

Extruderek a fóliagyártáshoz

A műanyag fóliákat irdatlan mennyiségben gyártják szerte a világon, és ehhez nagy kapacitású feldolgozógépekre van szükség. A fokozódó minőségi követelményeket pedig csak korszerű automatikus vezérléssel lehet kielégíteni. A teljesítmény fokozható az ún. direkt extrudálással, amikor a kompaundálás után közbenső granulálás nélkül, az ömledékből közvetlenül készítik el a síkfóliát. Ezzel az eljárással bonyolult többrétegű és biorientált fóliák is gyárthatók. Korszerű automatikus vezérlést azok a fóliagyártók is alkalmazhatnak, amelyeknek a régebbi extruderei még nem használódtak el túlságosan.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fóliagyártás; direkt extrudálás; kétcsigás ZSK extruderek; PET; PP-BO; extruderfelújítás; vezérlőrendszer; automatizálás.

PET fólia gyártása direkt eljárással

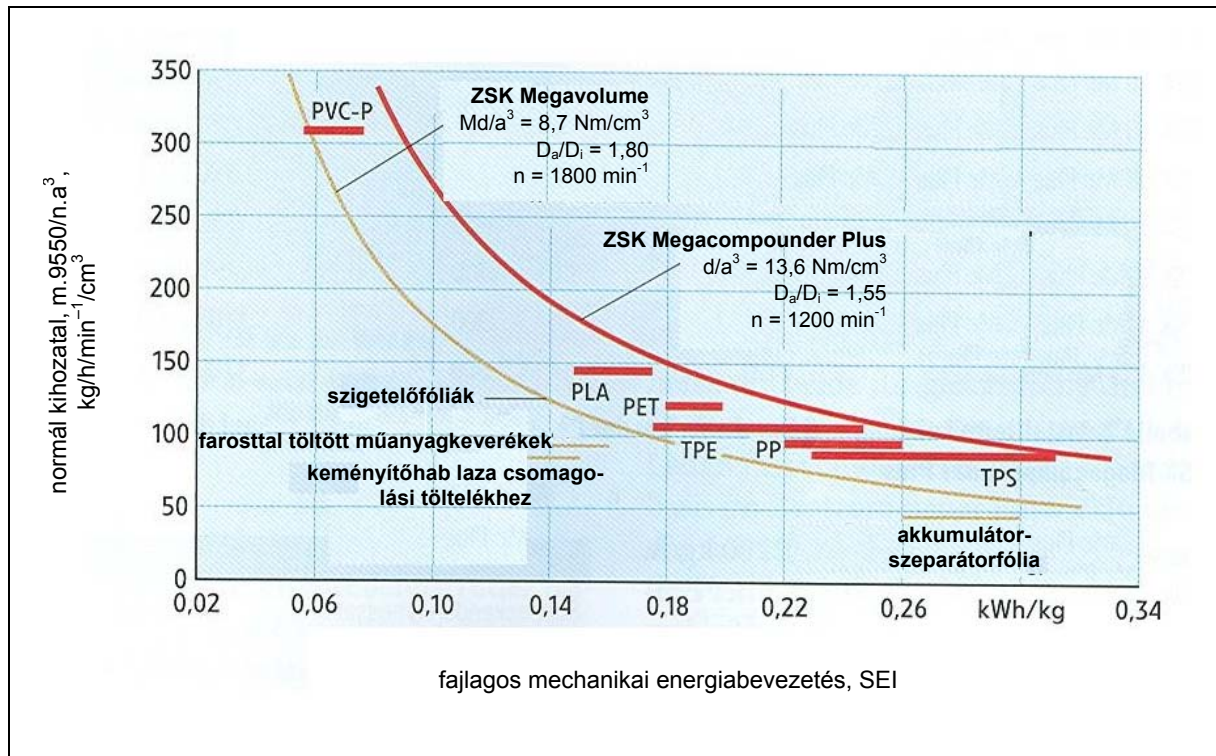
PET síkfóliákat évek óta gyártanak az alapanyag megfelelő előkészítése után közvetlenül, és ebben az eljárásban nem kell a polimert előszárítani és a reciklátumot sem kell kristályosítani vagy agglomerálni. A „direkt” extrudálást folyamatosan fejlesztették és más polimerekre is kiterjesztették.

