

Fenntarthatóság a műanyagiparban

A műanyagok fenntarthatóságának vizsgálatakor a környezeti, gazdasági és társadalmi hatásokat is figyelembe kell venni. A csomagolóipar egyre gyakrabban használ alternatív forrásokat a hagyományos alapanyagok kiváltására. A bioalapú és újrahasznosított műanyagok feldolgozhatóságát és tulajdonságait javítani kell, hogy megfeleljenek az iparági követelményeknek.

Tárgyszavak: fenntarthatóság, újrahasznosítás, bioalapú műanyagok, fröccsöntés, csomagolás

A műanyagok fenntarthatóságának vizsgálata során fontos figyelembe venni a környezeti, gazdasági és társadalmi hatásokat. Gazdasági szempontból a tipikus újrahasznosítási műveletek pénzügyileg nem hatékonyak, kevésbé jövedelmezőek, néhány kivételtől eltekintve az újrahasznosított termékek kevésbé értékesek a piacon, mint az újonnan előállítottak. Az értékcsökkenés miatt a hagyományos újrahasznosítás közvetlen és közvetett állami támogatást igényel, ami nemcsak gazdaságilag rontja a hatékonyságot, hanem politikai kérdéseket is felvet az újrahasznosító iparág általános közfinanszírozási modelljével kapcsolatban. Ugyanakkor, a hagyományos vélekedésekkel ellentétben, a tudományos életciklus elemzések azt mutatják, hogy a műanyagoknak jellemzően kisebb a szénlábnyoma, így a jelenleg használt anyagok környezetbarátabb alternatíváit jelentik számos alkalmazásban.

Fenntartható anyagokból készült csomagolások

A csomagolóiparban egyre gyakrabban használnak alternatív anyagokat, és a gyártók azon dolgoznak, hogy javítsák ezeknek a bioalapú és újrahasznosított műanyagoknak a feldolgozhatóságát.

A bioalapú anyagok és kompaundok a merev és rugalmas csomagolási alkalmazásokban potenciálisan csökkentik a szénlábnyomot és a fosszilis alapanyagok felhasználását. A technológiai fejlődés javítja ezeknek az anyagoknak a feldolgozhatóságát, ami jobb minőségű terméket, a fosszilis alapú műanyagokhoz hasonló teljesítmény jellemzőket eredményez. Az olyan új eljárásokkal, mint a közvetlen kompaundálás anyagmegtakarítás érhető el, a mikrocellás fröccsöntés pedig a termék súlyának csökkentését kínálja rövidebb ciklusidővel és kisebb energiafogyasztással.

A **Nissei Plastic Industrial** fröccsöntő gép gyártó a politejsav (PLA) csomagolóanyagok gyártásfejlesztésére fókuszál. Az *N-PLAjet* speciális fröccsöntő rendszer hőállóságot biztosít a PLA termékeknek akár 120 °C-ig. A gyenge hőállóság a PLA termékek egyik hátránya volt eddig.

A Nissei csoport tagja, a **Negri Bossi** új fröccsöntési technológiával gyárt PLA palackokat, amelyhez „fűvási minőségű” alapanyagot fejlesztett ki. Ehhez általános célú fröccsöntő gépet és speciális szerszámot használnak. A *Nova5eT* elektromos gépek ötödik generációjával a palackokat egyetlen üregben gyártják. A berendezés jellemzői közé tartozik az előző sorozathoz képest akár 15%-kal kisebb helyigény, az új zárómechanizmus, amely egyenletes és optimális érintkezési nyomást generál, a rendkívül dinamikus nyitási/zárási sebesség automatikus erőbeállításal, a rövidebb felmelegedési és plasztikálási időkre tervezett befecskendező egység, valamint a *Tact V* vezérlő, amely könnyebben csatlakoztatható más eszközökhöz és lehetővé teszi a gép pontos átfedési mozgását a rövidebb ciklusidők érdekében. Az automatizált rendszerbe beépítettek egy in-mould címkézési (IML) rendszert is.

