

A csomagolófóliák gyártásának fejlesztése

A csomagolófóliák felhasználása és minőségük javítása iránt fokozódnak az igények. A feldolgozó-gyártók ennek megfelelően folyamatosan fejlesztik extrudereiket, szerzsámaikat és a kiegészítő berendezéseket. Kisebb mértékben, de bővül az erre a területre szánt anyagok választéka is.

Tárgyszavak: csomagolástechnika; műanyag-feldolgozás; fólia; többrétegű; feldolgozó-gép; extruder; szerzsám; segédberendezés; alapanyag; fejlesztés; nanokompozit.

Németországban az összes felhasznált műanyag egyharmadából – 2006-ban 11,5 milliárd EUR értékben – csomagolóeszköz készült, és ennek 50%-a fólia volt. A hagyományos anyagok, mindenekelőtt az üveg, a bádog és az alumínium helyett egyre gyakrabban használnak műanyagot, és belátható időn belül valószínűleg ebből készítik majd a konzervdobozokat is. A feldolgozó-gyártók mindent megtesznek, hogy kielégítsék az új igényeket.

A csomagolásnak nagyon sok funkciója van. Mindenekelőtt védelmet nyújt: megvédi az árut a környezeti hatásoktól és megvédi a környezetet az áru által okozott esetleges szennyeződéstől. Lehetővé teszi, hogy a vásárló a számára szükséges adagot vásárolhassa meg. Megkönnyíti a szállítást és a raktározást. Növeli az áru eltarthatóságát, megőrzi frissességét. Vonzó megjelenésével kelletti magát.

A sokféle elvárásnak egy egyrétegű fólia nem tud megfelelni, ezért a korszerű csomagolófóliák több rétegből épülnek fel, és a különböző rétegek különböző funkciókat látnak el. Az egyik pl. merevebbé teszi a fóliát, a másik javítja a záróképességet, a harmadik a hegesztést könnyíti meg vagy nyomtathatóvá teszi a fóliát. Egy-egy réteg többféle funkciót is betölthet. *A 3-rétegű fóliák már kommersz termékek, és egyre többet használnak fel belőlük. Az 5- és 7-rétegűek sem tartoznak a ritkaságok közé, és 9-rétegű is kapható a piacon. Küszöbön áll a 11-rétegű fóliák üzemszerű gyártása.* Az egyes rétegek egyre vékonyabbak. Néhány évvel ezelőtt a fóliagyártók pl. még büszkék voltak az 5 µm-es EVOH rétegre, de ma már akár 1 µm is lehet ez a záróréteg. A megengedett csekély szórás betartása ilyen mérettartományban természetesen nagyon erős kihívás a gépgyártók számára.

A következőkben – a teljesség igénye nélkül – bemutatunk néhány újdonságot és fejlesztési irányt, amelyekkel a fóliagyártó gépek előállítói és részben az anyaggyártók igyekeznek hozzájárulni ahhoz, hogy a csomagolófóliák egyre jobbak, vékonyabbak és gazdaságosabbak legyenek.

Extrudertechnika

Az elmúlt években egyre több áttétel nélküli, *direkt hajtású extrudert* gyártottak, amelyek energiatakarékosak, ritkábban kell őket karbantartani, kevésbé kopnak, halkabban járnak és kisebb helyen is elférnek, ami különösen koextrudáláskor előnyös. Egyenáramú motorok helyett újabban számos gépgyártó használ *váltóáramú motorokat*, mert ezek kevesebb törődést igényelnek. A **Battenfeld Extrusionstechnik** egyik új gépébe vízzel hűtött háromfázisú váltóáramú motort épített be, mert így tudta az extrudert a legtömörebben összeépíteni. A **Kiefel** és a **Windmöller & Hölscher (W&H)** cég a *váltóáramú szinkronmotorok* alkalmazását véli a jövő útjának. A motor-technológia adott, de az eddigi szinkronmotorok még nem elég erősek ahhoz, hogy egy nagyobb extrudert hajtsanak. Öntött fóliák hűtőhengerének hajtásához – nagyon pontos futása miatt – már használnak szinkronmotorokat.