Az előkészítő berendezéseket szerkezeti elemeik tulajdonságai (csigák száma és forgásiránya, a csigaszárnnyak érintőleges vagy egymásba hatoló mozgása) alapján különböztetik meg. Különleges szerkezeti elem az egycsigás, ún. koknéter, amely speciális kiképzése következtében öntisztulásra képes, de a fólia direkt extrudálását hátráltatja.

A műanyag-, a vegyszer-, az élelmiszer- és a gyógyszeriparban az egyirányba és egymásba forgó kétcsigás keverőextruderek terjedtek el. Az 1950-es évek óta világszerte mintegy 30 ezer öntisztuló extrudert építettek, és ezek 90%-át a kétcsigás-gyúróelemes (Zweiwelliger-Schneckenknetter – ZSK) elv alapján. Az ilyen extruderek hajtását, gyúróelemeit és fűvókáját modulárisan alakítják ki, és a modulokat kell a gép alapjára felszerelni. A csigaház és az evolvens görbületet követő elemekből összerakható csigák modulokból építhetők össze, ezáltal a csiga egyes szakaszai optimálhatók az aktuális gyártási folyamathoz. Újabban egyre több ún. modulberendezést építenek, némelyiket valamilyen házba, másokat könnyen csatlakoztatható és mozgatható keretekbe; ezek képesek az anyag adagolására és az ezt követő formaadásra. Ilyen módon lehetővé válik, hogy a teljes berendezést a megrendelő termékének a gyártásával még az extrudergyártónál üzembe helyezték.

A némely folyamatban fontos jellemzőkön (hőátadás, gázmentesítés, reakcióidő, fűvókaterhelés) kívül a gépsorozatok tervezésekor ügyelni kell a korrekt méretezésre,

nevezetesen a csigaátmérők arányára (D_a/D_i), a tengelyek távolságának harmadik hatványára vonatkoztatott térfogatspecifikus forgatónyomatékra (Md/a^3 , Nm/cm^3), és a csiga fordulatszámára (n , ford/min). Ezek együtt határozzák meg a hasznos terméktérfogatot, a nyíró igénybevételt és a teljesítményt, továbbá a töltési fokot és a keverőhatást.



1. ábra A leggazdaságosabb extruder kiválasztása az energia- és térfogatigény alapján

Az 1. ábra alkalmazástechnikai példákra utalva mutatja a gépnagyságtól és a fordulatszámtól független kihozatalt (m, kg/h) a gyakran a minőséget is meghatározó fajlagos energiabevezetés (SEI, kWh/kg) függvényében. SEI-t a disszipált teljesítmény (kW) és a kihozatal (kg/h) hányadosaként határozzák meg. Minden feldolgozási folyamatnak, amely eléri a *ZSK Megacompounder Plus* (az ábrán vastag vonal) határgörbéjét, elsősorban a fordulatszám jelent korlátot, és ezen a gépen optimálisan megvalósítható. Ezért ezen a csomagolófóliák gyártása javasolható. A többi anyag feldolgozási jellemzői lényegesen ez alá a határgörbe alá esnek, és kompaundálásuk gazdaságosabb a *ZSK Megavolume* berendezésen, amelynek forgatónyomaték-határgörbéjét az ábrán a vékony szürke vonal jelzi, és amelynek 40%-kal nagyobb a szabad csigatérfogata.