A **Nissei** új PLA/falaszt kompozit anyaga példa a 100%-ban növényi alapú kompozitok gyakorlati alkalmazására. A falaszt fűrészáruból és fahulladékból készül. A fát hőálló PLA anyaggal kombinálják

és többek között evőeszközöket készítenek belőle, amely megfelel a Japán és az EU élelmiszerekkel való érintkezésre vonatkozó biztonsági előírásainak.

A **Nissei** vékonyfalú és átlátszó PLA feldolgozási technológiája javítja a politejsav folyóképességét és a termék szerszámból való kivételét. A technológia megoldást jelent az egyszer használatos, vékonyfalú poharak műanyag hulladékának csökkentésére.

A **KraussMaffei** gépgyártó a közvetlen kompaundálásos fröccsöntési (DCIM) eljárás kifejlesztésével a keverő és fröccsöntő gépeket kombinálja, ami megoldást jelenthet az újrahasznosított anyagokból készült, fenntartható termékek iránti növekvő keresletre, ezzel párhuzamosan energiatakarékos és költség-hatékony gyártási megoldást kínál. A DCIM akár ötven százalékos anyagmegtakarítást is eredményezhet a csomagolóanyag gyártásban. A technológia a kompaundálást és a fröccsöntést egy lépésben egyesíti, lehetővé téve az adalékanyagok bekeverését az anyagtulajdonságok optimalizálása érdekében, miközben csökkenti az anyag degradációját, az energiafogyasztást és a CO₂-kibocsátást. A speciálisan kialakított, 30:1 L/D arányú egycsigás extruder 50–2000 g tömegű termékek gyártására alkalmas. A szerszámzáró erő általában 160 és 1100 tonna közötti. Az extrudert a fröccsöntő gép fröccsége fölé helyezték el, így az extruderből kijövő ömledék hűtés és puffertárolás nélkül közvetlenül a lágyító egységbe kerül egyetlen fűtési ciklusban.

Az extruder működését a fröccsöntő gép vezérlőmodulja vezérli. Az extruder és a fröccsöntő gép szakaszosan működik, az extruder leáll, amikor eléri a fröccsöntési térfogatot a következő fröccsöntési ciklushoz. Egy öt részből álló poliolefin összecsukható láda gyártása során, a három különböző viszkozitású kiindulási anyagot egyetlen homogén olvadékká egyesíti a DCIM. A töltőanyag mesterkeverék, stabilizáló adalékok és csillámos vas-oxid. Az újrahasznosított anyagok használata akár 50%-kal is csökkentheti az anyagköltségeket. A DCIM egység 35 másodperces ciklusidő alatt gyártotta le az 1000 g-os összecsukható ládát. Az anyagok széles skálája feldolgozható, legyen szó nehezen feldolgozható, fenntartható, újrahasznosítható anyagokról, polimer keverékekről vagy nyúlós anyagokról, valamint erősítő-, adalék- vagy töltőanyagokról. Ilyenek például a PET pelyhek, az őrlemények, a bambusz, a fa vagy az üvegszál. Ha nincs szükség kompaundálásra, a DCIM szabványos fröccsöntő gépként használható bonyolult átalakítási munkák nélkül, egyszerűen az extruder elforgatásával.

