

A fóliafűvás néhány újdonsága

A fóliafűvás fő törekvései a nagyobb termelékenység, a minél kisebb vastagság, emellett az egyre jobb minőség és az alacsony gyártási költségek. A fóliafűvó berendezések gyártói ennek érdekében sokféle újdonságot kínálnak.

Tárgyszavak: fóliafűvás; gyártóberendezések; újdonságok; kiegészítő berendezések, szimuláció.

Jó minőségű fóliát gazdaságosan csak akkor lehet gyártani, ha a fólia a gyártósor minden részén hulladékképződés nélkül, nagy sebességgel, az éppen ott aktuális vastagsággal futtatható. A ma alkalmazott nagyon drága adalékok miatt is fontos a hulladékképződés kiküszöbölése. Azokban a fóliafűvó üzemekben, amelyekben gyakori a termékváltás, ugyancsak elvárják, hogy az átállás ne járjon nagy idő- és anyagvesztéssel. Az új gyártósorok és az új technológiák ennek érdekében több szenzort, automatát és szimulációt alkalmaznak, és igyekeznek a polimerek között olyan kötéseket létrehozni, hogy váltáskor ne keletkezzék hulladék.

A tömegtermelésben a termelékenység, a speciális fóliák gyártásában a minőség a legfontosabb

A **Macro Engineering and Technology Inc.** (Mississauga, Ontario, Kanada) megfigyelése szerint a tömegárúként forgalmazott fóliák gyártói elsősorban a fóliák vastagságának csökkentésére, a nagyobb kihozatalra és az extruderek jobb energiahatékonyságára törekednek. Az ilyen fóliák piaca nagyon érzékeny, a feldolgozók ezért olyan technológiát igyekeznek választani, amellyel a legnagyobb termelékenységgel képesek a lehető legjobb minőségű fóliát gyártani.

A Macro cég teljes gyártórendszereket, komponenseket és szervizszolgálatot kínál a műanyag fóliák és vékony lemezek gyártóinak. Megrendelőik ma mozgékony, sokoldalú berendezéseket keresnek, amelyek ára hamar megtérül, és amelyeket újabb beruházás nélkül is alkalmazni tudnak az újabb piaci igények kielégítésére. A cég ezért jelenleg főképpen extruderei alkalmazkodóképességét igyekszik növelni. Legújabb fejlesztésük *CCP extrúziós rendszerük* átalakítása úgy, hogy az zárórétege(ke)t tartalmazó fóliák előállítására is használható legyen.

A speciális fóliák előállítói számára a minőség a legfontosabb, és nem zárkoznak el a nehezen feldolgozható polimerek fűvásától sem. Fő törekvésük, hogy lehetőség szerint piacvezetővé váljanak.

Növekedő extruderkapacitás

A **Coperion GmbH** (Stuttgart, Németország) a növekedő számú közvetlen extrúzióval dolgozó fóliafúvó berendezésekhez kínál egymásba hatoló együttforgó kétcsigás (ZSK) extrudereket. Ezek kihozatala a 6–8 tonna/h-t, a fóliafúvó rendszer végén a fólia feltekerésének sebessége az 500 m/min is elérheti.

A műanyag fóliákat fújó berendezések többségében ma ilyen ZSK extruderek vannak a korábbi egycsigás kaszkárendszerű extruderek helyett. A ZSK extrudereknek kitűnő a keverőteljesítménye és a homogenizált műanyagömladék hőmérséklete is nagyon egyenletes. Vásárlóik legtöbbször az extruderek folyamatos üzemmódban megbízhatóan dolgoznak, és évente legfeljebb néhány napra állítják le őket karbantartás céljából.

A Coperion cég legújabb *ZSK 177 jelzésű extrudere* a legnagyobb ilyen gép a fóliagyártásban. 12 m széles fóliát képes előállítani 9 tonna/h kihozatal mellett. A fólia szélességét csak a fóliafúvó berendezés korlátozza, és nem az extruder. Kínában, Törökországban, a Közel-Keleten, Indonéziában és Dél-Amerikában is rendeltek ilyen extrudereket, amelyeket a cég egy alapkereten összeszerelve hajón szállít a megrendelőhöz és nem alkatrészekből szerelik készre a helyszínen, mert ehhez speciális szakemberre volna szükség.