Anyag-előkészítés PET és PET-BO síkfóliák gyártásához

A **Coperion Werner & Pfleiderer** cég (Stuttgart) poli(etilén-tereftalát) (PET) fóliák anyagának előkészítésére és direkt extrudálására olyan technológiát fejlesztett

ki, amelyben nem szükséges a polimert előszárítani, ill. a reciklátumot kristályosítani vagy agglomerálni. Ezt a technológiát már a kilencvenes évek elején bemutatták síkfóliák gyártására. Azóta folyamatosan javították és a piac elvárásainak megfelelően módosították az eljárást. Az átlátszó, amorf PET-A fóliákból általában mélyhúzással készítenek csomagolóeszközöket friss élelmiszerek, orvosi és műszaki cikkek forgalmazásához; a részlegesen kristályos, fehér PET-C fóliákat nagyobb hőállóságuk miatt mikrosütőben felmelegíthető mélyhűtött élelmiszerek csomagolására alkalmazzák.

A direkt extrudálást a kétszigás keverőextruderek jó anyagelőkészítő tulajdonságai és rendkívül hatásos gázmentesítése teszi lehetővé. A tökéletes gázmentesítés a polimer megömlési hőmérséklet-tartományában, 270–300 °C között döntően fontos, mert a hidrolitikus bomlás itt több ezerszer gyorsabb, mint a termooxidatív vagy a termikus bomlás. A PET nem tartalmazhat ezen a hőmérsékleten degradálódó szennyeződést, pl. PVC-t. A technológia alkalmas friss granulátum és bármilyen őrlemény vagy reciklátum, ill. ezek keverékének előkészítésére, és az ömledékből közvetlenül készíthető fólia, szál vagy fröccsönthető granulátum. A ZSK eljárás és a különböző egysigás eljárások jellegzetességeinek összehasonlítása az 1. táblázatban található.

1. táblázat

Különböző extrúziós folyamatok jellegzetességei PET-A fólia gyártásakor
(Kezdeti értékek: iV 0,79 dl/g, nedvességtartalom 3000 ppm)

Jellegzetesség	ZSK	Egysigás extruder (1)	Egysigás extruder (2)
Gázmentesítés	nagyvákuumban	nincs	van
Előkezelés	nincs	előkristályosítás 30%-ig vagy agglomerálás; előszárítás 20 ppm-ig*	előkristályosítás 30%-ig vagy agglomerálás
Elért iV-érték** a feldolgozás alatt, dl/g	0,75	0,70	0,65
Fóliaminőség	nagyon jó	jó	gyenge
Eljárás rugalmassága	nagy, a közvetlen kompaundálás lehetséges	kicsi, a receptúracseré időigénye kb. 6 óra	nagy, de az anyag előkeverése szükséges
Energiaigény	60%	100%	70%

* 0,002%, ** belső viszkozitás (intrinsische Viskosität).

A keverékkészítés és a feldolgozás végrehajtása megszakítás nélkül, egyetlen gépsoron számos előnnyel jár:

- javul a végtermék minősége, mert a kíméletesebb feldolgozás következtében a belső viszkozitás (iV-érték) csak kismértékben csökken, a csekély leépülés miatt az átlátszó anyag sem sárgul, ezenkívül könnyebben hőformázható a fólia és kellemesebb a tapintása, mint az előszárítással meggyötört polimeré,

- a dupla csiga jó öntisztító képessége következtében a receptúra- vagy színékváltás mindössze néhány percig tart, a teljes gépsor pedig 30–60 perc alatt állítható át az új termék gyártására, ami nagyon rugalmassá teszi a gyártást,
- a gyártósor anyagellátó rendszere sokkal egyszerűbb, mert a friss granulátum, a hulladékból készített – akár eltérő iV-értékű – örlemény, agglomerátum, pehely együttesen adagolható be,
- csökken a gyártási folyamat energia- és időigénye, mert szükségtelenné válik az előszárítás és az előkristályosítás.