A **Yizumi Precision Moulding Technology** fröccsöntő gép gyártó szerint a PLA feldolgozás egyik kihívása az ömledékindex (jellemzően 3–5 g/10 perc), ami megömléstési nehézségeket okoz. A **FoamPro** technológia, amelyet eredetileg autóiipari és háztartási gépekhez fejlesztettek ki, a **Trexel MuCell** mikrocellás rendszerének adaptációja. Az anyag habosítása csökkenti a termék súlyát, a szerszámzáró erőt, a vetemedést és a ciklusidőket. Az eljárás felmelegíti és túlnyomás alá helyezi a nem gyúlékony gázokat vagy a szén-dioxidot, így az szuperkritikus állapotba kerül, amelyben a gáz folyadékként viselkedik. A szuperkritikus folyadékot pontosan adagolják a fröccsgép hengerébe, lehetővé téve az olvadt műanyag és a fluidizált gáz egyfázisú oldattá való keverését. A szuperkritikus folyadék nagy nyomás alatt feloldódik az ömledékben. A szerszám belsejében a gáz kitágul és rendkívül egyenletes, 5–50 mikron átmérőjű zárt cellákat képez. A habosított anyag cellaszerkezete jobb mechanikai tulajdonságokat biztosít kisebb sűrűség mellett, mint a hagyományos habosítási eljárások. A PLA anyaggal a **FoamPro** megoldás jobb folyóképességet és könnyebb fröccsöntést eredményez, lehetővé teszi a termék falvastagságának változtatását, a termék stabilitásának javítását és súlyának 5%-os, valamint a záróerő 20%-os csökkentését. A mikrocellás habosított csomagolás vastagabb, erősebb és jobb a hőszigetelése, mint a hagyományos fröccsöntött csomagolóanyagoké azonos tömeg mellett.

A **Cabopol** biológiailag lebomló és komposztálható **Biomind** polihidroxialkanoát (PHA) anyagai alkalmasak kávékapszulák gyártására. A fenntarthatóság érdekében megújuló erőforrásokból származó polimerek ellenállási és barrier tulajdonságai biztosítják a termék integritását, a talajban és a vízben is lebomlanak, csökkentve a környezetre gyakorolt káros hatást. A **Biomind** család **OK Compost** és **OK Home Compost** tanúsítvánnyal rendelkezik, megfelelve a biológiai lebonthatóságra vonatkozó szigorú szabványoknak. A termékek a hagyományos műanyag kapszulákhoz hasonló teljesítmény jellemzőkkel rendelkeznek.

A **Cabopol Sofiprime** polipropilének jelentős versenyelőnyrel rendelkezik a költséges záróanyagokhoz, például az EVOH-hoz, a PBT-hez és az alumíniumhoz képest, miközben fenntartják az egyensúlyt a költséghatékonyság, valamint az oxigén és a vízgőz záró tulajdonságok között, így nincs szükség további másodlagos csomagolásra, például laminált tasakokra. A kapszulacsomagolások biztosítják a termék integritását és könnyen újrahasznosíthatók, amely összhangban van a fenntarthatósági célkitűzésekkel és aktívan hozzájárul a csomagolóipar zöldebb jövőjéhez.

A **Greiner** áttörést ért el az rPET poharak gyártásában, a korábban polipropilénből készült vékonyfalú fröccsöntött poharak most már előállíthatók rPET-ből is. Különösen fontos volt olyan megoldás kifejlesztése, amely nemcsak innovatív, hanem megfelel a gyártók ipari követelményeinek is, miközben csökkentik a CO₂-kibocsátást. A PET polimert leginkább hőformázásra, fröccsöntött palackok és dobozok előállítására használják. A vékony falú poharakat főként polipropilénből fröccsöntötték, de ennek a polimer típusnak a mechanikai újrahasznosíthatósága nem kapott pozitív véleményt az Európai Élelmiszer Szabványügyi Hatóságtól. A fröccsöntött poharak most már akár 100% rPET-et is tartalmazhatnak, ami más anyagokhoz képest akár négyszer kevesebb CO₂-kibocsátást eredményezhet. A fröccsöntési eljárás biztosítja, hogy a pohár falvastagsága egyenletes legyen. Ez az uniformitás növeli a pohár terhelhetőségét, javítja a termék minőségét és esztétikáját. A fröccsöntött csészék in-mold címkével díszíthetők.