Növelte a cég *ZSK Mc¹⁸ jelű 119 és 133 mm csigaátmérőjű extruderei* kapacitását is, a *ZSK Mc¹⁸*-ét 2-ről 3 tonna/h-ra, a *ZSK McPlus*-ét 2,5-ről 4,5 tonna/h-ra. Ezeket az extrudereket elsősorban hőformázható PET lemezek gyártásához alkalmazzák. Nagyon jól beváltak olyan üzemekben, ahol gyakran kell anyagot vagy színt váltani. *Az extruderek méreteinek növelése csökkenti a rugalmasságot az anyag- vagy színáttöréskor.*

Fejlesztés a fúvószakaszban

Az **Addex Inc.** (Stoughton, Massachusetts, USA) egyik újdonsága a tömlőbuborék digitális belső hűtésére a *DIBC (digital internal bubble cooling)* rendszer. Ez megvédi az alapanyagot, nagyon gyors a reakcióideje, precízen szabályozza a buborékot és megrövidíti a termékváltás időtartamát. A rendszer másodpercenként 20 ellenőrzést/kiigazítást végez. Automatikusan módosítja a fólia formájában észlelt eltéréseket, ezért termékváltáskor gyorsan kialakul a szükséges forma, kevés selejt képződik. A *DIBC* rendszerben külön szenzorok mérik a bevezetett és a kivezetett levegőáramot, és azonnal korrigálnak, ha a legkisebb változás lép fel a buborék méretében vagy a dermedési vonal alatt. Ez nagyon stabilá teszi a tömlőbuborékot még az olyan kis ömlékszilárdságú anyagok fúvásakor is, mint a metallocén katalizátorral előállított polietilének.

Az Addex cég kifejlesztett egy *új kalibrálórendszert* is, amelynek szenzorát síkba fektető keretbe (collapsing frame) építette. Ez tág szélességtartományban teszi lehetővé a keret alkalmazását. További újdonsága az *infravörös szenzor*, amely egy többrétegű fólián belül képes lemérni a zárórteggént beépített PA vagy EVOH réteg vastag-

ságát. Kifejlesztett egy *automatikus kalibrálást szabályozó rendszert* is a dupla-buborékos (double-bubble) rendszerekhez, amelyekkel zsugorfóliákat gyártanak.

Az **American Kuhne** cég (Ashaway, Rhode Island, USA) az elmúlt 15 évben kompressziós (barrier) csigákat és extrudereket gyártott a fóliafúvók számára, a **Kuhne GmbH** újabban fúvóegységeket is kínál. Legújabb termékei a *Smart Bubble*, a *Cool Bubble* és a *Triple Bubble*.

A *Smart Bubble* komplett fóliafúvó rendszer, amelyen hagyományos egyrétegű vagy többrétegű (max. 11-rétegű) fóliák gyárthatók. Az elemek legtöbbször maga a Kuhne cég állítja elő, így saját kezében tudja tartani a gépek minőségét és árát.

A *Cool Bubble* rendszerben a fóliát vízzel hűtik, ezáltal növekszik a termelékenység és javulnak a fóliák mechanikai tulajdonságai. Ezt a rendszert a cég záróréteget tartalmazó és/vagy hőformázható fóliák fúvására ajánlja.

A *Triple Bubble* kétirányban nyújtott fóliák fújására alkalmas rendszer. A nyújtás hatására rendeződő szerkezetű fóliák mechanikai, zsugor- és zárótulajdonságai az egyéb jó tulajdonságok romlása nélkül javulnak. A gyártósoron az első tömlőbuborék a lefelé dolgozó extruder fúvófeje alatt alakul ki, ezt 5 °C-os vízzel hűtik. A gyors hűtés következtében a polimer szerkezete amorf lesz, ami jobb mechanikai és optikai tulajdonságokat ad a fóliának. A második buborékban két irányban nyújtják, a harmadikban szabadalmaztatott módszerükkel hőkezelik a felfújott tömlőt. *A Kuhne a világon az egyetlen cég, amely „hárombuborékos” eljárással dolgozó gépsort kínál biaxiális fóliák gyártására.*