W&H cég olyan *univerzális csigákkal* látja el extrudereit, amelyek többféle műanyag feldolgozására alkalmasak. A **Kiefel** cég is erre törekszik. Polietilénfóliák gyártására épített extrudereit a nagy szállítási sebesség és energetikai előnyei miatt mindig hornyolt hengerrel készíti; záróréteges fóliákhoz azonban sima falú extrudert ajánl, mert ebben kíméletes plasztikálás mellett is homogénebb az ömledék.

A *csigák fordulatszáma* az 1960-as évektől kezdve egyre nő. A nagy fordulatszám a kétszigás extruderekben ma már általános, de az egyszigás extruderekben még vannak tartalékok. *A fordulatszám növelése révén kisebb lehet az extruder, csökken a hajtás költsége, megrövidül az anyag tartózkodási ideje a gépben, gazdaságosabbá válhat a termelés.*

A gyártósorokban fokozódik a modulszerű felépítés, mert ez lehetővé teszi a feldolgozó számára a célnak leginkább megfelelő kialakítást. Arra törekszenek, hogy az egyes modulokat saját szabályozással lássák el, amelyet alárendelnek egy központi szabályozórendszernek. Ezáltal az egész gyártási folyamatot finomabban lehet vezérelni.

A fóliafűvás eszközei

A fóliafűvás fejlesztésekor arra törekszenek, hogy növeljék a minőséget és a hatékonyságot, pl. a szerszámok, a hűtés és a fóliaszalag minél kíméletesebb elvezetésével.

A fólia minősége jórészt már a fűvőfejben eldől. Meghatározó itt a rövid tartózkodási idő, a jó ömledékeloszlás, a kis nyomáscsökkenés, a többretegű polimeráram stabilitása. A hibás szerszámfelépítést az üzemben a paraméterek változtatásával csak csekély mértékben lehet ellensúlyozni. Optimális szerszámot a szerszámgyártó több évtizedes tapasztalataira és megfelelő szimulációs programra támaszkodva lehet készíteni. Ilyen a **W&H** cég *Maxione* nevű fóliafűvő szerszáma, amelynek 9-réteges változatát is gyártják.

A **Battenfeld Gloucester Engineering Inc. (USA)** már bemutatta 11-rétegű fűvőszerszámát. Ilyet a termelésben még nem használnak, de az alapanyaggyárak további emelkedésével bizonyára lesz rá igény.

A **Paderborni Egyetem Műanyagtechnikai Intézetében (Institut für Kunststofftechnik, Universität Paderborn)** teljesen új elven készítettek fúvószer-számot, amely körkörös kilépőrést tartalmaz. A fúvófejben sok kis áramra osztják az ömledéket, amelyet egy forgó osztótárcsa „szétken”. Ezáltal csekély nyomással kapnak varratmentes ömledéktömlőt. Hasonló elven dolgozik a **DR-Pack Kft.** (Budaörs, Magyarország) fúvószer-száma, amelyben a szerszámmag forog, és spirálformában hajtja ki az ömledéket a résen át. A magnak aktív hajtása van, de nincs mereven befogva; tulajdonképpen lebeg, és az ömledék hidrosztatikus nyomása központosítja. A fólia jobb mechanikai tulajdonságai mellett ebben a szerszámban szuperponálódnak a tengelyirányú és a sugárirányú ömledékáramok, ami optimálissá teszi a kerület mentén a vastagságeloszlást.