2021 januárjában az Európai Unió kutatási és innovációs programja, a Horizon 2020 elindította a *Preserve* projektet azzal a céllal, hogy az élelmiszer- és italcsomagolásban használt fosszilis alapú műanyagokat bioalapú műanyagokkal váltsa fel és előmozdítsa az ilyen műanyagok körforgásos felhasználását a csomagolástervezés, a hulladékgazdálkodás és az újrahasznosítás terén meglévő technológiák fejlesztésével. Olyan innovatív bevonat- és ragasztástechnológiai eljárásokat fejlesztenek ki, amelyekkel a fogyasztási cikkekben használt csomagolások 60%-át bioalapú anyagokkal tudják helyettesíteni.

A bioműanyagok tulajdonságainak javítását célzó egyéb *Preserve* projektek közé tartozik a bioalapú ragasztók fejlesztése, az e-sugársugárzás alkalmazása a barrier és a mechanikai tulajdonságok, valamint erősített polimer technológiák fejlesztése az újrahasznosított bioműanyagok tulajdonságainak javítására. A projekt szabványokat és tanúsítási rendszereket dolgoz ki az újrahasznosítható és biológiailag lebomló bioműanyagokból készült csomagolóanyagokra vonatkozóan, és olyan műanyag újrahasznosítási technológiákat fejleszt ki az élelmiszer- és italcsomagoláshoz, amelyek csökkentik a mikroműanyagok keletkezését. A *Preserve* projekt célja, hogy az élelmiszer csomagolóanyagok legalább 85%-ban bioalapú anyagokat tartalmazzanak.

Az **Aimplas** azzal a céllal csatlakozott a projekthez, hogy minimalizálja a fosszilis alapú műanyagok használatát azáltal, hogy ösztönzi az azonos és még jobb tulajdonságokkal rendelkező bioműanyagok fejlesztését. Az **Aimplas** a fosszilis alapú csomagoláshoz hasonló vízgőz záró tulajdonságokkal rendelkező PHA alapú bevonatok kifejlesztésén dolgozik. Az anyagok életciklusának végén a biopoliészterek enzimikus újrahasznosításával is foglalkoznak, együtt a bioműanyagokba ágyazott enzimek használatával a biológiai lebonthatóság javítása érdekében, valamint enzimaktiv anyagokat is használnak többretegű szerkezetek delaminálására, ami szintén javítja az anyagok újrahasznosíthatóságát.

A BASF fenntartható megoldásai

Az *Ultramid Cycled* fenntartható poliamid kémiai újrahasznosítható alternatív nyersanyagforrás. A kémiai újrahasznosítás során nehezen recikálható műanyag hulladékokat használnak, például elhasznált gumiabroncsokat vagy vegyes háztartási csomagolásokat. Az újrahasznosított alapanyagot a textiliparban és csomagolásokhoz használják fel. Mivel az *Ultramid Cycled* ugyanolyan minőségű, mint a hagyományos poliamid, ideális a szigorúan szabályozott alkalmazásokhoz, például élelmiszerek csomagolásához is.

A *Styropor Cycled* előállítása során fosszilis alapanyagok helyett újrahasznosított alapanyagokat használnak. A körforgásos nyersanyag mennyiségét tanúsított anyagmérleg-módszerrel rendelik hozzá a termékekhez. A *Styropor Cycled* ugyanolyan tulajdonságú és kiváló minőségű, mint a hagyományos *Styropor*, ezért különösen alkalmas hőmérséklet-érzékeny alkalmazásokhoz a gyógyszeriparban és az

élelmiszeriparban, például halak, fagyasztott élelmiszerek vagy vakcinák szállítására. Védőcsomagolás-ként szolgál sérült áruk, például elektromos készülékek számára is.

A csomagolási piac jelenleg két fő kihívással néz szembe: a monoanyagú megoldások felé mutató trenddel és a csomagolás lehető legegyszerűbb és leghatékonyabb újrahasznosításával. Az *Ultradur Barrier* PBT polimer pontosan ezt a rést tölti ki. Valódi monoanyagként előnyöket kínál a válogatás és az újrahasznosítás terén, ugyanakkor kiváló záró tulajdonságok jellemzik. A PBT ideális fóliák extrudálásához és hőformázásához, így megfelel a korszerű és fenntartható csomagolás követelményeinek.