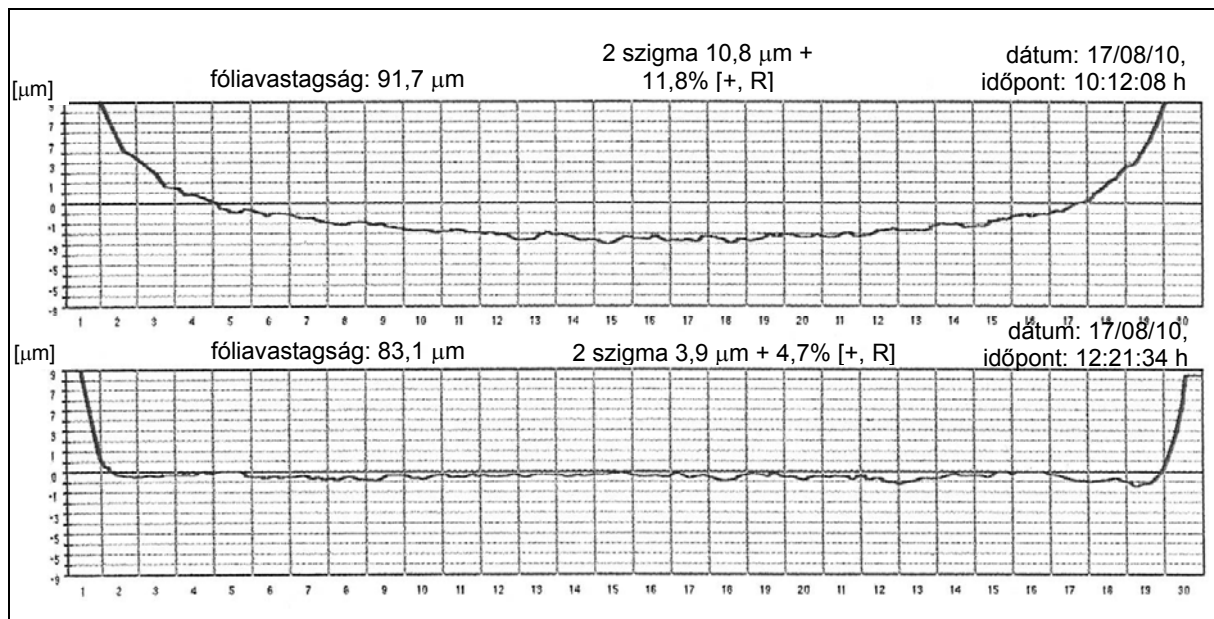
Egy irányban nyújtott fújt fóliák szélvastagságának csökkentése

A fóliagyártók egyik fő törekvése a fóliák vastagságának csökkentése, a vásárlók viszont egyre erősebb, egyre hőállóbb és egyre több funkciót ellátó fóliákat szeretnének. *A drága adalékok és zárórétegek helyett az egy- vagy többrétegű poliolefinfóliák tulajdonságain sokat lehet javítani egyirányú nyújtással.*

A gyártásirányban nyújtott fóliákat (*MDO, machine direction orientation*) ma offline nyújtóberendezéseken nyújtják meg, ehhez számos gépgyártó kínál berendezést. A fóliafúvó gépsorról lefutó fóliát feltekerceselik, majd erről az „anyagtekercsről” ismét letekerik, előmelegítik és két különböző sebességgel forgó henger között áthajtva megnyújtják. A nyújtási arány legtöbbször 1:3–1:10 között van. A nyújtás után a fólia vékonyabb és számos tulajdonsága – merevsége, átszűrési és szakadási szilárdsága, fényessége és átlátszósága, oxigénnel szembeni záróképesége, vízgőzáteresztése, hajtogathatósága, zsugorodása – javul.