A *hűtés hatásának növelésére* a **W&H** cég 2001 óta gyárt kétszintes hűtőgyűrűket. A hűtőlevegő három rétegbe osztásával 35%-kal sikerült az anyagkihozatalt növelni. A *Multicool* hűtőgyűrű további optimalizálásával az alkalmassá vált 5-rétegű fóliák gyártására is. Hasonló rendszerrel lépett a piacra a **Reifenhäuser GmbH & Co. KG** (Troisdorf). Az *REI2Cool*-nak nevezett rendszerben egymás felett van két hűtőgyűrű. Ezt jelenleg 3-rétegű fóliák gyártásához alkalmazzák. A **Kiefel Extrusion GmbH** (Worms) *Enhanced Cooling Packer (ECP)* nevű szabadalmaztatott rendszerét nehézsákok gyártásához fejlesztette ki. Itt a tömlőben lévő levegőt hőcserélőben hűtik le. A fólia mindkét oldalának hűtése gátolja a blokkolást és a ráncképződést.

A *kalibrálás és a síkba fektetés* optikai ellenőrzésekor elsősorban arra figyelnek, hogy az elvezetés zavartalan legyen, ne karcolódjék meg a fólia. A karcveszély elkerülhető, ha a fóliaszalagot légpárnán vezetik, ami tapadós fóliák gyártásakor is hasznos. A *fordítórudakat* ilyenkor szinterezett fémből készítik, amelyen keresztül a levegő ki tud lépni a mozgó fólia alá. Ugyanígy működtethetők érintésmentes kalibrálók is. A megvezetéshez alkalmazhatnak szénszálas görgőket. A gyűrődéseket a fóliát keresztirányban kissé megnyújtó keferendszerrel simítják el.

A **Kiefel** cég és a **Kuhne GmbH** (St. Austin) a fóliát gyártásirányban megnyújtó, ún. *MDO (machine direction orientation)* berendezéseket kínál. Az EVOH záróréteget tartalmazó fóliák zárótulajdonságai erősödnek ilyen nyújtás hatására, de előnyös a megnyújtás az átlátszó PE-HD fóliák gyártásakor is.

A fóliaöntés eszközei

A síkfóliák gyártásában ugyancsak terjed az extruderek direkt hajtása, és itt is használnak nagy fordulatszámú gépeket is. Egyre népszerűbb a poli(etilén-tereftalát) (*PET*) fóliák ún. *direktextrúziója*, amely előtt a polimert nem kell kiszárítani. A polimert (pl. az akár 100%-os regenerátumot) szárítás nélkül hajtják át az *egy irányba forgó kétcsigás extruderen*, amelynek többfokozatú gázmentesítő zónája van. Az ilyen extruderek gyorsan húzzák be az anyagot és gyorsan megömlesztik, a gázmentesítő zónáknak pedig öntisztuló hatása van. Az aacheni Műanyag-feldolgozó Kutatóintézetben (**Institut für Kunststoffverarbeitung, IKV**) egycsigás extrudereket is próbálnak alkalmazni ugyanerre a célra, főképpen ha friss granulátummal dolgoznak.

A **Kreyenborg GmbH** (Münster) és az **UPM Machinery Sales Ltd.** (Slough, Nagy-Britannia) infravörös szárítón engedi át a PET-et extrudálás előtt. Ezzel energiát takarít meg, és megrövidíti a polimer tartózkodási idejét az extruderben.

A PET reciklátum feldolgozásakor fontos szerepe van az ömledékszűrésnek. A *szűrőrendszernek* állandó nyomás tartása mellett kell kiszűrnie a néha jelentős mennyiségű szennyeződést, és nem okozhat ömledékszivárgást. A gyártók különböző elveken működő és a követelményeket egyaránt kielégítő szűrőket ajánlanak a feldolgozóknak.

A kis tétel nagyságok nagy gondot okoznak a fóliaöntőknek. Különösen a többrétegű fóliák gyártásakor fontos, hogy az *öntőszerszám (szélesrésű szerszám)* résszélessége optimális legyen a fólia végső szélességéhez. A többrétegű fóliák szélhulladéka ugyanis nem dolgozható vissza, és ilyenkor kárba vész a záróréteg drága alapanyaga. A szerszámok belsejébe ezért *szűkítő betéteket* építenek, amelyek segítségével gyártás közben is változtatható a résszélessége. A **W&H** cég olyan öntőberendezést fejlesztett ki, amelyen a fólia szélei osztott csatornában futnak, és amelyekbe a szerszámban egy elosztóbetét a többrétegű fóliák egyes komponenseit egymástól elválasztva juttatja be. Egy ilyen szerszámmal – különösen ha abban szűkítő betétet is alkalmaznak – nagyon gazdaságosan lehet többrétegű síkfóliákat gyártani.