A vízbázisú *Epotal* laminátum ragasztók fenntartható alternatívát jelentenek az oldószeralapú és oldószermentes termékekkel szemben. Nagy kezdeti kötési szilárdságuk lehetővé teszi a laminátumok azonnali további feldolgozását. A kikeményedési idő minimális, ami jelentősen lerövidíti a gyártást. Kémiai összetételüknek köszönhetően a vízbázisú ragasztók eredendően biztonságos rendszerek. Az *Epotal* a flexibilis csomagolás életciklusának végén megkönnyíti a többrétegű csomagolóanyagok újrahasznosítását azáltal, hogy a fólia egyes rétegei könnyen elválaszthatók egymástól. A teljes mértékben komposztálható csomagolás eléréséhez az *Epotal* ragasztók kombinálhatók papírral, a **BASF** *ecovio* biopolimerével vagy más komposztálható polimerekkel.

A *Joncryl* termékek akár 64%-ban is tartalmazhatnak bioalapú anyagot. Jelentősen csökkentik a CO₂-kibocsátást, akár nettó zéró szénlábnomig, anélkül, hogy kompromisszumot kellene kötni a minőség és a teljesítmény terén. A *Joncryl* élelmiszerekkel való érintkezésre jóváhagyott, papír és karton csomagolások bevonataiban használják. Nemcsak azonos szintű vízállóságot és hőszigetelő tulajdonságokat kínálnak, mint a hagyományos extrudált bevonó rétegek, hanem korlátozzák a zsír, ásványolaj, víz (gőz) és oxigén áteresztését is.

Az *ecovio* biopolimerek kínálata tanúsított házi és ipari komposztálható típusokkal bővült. Az új bevonat élelmiszerekkel érintkezhet, kiváló a zárása folyadékokkal, zsírokkal és olajokkal szemben, valamint hőstabil forrásban lévő vízben. Nagyon jól tapad a papírhoz és a kartonhoz, ezért fagylaltcsészékhez, joghurtos poharakhoz, kávékapszulákhoz, valamint meleg és hideg italos csomagolásokhoz használható. A csomagolóanyag komposztálható házilag vagy ipari komposztáló létesítményekben a nemzeti jogszabályoknak megfelelően, így támogatja a szerves anyagok újrahasznosítását és a körforgásos gazdasági célokat.

Az *IrgaCycle* adalékanyag családdal növelhető a maximális újrahasznosított anyagtartalom a műanyag csomagolásban. Csökkenti a gélképződést és az újrahasznosított anyagok használata során fellépő hibákat. Az *Irgastab* gócképző és *Irgaclear* átlátszóságot javító adalékanyagok rendkívül hatékony megoldások a csomagolóanyagok mechanikai tulajdonságainak és átlátszóságának javítására, miközben biztosítják azok újrahasznosíthatóságát. Az alacsony koncentráció segít elkerülni az adalékanyagok felhalmozódását a több ciklus során, ami ronthatja a késztermék jellemzőit.

Összeállította: dr. Lehoczki László

Knights, M.: Innovations in packaging with sustainable materials = Injection World, 7–8. sz. 2023. pp. 29–35.

Plastic injection molding : Sustainability in Plastic Industry,

<https://theenterpriseworld.com/plastic-injection-molding-sustainability/>

BASF at interpack 2023: Shaping the future of the packaging industry with sustainable solutions, 2023. április 23.,

<https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2023/04/p-23-183.html>

Interpack 2023: Greiner's injection molded rPET cups take center stage after technical breakthrough, 2023. május 1.,

<https://www.packaginginsights.com/news/interpack-2023-greiners-injection-molded-rpet-cups-take-center-stage-after-technical-breakthrough.html>