vékony falúra tervezték, hogy gyorsítsák a melegítést és a lehűtést. Az OPP előformák adagolása az előmelegítő kemencéhez gyorsabb volt a PET-nél tapasztaltnál, a robottal végzett elvétel pedig nagyjából azonos ciklusidőt eredményezett mindkét anyagnál. A számítógépes szimuláció azt mutatta, hogy OPP előformák fröccsöntése 48-fészkes szerszámba rövidebb ciklusidőt eredményezhet, mint ugyanez PET-tel.

Az organoleptikus tulajdonságok szintén megegyeznek a PET-ével. Az összenyomási szilárdság valamivel kisebb volt, mint az azonos tömegű PET palacké. A PET palack ejtési szilárdsága szintén jobb valamivel, de az egyrétegű OPP palackoké is elegendő hidegben való alkalmazáshoz.

A **Sipa** cég „egy és fél állomáshelyes” integrált ISBM gépeivel is gazdaságosan gyárthatók OPP palackok. Ez a gép kombinálja az előforma fröccsöntését és a palack fúvását. A lépések mechanikailag különállók, de robot elvevő és szállítószalag révén összekapcsolódnak. Az *FX20/80E* berendezést adaptálták OPP-re, kihozatala 30 E palack/h. Ezt speciális csigával és átalakított melegítő kemencével érték el. A Sipa vastagabb, erősen nyújtható előformákat részesít előnyben, amelyeknek jó az átlátszósága és a falvastagság-eloszlása. A Sipa OPP palackjai víz, tej és melegen tölthető termékek csomagolására használhatók.

A **Nissei ASB** cég egy-állomáshelyes, ISBM OPP palackgyártó berendezése az USA piacán olyan helyeken alkalmazható, ahol nedvességet kizáró és autokláv hőmérsékletét elviselő edényeket (pl. gyógyszer-csomagoló eszközöket) kell gyártani. A Nissei *ASB-650EX3* fúvógépeit speciális barriercsigával és előkondicionáló állomással szerelték fel az előformagyártáshoz.

A **Graham Packaging** cég extrudált előformából fűjt PP edényeket mutatott be elsőként, amelyek ellenállnak a hőkezelési hőmérsékletnek. A 650 ml űrtartalmú PP flakonok fémdobozokat helyettesíthetnek a barack- és vegyes gyümölcskonzervek csomagolásában. Az edényeken speciális elemeket alakítottak ki, amelyek révén ezek ellenállnak a 120 °C-os, 45 percig tartó hőkezelésnek, és a lehűtés után visszaalakulnak eredeti méretükre. A hatrétegű PP edény tömege 700 g, O₂-záró és UV-elnyelő réteget tartalmaz.

Gázzáró OPP palackok

A chicagói **Pechiney Plastics Packaging Inc. (PPPI)** háromrétegű, PP/EVAI/PP felépítésű orientált gázzáró palackokat gyártott átalakított **Sidel** forgóasztalos, előformamelegítő SBM géppel. A PPPI úgy módosította a külső réteget alkotó PP-t, hogy az ragasztóanyag nélkül is erősen tapadjon a gázzáró EVAI réteghez. A *Gamma Clear* elnevezésű palackok 450 és 740 ml térfogatúak, széles szájúak (63 mm) és 205 °C-ig hőállóak, ezért versenytársai az üvegnek és a PET-nek. A cél az volt, hogy a hosszabb eltarthatósággal, a jó O₂-zárással és a melegebb töltési hőmérséklettel az üveget lehessen helyettesíteni. A csomagolandó anyagok különböző színek, amelyeket jellemzően üvegbe töltenek 195 °C-on. Az OPP flakonok olcsóbbak. Kereskedelmi forgalomba 2005-ben kerülhetnek.

A 180 °C-ig tölthető PET palackokon különböző vákuumelnyelő és merevítő elemeket kell elhelyezni. OPP palackokon ezekre még magasabb töltési hőmérsékleten sincs szükség, ezért nagyobb felület jut a címkézésre és a díszítésre, ami manapság igen fontos piaci elem.

A **Kortec** cég is többretegű OPP flakonokat szándékozik gyártani. A hőálló OPP melegen tölthető és pasztörözhető, az üveg mellett a fémdobozokat is kiválthatja.

Az OPP gázzáróvá tételének másik módja a PET palackokhoz kifejlesztett különböző bevonási technológiák átvétele. A **PPG Industries Bairocade** epoxi-amin bevonata javítja az OPP O₂-zárását. A bevonatot a palack külső részére szórják fel, majd hő hatására kikeményítik. A PPG változtatja a bevonatok összetételét és vastagságát, hogy a gázzárás megegyezzen az egyrétegű vagy növelt záróképességű PET palackokéval.

Az OPP palackokat a bevonat jó tapadásához plazma-, láng- vagy koronakezelésnek kell előzőleg alávetni. Ezek a lépések a gyártási folyamatba csekély költséggel in-line beépíthetők.

A **CCC** merítéses bevonási technológiát fejlesztett ki. Ez a módszer kisebb méretű, nem hengeres és szokatlan alakú OPP flakonoknál hatásos. A CCC által kialakított berendezéssel 3600-5600 palack kezelhető óránként.

Dr. Lehoczki László

Leaversuch, R.: OPP bottles. Has their time come? = *Plastics Technology*, 50. k. 5. sz. 2004. p. 56–58, 60–63, 77.

PP bottle stands up to retorting. = *Plastics Technology*, 50. k. 5. sz. 2004. p. 19.

Röviden...

Zárótulajdonságú „nanoanyag”

A dél-koreai **LG Chem** cég a nanotechnológia alkalmazásával olyan anyagot állított elő, amely visszatartja a gáz-, oldószer- és vízmolekulákat is. A nanoméretű agyagrészecskéket – a felhasználástól függően – poliolefin- vagy poliamidmátrixba ágyazzák. A *Hyperier* márkanévű termékeknek jó a hőállósága, az ütésállósága, és üzemanyagtartály vagy kozmetikum, növényvédőszer, élelmiszer csomagolására szánt palack, doboz készítésére alkalmazható. A cég célkitűzése, hogy 2008-ra a gázzáró polimerek világpiacának 30%-át uralja.

(*Modern Plastics International*, 34. k. 4. sz. 2004. p.13.)