A résszélességének gyors beállítására is vannak új megoldások. A **Verbruggen N. V.** (Temse, Belgium) *Duoflex beállítórendszerével* 6 mm-es tartományban mozdítható el az alsó szerszámajak, amelynek párhuzamosságát a merev felső ajakkal a berendezés szavatolja. Ugyanez a berendezés szétszerelés nélkül is tisztítja a szerszámot. A **Reifenhäuser** cég *ISR II* jelű beállítórendszere 14 mm-es tartományban működik a folyamatos extrudálás leállításával.

A **Dow** cég olyan öntőeljárást szabadalmaztatott, amelyben megsokszorozza az egyes rétegek számát. Egy szerszámgyártó az USA-ban megvásárolta a licencet, és alkalmazza azt ömledékadagoló/fűvőka rendszerében.

A síkfóliák gyártásában a *hűtés* különösen fontos, mert a kristályosodás sebességétől és egyenletességétől függ a megdermedő fólia morfológiája, ettől pedig az optikai és mechanikai tulajdonságok. Mélyhúzó fóliák gyártásában újdonság a kétoldali hűtés, amelynek során az ömledéket simítórésen vezetik át. A **Breyer GmbH** (Singen) simítórését nem kell mechanikusan beállítani, mert a hengerek pozicionálása 0–100 mm-es tartományon belül 5 µm-es pontossággal, reprodukálhatóan, teljes terhelés alatt is elvégezhető.

A **Berstorff GmbH** (Hannover) simítórés helyett sík felülettel – egy simítószalaggal – érintkezteti a szerszámból kiáramló ömledéket, miközben mindkét oldalát hűti, és ezáltal valamennyi irányban közel azonos mechanikai tulajdonságokat mutató terméket kap. Az **SML Maschinengesellschaft mbH** (Lenzing, Ausztria) *Sleeve-Touch* eljárásával 80–500 µm vastag átlátszó fóliákat kapnak. Itt egy acélszalaggal nyomják a simítóhengerhez a fóliát, ami által abban erősen csökken a belső feszültség.

A **Derichs Maschinen- und Apparatebau GmbH** (Krefeld) varratmentes rézköpenyt használ egyik hengerén, amelynek a hőelvezetése sokkal jobb, mint az acél-

hengeré. Ezáltal kevésbé kell lehűteni a vizet, ami energiamegtakarítással jár és kisebb a veszélye a kondenzvíz lecsapódásának.

A *fóliák feltekerése* is nagy gondosságot igényel. Fontos, hogy a feltekeréskor a fóliát éppen annyira feszítsék meg, amennyire az az adott gyártási fázisban szükséges. A **Brückner Maschinenbau GmbH** (Siegsdorf) egy 10 m széles fóliafelesztő berendezésen lineáris motorral hajtja a kontakthengeres pozicionáló rendszert. Az ún. *Liwind-rendszer* segítségével a szorítóerőt 10–400 N/m tartományban 0,01 N/m pontossággal tudja dinamikusan szabályozni. Ezáltal még nagy sebességek mellett is kiküszöbölhetők akár a mikrorezgések is.

A tekerés kritikus fázisa a *tekeréscsere* és az új tekerés elindítása. A **W&H** cég új *vákuumvágó kontakthengere* közvetlenül a vágás előtt vákuummal rászívja a fóliát a saját felületére, majd a hengerre erősített kés teljes szélességben végigfut rajta. Ezáltal a vágás merőleges lesz és a fólia sem gyűrődik meg. A **Kiefel** cég *System Perfect Cut* nevű vágórendszerében a hengeren lévő horonyban futtatják a kést.