A fólia szélei azonban begyűrődnek, anyagfelhalmozódás alakul ki, a vastagság megnövekszik, (lásd az *1. ábra felső részét*). Ha a fóliát feltekerceselik, a tekeres szélei vastagabbak lesznek, az egész tekeres deformálódik. Az egyenetlen vastagságú tekeres a későbbi feldolgozást (laminálás, nyomtatás) hátrányosan befolyásolja. Ezért elengedhetetlen a megnyújtott fólia szélezése, azaz a megvastagodott szélek (mindkét oldalon kb. 200 mm-es csík) levágása, ami igen nagy anyagvesztést jelent. Emiatt az

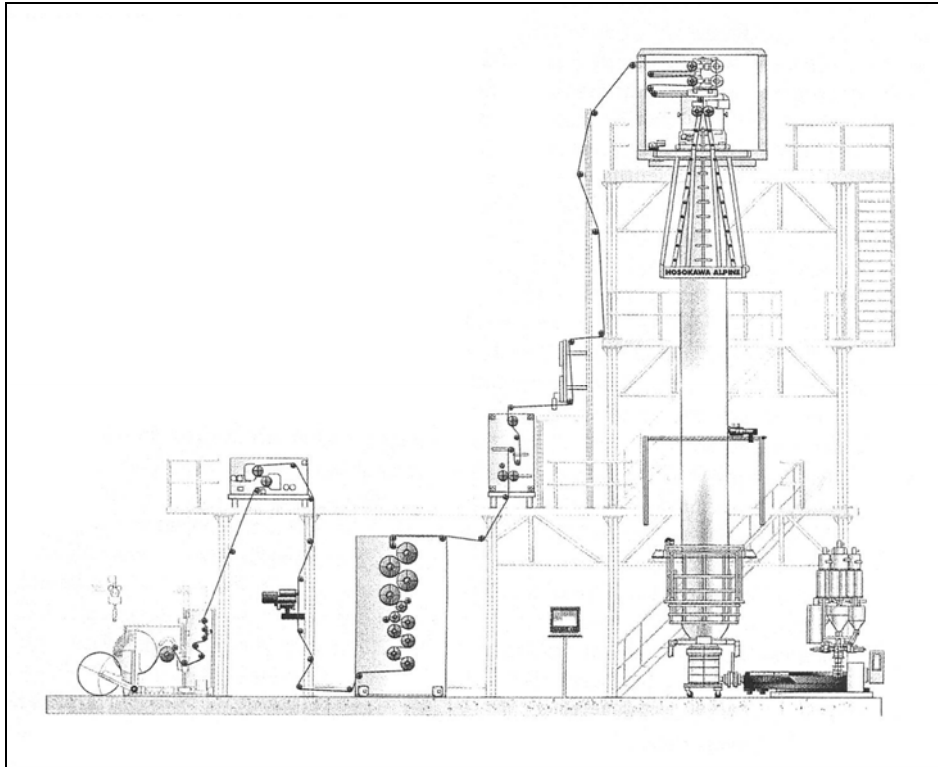
MDO fóliák gyártása kevésbé gazdaságos, és ezt a technológiát csak kevés feldolgozó alkalmazza.



1. ábra Egy irányban (monoaxiálisan) nyújtott fóliák vastagságprofilja közvetlenül a nyújtás után *Trio* rendszer nélkül (felső kép) és *Trio* rendszer alkalmazásával (alsó kép)

