

DR-PACK: forradalom a fóliafúvásban

PELCZ ANTAL*

ügyvezető igazgató

ILLÉS TAMÁS*

fejlesztő mérnök

HORVÁTH ZOLTÁN*

fejlesztő mérnök

A DR-PACK KFT-t már működésének kezdetétől az jellemezte, hogy sosem volt elégedett azzal, amit a piacon lehetett kapni. Igaz volt ez – és még mindig igaz – mind a termékekre, mind a gyártó gépekre. A termékekkel szembeni elégedetlensége, illetve a megfelelő termékek hiánya vezette arra, hogy pl. elsőként gyártott és forgalmazott Magyarországon polietilén alapanyagú stretch-fóliát, szemben az akkor még egyeduralkodó és még ma is használatos PVC-vel.

A termelőgépekkel szembeni elégedetlenség abban nyilvánult meg, hogy a vásárolt berendezéseket szinte kivétel nélkül átalakították és teszik ezt még ma is. Ez az átalakító tevékenység egyre jobban eltolódott abba az irányba, hogy a cég saját igényeinek megfelelő gépeket kezdett tervezni. A „házilag” tervezett gépek, prototípusok a cég saját műhelyében, illetve a bonyolultabb elemek külső cégek bevonásával készültek. A saját tervező-részlegben már 3 dimenziós CAD tervezőprogrammal készülnek az új fejlesztések dokumentációi, ami még ma sem általános. A modern technikával felvértezett tervezőgárda és az innovatív beállítottságú tulajdonos közös munkájának eredményeképpen számtalan újítás született a fóliafúvás területén. Ezek folyamatosan segítették a céget abban, hogy versenyképes termékekkel tudjon megjelenni mind a magyar, mind az európai piacon.

A gépfejlesztések kezdetben főleg a termékek versenyképességének, minőségének és gazdaságosságának növelése érdekében történtek. Hamar eljutottak egy olyan fázisba, amikor már túlmutattak a „házi” igényeken, mivel néhány újítás alapjaiban forradalmasította a fújt fólia gyártását. Miután a cég meggyőződött arról, hogy e fejlesztések valódi újdonságtartalommal bírnak, kezdeményezte szabadalmaztatásukat. Az első nyilvános fórum, ahol a nagyközönség is láthatta a szabadalommal védett újdonságokat, a K 2004 vilákiállítás volt Düsseldorfban, 2004 októberében (1. ábra).

Fejlesztéseiket egy teljesen új működő gépsorba integrálták és üzem közben mutatták be a több mint 100 m²-es standon. A kiállított gépek a teljes technológiai folyamatot felölelték az alapanyagtól a csomagolt késztermékig.

A gépsor fő attrakciója a fóliafúvó fej volt, mely há-



1. ábra. A DR-PACK stand a K 2004-en

rom szabadalmaztatott újdonságot tartalmazott. A legfőbb újdonság a forgómagos technológia, melyben – mint a neve is mutatja – a fóliafúvó fej magja forog, szemben a hagyományos technológiával, ahol az egész fej forog. A hagyományos fej (más esetekben a felhúzó) azért forog, hogy a fólia vastagsági hibáit eloszlassa és esztétikailag hibátlan, egyenletes tekeracet kapjunk. Az új forgómagos fejben megengedjük a forgó mag önbeállítását, melynek eredményeképpen az ömledék tartja központosan a magot, biztosítva az egyenletes résméretet a teljes kilépő kerület mentén. Az egyenletes falvastagságú fóliával ($\pm 5\%$ vastagságtűrés) nagyon sok alapanyagot tudunk megtakarítani (~35%) a hagyományos technológiához képest, ahol a fólia vastagsága széles tartományban ($\pm 20\%$) ingadozik.