Minőség-ellenőrzés, minőségbiztosítás

A fóliák minősége iránt nőnek a követelmények. A felhasználók kisebb tűrést, nagyobb gyártási stabilitást, pontosabb mérőeszközöket szeretnének.

A mérőeszközök egyik legfontosabbika a *vastagságmérő*. A méretek megengedhető szórásának rendkívül szűk volta különösen precíz mérőeszközöket igényel. Ilyen az **Octagon Process Technology GmbH** (Würzburg) *VenPad* nevű *kapacitív vastagságmérője*, amelyet fűjt fóliák ellenőrzésére ajánlanak. Az eszköz 6-500 µm között 0,1 µm pontossággal mér. Érzékelője érintésmentes és a fólia felett légpárnán lebeg. A **Micro-Epsilon Messtechnik GmbH** (Ortenburg) *FilmControl* nevű berendezése hasonló módon működik, és ez síkfóliákhoz is alkalmazható.

A *kapacitív vastagságmérők* hátránya, hogy csak az összvastagság mérésére alkalmasak. Többretegű koextrudált fóliák rétegenkénti vastagságmérésére inkább *optikai elven működő eszközöket* használnak. Az **Isis sentronics GmbH** (Mannheim) *StraDex* nevű vastagságmérői az egyes rétegekről visszaverődő fényből határozzák meg a rétegvastagságokat. Pontosságuk 1 µm-nél kisebb, letapogatási sebességük több kHz; hátrányuk, hogy legfeljebb 200 µm-es összvastagságig használhatók. Nagyobb összvastagsághoz (5 mm-ig) a *közeli infravörös (NIR) tartományban dolgozó eszközöket* ajánlanak. Az **NDC Infrared Engineering GmbH** (Langen) *FG710* jelű mérőeszköze a legkülönbözőbb anyagokból álló fóliákhoz alkalmazható, és a rétegek vastagságát 5 µm alatti pontossággal méri le.

A fóliák látható *felületi hibáit* kamerás megfigyeléssel és képelemzéssel ellenőrzik. A jelenlegi rendszerek nem csak detektálják a hibát, hanem annak fajtáját is felismerik. Az **Isra Surface Vision AG** (Herten) *System Surface-Vision* nevű rendszere a szokásos hibákon (halszem, zárvány, lyuk) kívül a törésmutató eltérése alapján felismeri a tökéletlen keveredésből eredő inhomogenitást is. További lépés a hibák minősítése, amelynek fejlesztésén dolgoznak. Egyik eredménye ennek a munkának a **Pixargus GmbH** *Web-Contol-TEX* rendszere.

A jelenlegi korszerű megfigyelő rendszerek a fólia teljes felületét ellenőrzésük alatt tartják, és a feldolgozott adatokat azonnal, a gyártási folyamattal párhuzamosan rendelkezésre bocsátják. A felismert hibák helyét megjelölik a tekercsen (pl. zászlócskát ragasztanak a fólia szélére), hogy azt a fólia későbbi felhasználásakor ki lehessen kerülni. Az adatfeldolgozáskor a fóliára vonatkozó statisztikus átlagot is számolnak, ami nagy segítség a folyamat optimalizálásakor. Az **Erhardt+Leimer GmbH** (Stadtbergen) speciális szoftverje felismeri a periódikusan ismétlődő hibát is, pl. a rossz tekerceselésből eredő gyűrődést.

Automatizálás

A gyártósorokat úgy építik fel, hogy minden egyes egységnek megvan a maga vezérlőegysége, de ezek egy központi vezérlőegységnek vannak alárendelve. A **W&H** cég a más gépgyártótól vásárolt kiegészítő berendezéseket, pl. a koronakezelő egységet és a hűtőberendezés hőcserélőjét is beköti a központi vezérlésbe. Az egyes egységek munkáját jellemző adatok külön-külön is lehívhatók (egy távolabbi vezénylőközpontban is), ezáltal pontosabban elemezhető és optimalizálható a gyártási folyamat. *A rendszer kezelésének eszköze az érintőképernyős kijelző, amelyen keresztül a gravimetriás adagolótól a tekerceselőig valamennyi egységgel kommunikálni lehet.* További képernyők helyezhetők el az alárendelt szinteken is, hogy azok kezelése egyszerűbb legyen.