A **Hosokawa Alpine Aktiengesellschaft** (Augsburg, Németország) gyürközött neki, hogy ezt a hátrányt leküzdje. Ennek eredménye a „*Trim reduction for inline orientation*”, röviden *Trio* eljárás. Ez lényegében egy speciális szabályozórendszer, amely lehetővé teszi, hogy az MDO fóliákat a fűvőberendezés közvetlen folytatásaként, inline nyújtsák meg, ezáltal azonos vagy jobb mechanikai tulajdonságú fóliákat 50%-kal kisebb vastagságban és 50%-kal kevesebb szélhulladékkal állítsanak elő. Az új *Trio* rendszer lényege, hogy a fólia fűvásakor egy vagy több ponton kisebb lesz a falvastagság, pontosan ott, ahol nyújtáskor a megvastagodott szélek kialakulnak. A hagyományos extrúziós fóliafűvő gépsort a síkba fektető berendezés és a feltekerceselő között nyújtóberendezéssel és vastagságmérővel egészítették ki (2. ábra). A gyártás folyamán a nyújtóberendezés vastagságprofil mérő rendszere „kommunikál” a fűjt fólia vastagság szabályozó rendszerével, amely azonnal visszahat a szakaszos hűtőgyűrű hűtőteljesítményére. A fűjt fólia vastagságprofilját úgy alakítják, hogy a nyújtás alatt a fólia teljes szélességében csak nagyon kis vastagságkülönbségek alakuljanak ki. A szabályzás része a lehúzórendszer irányváltó rúdjának mozgatása, amely arról gondoskodik, hogy a vékonyított részek a fix helyzetű fűvőhelyhez képest kövessék a lehúzás irányváltását. Ennek következtében a mindkét oldalon felhasított fóliák gyártásakor a tömlőnek mindkét oldalát el kell elvékonyítani. De ha a tömlőnek csak egyik oldalát hasítják fel, elegendő a felhasítás oldalán vékonyítást alkalmazni, mert a kiteri-

tett fólia mindkét szélé vékonyabb lesz a fólia többi részénél. Nyújtás után ezeket a fóliákat is szélezni kell, de a levágandó csík sokkal keskenyebb (lásd az 1. ábrán, alul). A megnyújtott fólia vastagsága egyenletes, könnyen feltekerceselhető és a további feldolgozás sem okoz gondot.



2. ábra Fóliafúvó berendezés *Trio*-rendszerrel kiegészített inline nyújtással és vastagságméréssel

A *Trio* rendszernek köszönhetően ma már az iparban szokásos 1500 mm átmérőjű tekerceket is lehet készíteni poliolefin MDO fóliából. Ezek hagyományos alkalmazási területe a nehézzsákok gyártása, amelyekből egyre többet használnak fel papírsákok helyett. Ilyen termékek gyártására a Hosokawa Alpine cég több berendezést értékesített. Amíg egy hagyományos berendezésen 18 millió nehézzsákot állítanak elő 130 μm vastag fóliából, egy hasonló méretű *Trio* rendszerű gyártósoron – azonos idő alatt – 35 millió zsákot lehet elkészíteni 80 μm vastag fóliából.

A gyártástechnológia mellett természetesen sok múlik az alapanyagon is. A Hosokawa Alpine cég ezért szorosan együttműködik az alapanyaggyártókkal. Kifejezetten az MDO fóliák céljára fejlesztette ki a **Borealis** cég a *BorLite OPE* termékcsaládot. A *BorLite OPE 795* és az *OPE 792* kifejezetten nehéz áruk szállítására szolgáló zsákok (Heavy Duty Shipping Sacks) alapanyaga, és nagyon jól bevált az MDO technológiában. A gyártósor végén óránként nemcsak 2000 nehézzsák jelenik meg, ame-

lyek mechanikai tulajdonságai 50%-kal jobbak a régebbi fóliazsákokénál, de ezzel 38% alapanyagot is megtakarítanak.

Az MDO fóliák számára újabb alkalmazási területeket is találtak. Jól beváltak pl. zöldségek és gyümölcsök, összenyomott pelenkák, újságküldemények csomagolására, „lélegző” higiéniai fóliák, tetőburkolat alatti feszített fóliák céljára. Újabb alkalmazási területük lehet az üreges testek, palackok címkézése zsugorfóliaként. Az eddig keresztirányú nyújtással gyártott tömlő alakú címkék helyett a nyomtatott címkét hordozó fóliát a fóliatekercsről letekerve ún. *RoSo eljárással (roll on shrink on)* egyszerűen rátekerik a palackra vagy más tartályra, amelyre a címke rázsugorodik.

A *Trio* berendezés nemcsak új fóliagyártó soron alkalmazható, hanem már meglévő gyártósor is kiegészíthető vele. Az alapanyag-megtakarítás révén a beruházás rövid idő alatt megtérül.