A forgómagos technológia következő nagy előnye a két irányban azonos tulajdonságú, homogén, hálós szövetszerkezet. E homogén szövetszerkezet kialakulásához a forgómagos fej úgy járul hozzá, hogy a fejben már nem vezetjük szét az ömledék áramot több csatornába, mint a hagyományos technológiánál, valamint a magforgatással a szövetszerkezet orientációja mindkét (kereszt és hossz) irányban azonos lesz. A mag forgatása következtében egyenletesebb lesz a hőmérséklet-eloszlás az ömledékben, ami szintén nagyban hozzájárul az egyenletes fóliavastagsághoz. Az egyenletes hőmérséklet-el-

*DR-Pack II. Kft., 2051 Biatorbágy, Budai út 10., telefon: 23*430*041, www.drpack.hu

oszlást tovább növeltük egy nagyon jó hővezető képességű gyűrűvel, melyet a fej felső keresztmetszetében helyeztünk el. A mag forgása folyamatosan gyúrja az anyagot, melynek hatására nagymennyiségű hő keletkezik. Az anyagban képződő hő belülről fűti azt, ellentétben a korábbi megoldásokkal, ahol a fejre kívülről csatolt fűtőelemekkel fűtöttek. A gép indulásakor természetesen szükség van külső fűtésre, de a hagyományos fűtőtestek jelentős hátrányt okoznak.

És itt jutunk el a fej következő újdonságához, az infravörös sugárzás, kerámia fűtőtestes temperáló egységhez. A temperáló egység kiküszöböli a hagyományos megoldás hibáit. Az infravörös fűtőtestek csak előre felé sugároznak, míg a hagyományos fűtőtestek hátrafelé is fűtenek, ez kb. 50% veszteséget okoz, ami a gyártótér hőmérsékletét jelentősen megemeli, ez a fólia visszahűlése szempontjából nem túl előnyös. A felületen elhelyezett fűtőtesteknél részleges érintkezés valósult meg, így rossz volt a hőátadás hatásfoka, amit tovább rontott a felületek között lévő, szigetelő levegőréteg. Hagyományos fűtésnél a fej üzem közben túlmelegszik és kikapcsol a fűtés, csak nagyon lassan, vagy egyáltalán nem tud visszahűlni a fej, a hőmérséklet értékek túllendülnek, mivel a fűtőtestek és a levegőréteg leszigetelik a fejet. A kerámia sugárzókat hengeres palástban, a fejtől adott távolságra helyeztük el, így hűtőlevegőt tudunk fűjni a fej és a fűtőtestek közé.

Az egyenletes fóliavastagság kialakulásában ugyanakkora szerepe van az egyenletes, megfelelő időben történő és megfelelő intenzitású hűtésnek, mint a kilépő rés kerület menti azonos méretének. Csak mindkét feltétel egyidejű teljesülése esetén kapunk egyenletes vastagságú fóliát. Itt jutunk el a harmadik újdonsághoz, az intenzív hűtőrendszerhez. A kiállított gépen bemutatott hűtőrendszer két fő részből állt, a külső-, illetve a belső hűtésből. A külső hűtőrendszerben a hagyományos hűtőtölcsért többlépcsős hűtőtölcsére cseréltük, aminek fő előnye, hogy a növekvő fóliakúp mentén több rétegben fűjük be a levegőt. A hagyományos tölcsernél csak a kilépő résnél van levegő bevezetés, ami felfelé haladva a bővülő kúp növekvő keresztmetszete következtében „elfogy” és felmelegszik, így a kúp felső részén már szinte megszűnik a hűtőhatás. Az új, több rétegű kúpnál több ponton pótlólagos, friss hideg levegőt fűvünk be, és szükség esetén a felmelegedett levegőt ki is tudjuk szívni, így a hőmérsékletkülönbség és a hűtőhatás mindvégig megmarad. A belső hűtőrendszerben fűvőkákat helyeztünk el a ballon belsejében, melyek tangenciális irányban a fóliára fűjták a levegőt, a meleg levegőt pedig feljebb kiszívtuk a ballonnál. Belső levegőcserét több konstrukcióban is alkalmaznak a fóliafűvési gyakorlatban, de az érintőlegesen a fóliára fűjt levegő ott hűti a tömlőt, ahol a leginkább célszerű, továbbá a tangenciális levegőbefűvással megnöveltük a ballon és a hűtőlevegő

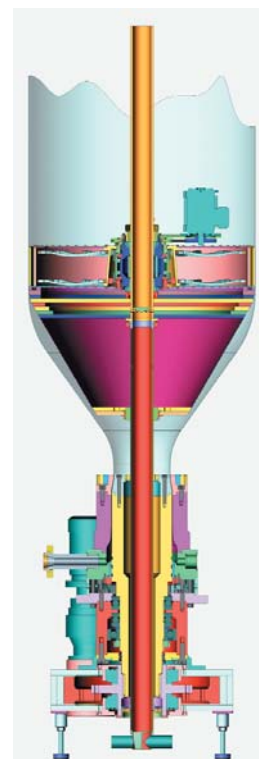
közötti relatív sebességkülönbséget, ami jelentősen növeli a hőátadási tényezőt.