Új alapanyagok

Bár a fóliák tulajdonságait a célszerűen összeépített rétegekkel messzemenően befolyásolni tudják, a piac folyamatosan várja az újabb, nagyobb teljesítményű és olcsóbb alapanyagokat, mert *a fóliák gyártási költségeinek 80%-át az alapanyagok ára teszi ki.* Sokan gondolják úgy, hogy a fóliagyártás egyik új anyaga a megújuló forrásból előállítható és a természetben lebomló *politejsav (PLA)* lesz. Ezt a polimert ugyan már jó néhány éve ismerik, de valódi piaci szereplővé talán a következő években válik. Gondoskodni kell arról, hogy az extruderek, a fűvőfejek és a szélesrésű szerszámok alkalmasak legyenek ennek az anyagnak a feldolgozásához. Jó példa erre az etilén/vinil-acetát kopolimer (EVA), amelynek a feldolgozási hőmérséklete 180 °C, de ugyanazon az extruderen hajtják át, mint a poliamidot, amely viszont 240–280 °C hőmérsékletet igényel.

A *PLA hőérzékeny anyag*, magas hőmérsékleten bomlik, sárgul; ezért nagyon rövid tartózkodási idővel kell extrudálni. A **Kiefel** cég egy 75 mm-es, 1000–1200/min fordulatszámmal dolgozó extrudert ajánl ehhez a polimerhez. Állítása szerint a PLA sokkal átlátszóbban jön ki ebből az extruderből, mint bármely más feldolgozógépből.

Egy másik műanyagcsalád, amelytől nagyon sokat várnak, az ún. *nanokompozitok*. Ezek olyan keverékek, ahol a polimermátrixban ún. szerves agyagot (többnyire kémiaiilag kezelt montmorillonitot) oszlatnak el. Ennek réteges szerkezetű részecskéibe behatol a polimer, és speciális nanoméretű részecskék formájában oszlik el, ami

szokatlan tulajdonságokat ad a keveréknek – pl. növeli záróképességét, csökkenti éghetőségét.

Egy német fóliagyártó, a **Buergofol** (Siegeburg) egy 150 µm vastag ötrétegű, PA66/tapadóréteg/PA6/tapadóréteg/PE felépítésű fólia helyett ugyanilyen vastagságú egyrétegű fóliát gyártott a **Lanxess** cég *Durethan B40FAM* márkanévű PA6 alapú nanokompozitjából, amely a **Süd-Chemie Nanofil 9** nevű szerves agyagjából 5%-ot tartalmaz. A fóliát hagyományos fóliafűvő berendezésen készítették a korábban beállított hőmérséklet és nyomás változtatása nélkül. A nanopoliamidból készített fólia mechanikai tulajdonságaikevésbé különböznek az ötrétegű fóliáétól, oxigénáteresztése azonban kisebb: 28 helyett csak 15 cm³/m²/nap. A Süd-Chemie kalanderezett és öntött fóliák gyártásához is ki fogja próbálni a nanopoliamidot.

Összeállította: Pál Károlyné

Seidel, H.; Weningmann, S. stb.: Immer mehr Schichten. Folienextrusion. = *Kunststoffe*, 96. k. 10. sz. 2006. p. 139–146.

Schöffler, K.: Die Blechdose war gestern. = *Plastverarbeiter*, 58. k. 3. sz. 2007. p. 18–22.

Vink, D.: Performance barriers. = *European Plastics News*, 34. k. 5. sz. 2007. p. 32.

„Spiegel der Lebensweise”. = *Plastverarbeiter*, 58. k. 3. sz. 2007. p. 24.