Kiegészítő berendezések

Az Észak-Amerika, Európa és Ázsia számos országában jelen levő **K-Tron** cég kiegészítő („anyagkezelő”) berendezéseket gyárt a műanyag-feldolgozáshoz. A fóliafúváshoz megbízható, pontos gravimetriás adagolórendszereket kínál. A többretegű fóliák fúvásakor különösen fontos a különböző anyagok precíz adagolása, hogy a rétegek valóban a szükséges vastagságúak legyenek.

A gravimetriás adagoláskor a megfelelő komponensnek folyamatosan, egységnyi idő alatt állandó mennyiségben kell a polimeráramba jutnia. Erről gondoskodik a cég *Smart Force Transducere (SFT)*, amely 1:4 000 000 tömegarányban képes 80 ms alatt turbulenciamentesen anyagot továbbítani. Ezt úgy érik el, hogy a kimért anyagot tökéletesen elszigetelik a környezet zajától.

A cég *K4G Continuous Gravimetric Blender System* elnevezésű adagolórendszerében négy vagy hat adagolóból álló csoport helyezhető el az ömledékeket folyamatosan továbbító extruder bevezetésénél. A folyamatos betáplálás szavatolja a pontos arányokat, az extruder kiegyenlített hőterhelését, minimálisra csökkenti a nyomásváltozásokat és megvédi az anyagokat a szétválástól, mert csak nagyon rövid időt töltenek az etetőtölcsér garatjában.

A K-Tron *ActiFlow* nevű eszközével is segíti az anyag egyenletes haladását a garatban. Ez az eszköz *vibrációval ösztökéli az anyagok mozgását*, de egy intelligens szabályozó parancsára csak olyankor lép működésbe, ha arra szükség van. Mindig csak a szükséges energiát közli a szükséges időben, amikor meg kell akadályozni egy eltömődést vagy beboltozódást. Mivel ebben az eszközben nincs motor, nincsenek fogaskerekek, és nincs szüksége levegőre sem, a tölsér kitisztítása anyagcserénél sokkal gyorsabb és egyszerűbb.

Fóliahegesztés ultrahanggal

A **Dukane Corp.** (St. Charles, Illinois, USA) ultrahangos hegesztőberendezéseket kínál a fóliagyártók számára, amelyek a fóliák két vagy több hőre lágyuló

rétege között képesek erős és tartós kötést létrehozni. *Az ultrahangos kötésnek vagy vágásnak számos előnye van a hővel végzett hegesztéssel szemben.* Ha a folyamatosan gyártott fóliát valamilyen ok miatt le kell állítani, az ultrahangos hegesztés pillanatszerűen megszüntethető; egy meleg késsel végzett hegesztéskor a kés a leállítás után is megolvasztja a fólia anyagát. Az ultrahangos hegesztés vagy vágás helye lapos marad, a hegesztés nyomán nem jön létre vastag hegesztési varrat, ezért az esetleges áttekeréskor szoros tekercest lehet készíteni. Az ultrahangos hegesztés ideális eljárás az élelmiszerrel töltött tasakok lezárására, a hegesztési varratba került élelmiszer ugyanis elpárolog az közvetített energia hatására, és a meleg hegesztéssel ellentétben nem szennyezi a csomagolást, ami annak kiselejtezését okozhatja.

A Dukane cég hegesztőberendezéseinek ultrahangos energiaellátását szabadalommal védett energiaforrás szolgáltatja, és az akusztikus elemek (átalakító, erősítő, szonotróda, üllő) optimális kialakítása révén a hegesztési felületre megfelelő szorítóerő és csak ezen a területen fellépő vibrációs hőenergia hat.

A cég a hegesztőberendezések három fő típusát kínálja a folyamatos gyártáshoz. Az elsőnél a szonotróda és az üllő is egy kör mentén mozog; a másodiknál a fólia egy forgó dobon halad el az álló helyzetben lévő szonotróda előtt; a harmadik arra alkalmas, hogy a fóliából két darabot vágjon ki, majd összehegessze ezeket.