Ezek voltak azok az újítások, amelyekkel cégünk felhívta magára a figyelmet a fóliagyártás világában, a K 2004 kiállításon. Több neves szaklapban jelentettünk meg közleményt a bemutatott újdonságokról (Kunststoffe, 10/2004; British Plastics & Rubber, 2004 október).

A kiállítás után természetesen tovább folytak a fejlesztések és az ötletek realizálása, aminek nagy lökést adott az ott tapasztalt érdeklődés és elismerés. Már a kiállítás idején is voltak további fejlesztések, de azokat megfelelő védetség hiányában nem mutattuk be. Azóta eltelt időben ezek is szabadalmi oltalom alá kerültek, így bátran beszámolhatunk róluk.

Az újabb fejlesztések kiindulópontja a gazdaságosság további növelése volt. A pályasebesség növelésével tovább fokozható a termelékenység, természetesen csak addig, amíg ez nem megy a minőség rovására. A pályasebesség növelésének több tényező szab határt, az egyik a hűtési intenzitás, a másik a ballon instabilitása. A további fejlesztések tehát ezen a vonalon, a hűtési intenzitás további fokozásának irányában indultak el. A korábban bemutatott belső hűtőrendszer kidolgozása során „kiderült”, hogy a hőátadás növelésének leghatékonyabb módja a hőátadási tényező növelése, mivel a hőátadó-felület nem, a hőmérsékletkülönbség pedig viszonylag szűk határok között változtatható ($Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta T$). Az új hűtőrendszer kidolgozásánál a fő cél a hőátadási tényező növelése volt. Hamar kiderült, hogy nagyon rontja a hűtést a ballonban felmelegedő nagytömegű levegő. A korábbi konstrukciónál – tangenciális fűvőkás megoldásunknál is – van belső légcserre, de a ballon közepében lévő nagytömegű levegő nehezen cserélődik ki, az áramlásban sem vesz részt teljes mértékben, így pangó légtömeg alakul ki. Ennek megszüntetésére született az az elgondolás, hogy zárjuk el a levegő elől a ballon kúpos szakaszának azt a részét, amely nem vesz részt az áramlásban és hűtésben.

A fólia kúpos, orientációs szakaszának belsejében elhelyeztünk egy testet (2. ábra), ami kitölti a fóliakúpot és csak egy vékony áramlási



2. ábra. Forgómagos fej a kalibráló hűtő egységgel

rést hagy a hűtőlevegő számára a kúp és a fólia között. Így lényegesen kevesebb hűtőlevegő elegendő ugyanakkora hűtőhatás eléréséhez, mivel azt közvetlenül a fóliához vezetjük. A ballonba zárt levegő mennyisége lecsökken, így nem rontja a hűtés hatásfokát, illetve a levegő áramlását. A kúp felületét használtuk arra, hogy a fóliához jutassuk a levegőt. A kúpot rétegekből építettük fel, a rétegek közötti réseken tangenciálisan vezettük be a levegőt, hasonlóan a fűvókás megoldáshoz. Ezen a ponton indult el az a gondolatmenet, ami elvezetett a nyitott ballonnal gyártott fűjt fóliához. A kitöltő kúpot tartani kell a ballon belsejében, be kell vezetni a hűtő levegőt is, ami történhet alulról vagy felülről. Az alulról való bevezetéshez speciális fejkonstrukció kell, aminek a magjában megfelelő méretű csatorna van, ez a forgómagos fejnél megoldható. Viszont hagyományos forgófejes gépre szerelve is ki akartuk próbálni, ebből következett, hogy a kúpot felülről kell tartani, pontosabban a ballonba függeszteni. Adódott a kérdés, hogy mi lesz a zárt ballonnal, és hogy húzzuk fel a fóliát, hiszen a ballonba zárt levegő nyomása biztosítja, hogy a fejből kilépő ömledék keresztirányban megnyúljon, orientálódjon. Ha a fóliatömlő belsejéből elszökik a levegő, a ballon összeesik. Viszont elegendő, ha a levegőt a ballon kúpos orientációs részéből nem engedjük elszökni, illetve ha csak annyi távozik el, ami könnyen pótolható. Ekkor született a felismerés, hogy a térkitöltő kúp mintegy dugóként funkcionál a ballonnal, így nem okozhat problémát a nyitott ballon, ha a fólia és a dugó között csak annyi levegő távozik el, amennyit a kúp résein befűjt hűtőlevegővel pótolni tudunk. Az elképzelés bevált, csak egy kis további kiegészítés kellett hozzá.