A hegesztőberendezések standard 20 kHz-es vagy 40 kHz-es rendszerei mellett a cég 30 kHz-eseket is forgalmaz. Az utóbbiak bizonyos feladatokhoz jobban illenek és tömörebb felépítésűek. A cég megfigyelése szerint az USA-ban növekszik az érdeklődés az ultrahangos hegesztés iránt, és ott is áttérnek erre, ahol a fóliát azonnal feldolgozzák csomagolóeszközzé, és esetleg az árut is becsomagolják a gyártósor végén.

Szimuláció

A **Compuplast North America** (Williamsvill, NY, USA) nagy teljesítményű szimulációs programokat és szolgáltatásokat kínál a műanyag-feldolgozóknak. A cég virtuális extrúziós laboratóriumának (*VEL, Virtual Extrusion Laboratory*) szoftverjével egycsigás extrudert, extruderszerszámot, hűtőfolyamatot lehet szimulálni. A cég *szerint a piacon ez az egyetlen olyan egycsigás extrudert virtuálisan megjelenítő szoftver, amellyel az ömledék-hőmérsékletet és az ömledék minőségét nagy pontossággal előre lehet jelezni.*

A szerszámgyártók már a tervezés időszakában hasznosan alkalmazhatják ezt a szoftvert, és meggyőződhetnek a majdani szerszám működőképességéről, mielőtt elkezdik gyártani vagy mielőtt elküldik a megrendelőnek. A szoftver nagyon erősen le rövidíti a fejlesztés időtartamát és szavatolja, hogy a megrendelő időben megkapja a szükséges szerszámot.

A *Flat Die* szimulációs és optimalizáló modul automatikusan tervezi meg a többféle ömledék elosztását (manifold) és automatikusan optimalizálja a szélesrésű szerszám optimális alakformáját. A felhasználónak csak be kell táplálnia a szerszám geometriájának valamennyi paraméterét, a modul ezután meghatározza az ömledékcsatornák formáját, amelyekkel a legkisebb variációk mellett lehet elérni a kívánt fő-

liavastagságot és rés kialakítást. A modul részét képezi egy számítási eljárás, amellyel az áramlásváltozások miatti nyomáseltérések várható részdeformációit lehet megbecsülni.

Spiral és *Flat Die Spiral* nevű moduljaik egy új „*Expert*” nevű megoldást tartalmaznak, amely a folyási mezőről teljes 3-D-s véges elemes (FEM) analízist tud készíteni. Ez a kombináció az optimalizálást a cég hagyományos 2,5 D-s szimulációjával végzi el, majd a teljes 3-D-s elemzéssel ellenőrzi (verifikálja) ezt. A 3-D-s FEM automatikusan bekapcsolódó utóellenőrző programelem, de a felhasználó bármikor bekapcsolhatja a korábbi lépések ellenőrzésére.

A cég a koextrúziós folyamatok ellenőrzésére 2-D-s FEM elemzést is kínál. Többrétegű fóliák tervezésekor a határfelületek instabilitása okoz néha gondot. Az elemzés segítségével a felhasználó újabb geometriák tervezésekor utánanézhethet annak, hogy számíthat-e ilyen nehézségekre.

A Compuplast kínálja az egyetlen piaci forgalomban lévő szoftvert profilszerszámok optimalizálására. A *VEL Profile Die Module* a *Compuplast Cross Flow Minimization Method* nevű programjával együtt alkalmazandó. Ezzel a módszerrel a szerszámon belül kialakítható egy olyan logikus áramlási rendszer, amely stabilizálja a gyártást és lehetővé teszi a maximális gyártási sebességet. Emellett 75%-kal csökkenti a szerszámfejlesztés időtartamát.

A VEL szakemberei ügyfeleik részére szakmai gyakorlatokat is szerveznek, amelyeken bemutatják, hogy hogyan kell szoftverjeiket alkalmazni, és hogyan kell a szimuláció eredményeit felhasználni a sikeres tervezés érdekében.

Összeállította: Pál Károlyné

Lamontagne, N. D.: Innovations in film processing = *Plastics Engineering*, 2012. május, p. 12–16. www.4spe.org

Bayer, B.; Klimek, L.; Niemeier, H.: MDO-Folien erobern neue Anwendungsgebiete = *Kunststoffe*, 101. k. 11. sz. 2011. p. 54–56.