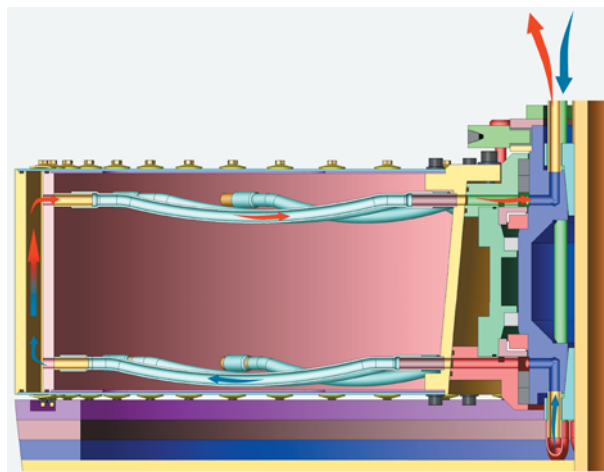
A ballon belsejébe, a hengeres részre vízszintes tárcsákat raktunk, hogy a levegő a kúpos részből kikerülve ne tudjon hirtelen elszökni. Megvalósult tehát a nyitott ballonos fóliafűtés. Ennek további előnye, hogy a felmelegedett levegő felfelé szabadon eltávozhat belőle, nem kell elszívni.

Ezzel a konstrukcióval megszüntettük a pangó légtömegeket, amelyek rontják a hűtést és az áramlást; a hűtőlevegőt közvetlenül a fóliára juttatjuk érintőleges irányban, javítva a hőátadást, rétegenként pótolva a bővülésből előálló levegőhiányt; a nyitott ballonnal kiengettük a felmelegedett levegőt, ami gátolta a fólia további, szobahőmérsékletre történő visszahűlését.

A gépgyártó cégek azért építenek magas felhúzó tornyokat, hogy a fólia a felfelé és lefelé vezető ágban kelően visszahűljön. Felhúzó állványunk lényegesen alacsonyabb, mint az általánosan elterjedtek. Ez több szakembernek feltűnt, akik érdeklődtek, hogyan lehetséges, hogy ez a magasság is elegendő. Nekik ekkor ismertettük az új (akkori) hűtőrendszer elvét és előnyeit. Tehát további előny, hogy nem kell magas felhúzó tornyokat építeni.

Ezek a kezdeti lépések adták a kiindulási alapot a belső, hűtő, orientáló, kalibráló kúp további fejlesztéséhez. Az elméleti alap ismét a hőátadási tényező volt, pontosabban annak sebesség függése, amelyet már a tangenciális fűvókáknál is igyekeztünk kihasználni. A hőátadási tényezőt legnagyobb mértékben a hűtőközeg és a hűtendő felület közötti relatív sebességkülönbség határozza meg (valamint a hűtőközeg relatív páratartalma, amivel most nem foglalkozunk). Ezt a sebességkülönbséget a tangenciális fűvókáknál úgy igyekeztünk növelni, hogy a fólia függőleges haladási irányához képest a levegőt elfordítottuk és arra közel merőlegesen fűjtük be, ezzel kb. másfélszeresre nőtt a hatékonyság. Következő lépésként a hűtőkúp felső, már hengeres szakaszát, ahol a fólia végleg megdermed, megforgattuk és levegő visszahűtő rendszerrel láttuk el. A belső hűtőkúp úgy néz ki, hogy az alsó, kúpos részen több szinten, érintőlegesen befűjjük a levegőt. A levegő a kúp mentén felfelé haladva felmelegszik és ott, ahol a leginkább szükség van a hűtésre, a nagy területi sebességgel forgatott hengerrel visszahűtjük, folyamatosan elvezetve a leadott hőt. A forgó rész tehát nagyon megnöveli a sebességkülönbséget, ezáltal a hőátadási tényezőt, és ezzel párhuzamosan el is vezeti a hőt, így teljesen befejeződik a fólia visszadermedése. A hőátadás növekedésében nagy szerepe van annak, hogy a forgó tárcsa felületét finomra políroztuk, továbbá a nagy sebesség hatására a fal mentén lecsökkent az áramlási határreteg.

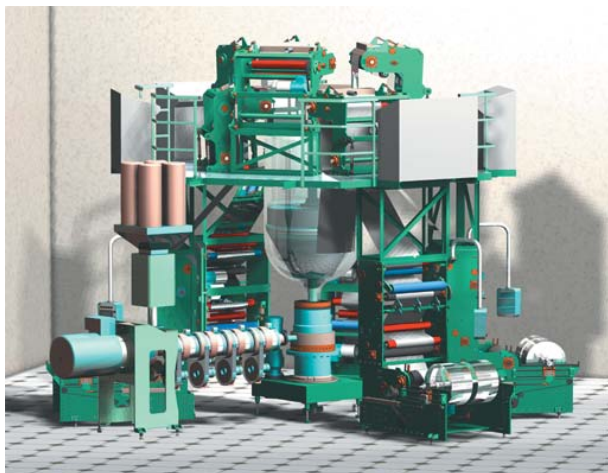
A fólia és a hűtőkúp közötti résben nagy sebességgel áramló levegő a fóliát mintegy rászívja a felületre. Ez a jelenség leginkább úgy ismert a köztudatban, hogy mikor két papírlap közé befűjünk, azok nem eltávolodnak egymástól, hanem összetapadnak, persze marad közöttük egy vékony réteg, ahol a levegő eltávozik. A fentiek következtében a fólia ballon átmérője állandó lesz, és ez az átmérő néhány milliméterrel lesz nagyobb a hűtőkúp felső hengeres átmérőjénél. A belső hűtőkúp a kaliber szerepét tölti be (3. ábra). Ezzel lehetőség nyílik nagy-



3. ábra. Kaliber hűtőgyűrű metszet

pontosságú fólia gyártására nemcsak vastagságban, hanem átmérőben, azaz szélességben is. A kaliber méretét a késztermék méretéből kiindulva határoztuk meg, így szélhulladék nélkül gyárthatunk fűvott stretchfóliát. A szélhulladék nélküli gyártás nagyon nagy előrelépés a gazdaságosabb fóliagyártási törekvésekben, hiszen a szélhulladék visszadolgozásának, még közvetlenül a gyártósoron belül is, komoly gépi és anyagi vonzatai vannak.

Eddig csak említettük, hogy kinyitottuk a ballont, melynek számos előnyös tulajdonságát és szükségszerűségét határoztuk meg, de hogy is néz ez ki? A hengersen felfelé haladó ballont a felhúzó szinten hat, sugárirányban betölt késsel, hatfelé hasítjuk. A felhúzó szinten hat „kis” felhúzó található, és mindegyikre rá van vezetve egy-egy fólia szegmens. Az egész úgy néz ki, talán nem túlzó hasonlattal, mint egy nyíló virág szirmai, az eddig felül zárt fólia ballon kinyílik. A kiállításra mi úgy tekintettünk, mint egy sokat sejtető, bimbózó állapotra (itt még zárt ballon volt, de már sokat sejtető átalakítások voltak rajta láthatók), a most megvalósuló komplett gyártóberendezés rendszerre, pedig mint az eddigi munkánk során elültetett mag kivirágzására (4. ábra).



4. ábra. Nyitott ballonos, hatpályás gyártósor

Az újabb (a kiállítás óta létrejött) eredményeink bemutatására, mondhatni hagyományosan, építjük az említett gyártóberendezést, ami magába foglalja eddigi összes fejlesztésünket. Az új gépsor az említettekén kívül még számos új dolgot tartalmaz. Nézzük most az összes beépített fejlesztést felsorolás jelleggel, a még nem bemutatottakat pedig röviden ismertetve: egyedi tervezésű, integrált csapágyazású, bolygóműves extruderhajtás; infravörös, kerámiasugárzós temperáló extruderfűtés; forgómagos fóliafűvő fej; infravörös, kerámiasugárzós temperáló fejfűtés; belső, kalibráló hűtőkúp; hatfelé hasított, nyitott ballon technológia, hatfelé vezetett fóliával; tekercselőnként (pályánként) megvalósítható egyedi tekercselés.

Egyedi tervezésű, integrált csapágyazású, bolygóműves extruderhajtás: az új hajtómű egy lineáris, speciálisan extruder hajtására kifejlesztett bolygómű. Nélkülöz minden általános és univerzális elemet, amin azt értjük, hogy csak az extruderben fellépő igénybevételekre terveztük és még a csigáról átadódó tengelyirányú terhelést felvevő axiális csapágyazást is magába foglalja. A lineáris elrendezés azt jelenti, hogy a hajtó motor egytengelyű az extruder csigával.

Infravörös, kerámiasugárzós temperáló extruderfűtés: a fej temperálására kifejlesztett, korábban már bemutatott berendezést adaptáltuk az extruder fűtésére, melyet csak méretében kellett az extruderhez igazítani.

Pályánként megvalósítható egyedi tekercselés: a gépsort háztartási stretchfólia gyártására optimalizáltuk. A hatfelé hasított tömlőt, a hat tekercselőn még kétfelé hasítjuk, így a gép tizenkét (300 mm széles) tekercset gyárt egyszerre. A hat „kis” tekercselő egyik előnye az egy nagy tekercselőhöz képest, hogy nagyobb anyatekercseket lehet rajta gyártani. Ha egy hosszú pneumatikus tengelyen öt-hat különhasított tekercs van egymás mellett, bizonyos méret (súly) után a pneumatikus tengely behajlik és a tekercsek egymásba érnek. A kis tekercselőn csak két tekercs van egymás mellett, a pneumatikus tengely lényegesen rövidebb, még azonos méret esetén is többszörös a teherbírása. A tekercselőket úgy alakítottuk ki, hogy 1 m átmérőjű anyatekercseket lehessen rajta gyártani. Ennek az óriási tekercsnek az automata áttekercselő gépek szempontjából van nagy jelentősége, a gazdaságosabb üzemeltetés szempontjából. Az óriási anyatekercsek iránt, már jelenleg is több konfekcionáló üzem és áttekercselő gép gyártója érdeklődik. Az egyedi tekercselés alatt azt értjük, hogy bármelyik tekercselőre a hat közül ráépíthető egy késztermék konfekcionáló egység. A tekercselő ebben az esetben nem anyatekercset gyárt, hanem rögtön kisebb, pár 10 vagy 100 méteres tekercset. Így a gép óriási kapacitását rugalmasabban lehet kihasználni. A ráépíthető konfekcionáló egységet egy nagy európai, áttekercselő gyártó céggel közösen fejlesztjük.

Már nem sok idő választ el bennünket attól, hogy a gépet üzembe helyezzük. Ennek a napnak bizakodással nézhetünk elébe, hiszen szinte minden nagyobb fejlesztési lépésünket egyedi kísérletekkel támasztottunk alá, és az üzembe helyezés során csak ezek összhangját kell megtalálnunk. Örömmel mondhatjuk, hogy a K 2004 kiállításán keltett hírünk alapján jó néhány neves gépgyártó felfigyelt tevékenységünkre. Velük az azóta eltelt időben egyre mélyülő szakmai kapcsolatokat sikerült kialakítanunk, és közülük többen jelezték, hogy amint elindul a gép, azonnal szeretnék látni. Erre a gépre már nemcsak úgy tekintünk, mint az elmúlt évek fejlesztőmunkájának eredményére, hanem, mint további komoly együttműködések kiindulópontjára és zálogára.