A ZSK-eljárásban a kihozatal nem korlátozza sem az előszárítás kapacitása, sem a csiga nagysága. Egy ZSK 92 Mc Plus típusú, 92 mm csigaátmérőjű géppel el lehet érni 2200 kg/h kihozatalt. Egycsigás berendezésen ehhez 200 mm átmérőjű csigára volna szükség. Az utóbbiban a hővezetéssel végbemenő hőátadás miatt az ömledékben meg nem ömlött részek maradhatnak. Nagy teljesítmény igényekor ezért az egycsigás gépeket kaszkárendszerben üzemeltetik. (Ilyenkor két extrudert egymás után kapcsolnak, az első extruderből kiáramló ömledéket áthajtják a második extruderen is alakadás előtt.) A kétcsigás ZSK Mc Plus extruderek teljesítményhatárait a 2. táblázat tartalmazza. A kihozatal a hőmérséklettől függ.

2. táblázat

A PET direkt feldolgozására alkalmas ZSK Mc Plus extruderek fő jellemzői

Géptípus	Teljesítmény, kW	Max. fordulatszám, min ⁻¹	Kihozatal, kg/h
ZSK 32 Mc Plus	20	400	30–90
ZSK 40 Mc Plus	42	400	60–180
ZSK 50 Mc Plus	82	400	120–360
ZSK 58 Mc Plus	126	400	190–570
ZSK 70 Mc Plus	226	400	340–1000
ZSK 92 Mc Plus	503	400	750–2200
ZSK 119 Mc Plus	773	300	1100–3400
ZSK 133 Mc Plus	1131	300	1700–5000

A folyamat lépései a kompaundáló berendezésben

A megfelelő anyagokat gravimetriás adagolók táplálják be a töltőnyílásba. Szálhulladék is beadagolható, ha azt előzőleg felaprították és könnyen szóródóvá tették.

A ZSK Megacompounder csigaháza nyolc, egyenként 4D hosszúságú szakaszból áll, teljes hossza tehát 32D (D = csigaátmérő). A csigákat az aktuális feladathoz (szilárd anyag behúzósa, megömlesztés; homogenizálás, gázmentesítés, kihordás) megfelelő csigaelemekből építik fel. A felmelegedés hatására már a ház harmadik szakaszában, a megömlés kezdetekor felszabadul a nedvességtartalom jelentős része, amely itt atmoszferikus nyomás alatt távozik el. A maradék nedvességet és a korábbi szakaszokban esetlegesen keletkező gáz alakú bomlástermékeket az 5.–7. szakaszban növekedő, 1–10 mbar vákuummal szívják el. A gázmentesítés jó hatásfokához a hosszú

gáztalanító zóna mellett az ömledék nagy felülete is hozzájárul, amely a csigajárat részleges feltöltöttsége miatt folytonosan átrétegződik. A gázokat az extruder oldalán vezetik el, ezáltal megakadályozzák, hogy a gáztalanító bemeneténél képződő esetleges lerakódás visszakerüljön az ömledékbe.

Az eljárási paraméterek hatása a viszkozitás változására

Mivel a PET előállítását kondenzációval végzik, ez pedig egyensúlyi reakció, a ZSK berendezésben adalékok nélkül, csupán a feldolgozási paraméterek beállításával befolyásolható az ömledék viszkozitása, ezáltal a végtermék minősége. A nagy mechanikai igénybevétel és a gyenge vákuum általában növeli az anyag leépülését, a rövid tartózkodási idő és a csiga erősebb feltöltöttsége viszont mérsékli azt. Ezért a ZSK *Mc Plus* extruderekben magasabb forgatónyomatékkal és kis fordulatszámmal lehet a legjobb minőségű fóliát gyártani.

A kihordószakasz

A PET alacsony ömledékviszkozitása miatt az ömledéknyomás eléréséhez fogaskerékszivattyút használnak. Ennek hatásos nyomásfelépítése lehetővé teszi, hogy az ömledék megőrizze alacsony hőmérsékletét. Automatikus szűrőcserével működő szűrő tartja vissza a maradék szennyeződést. A szűrő finomságát a végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények szerint választják meg. A legfinomabb szűrőket a két irányban nyújtott fóliák és a szálak gyártásakor alkalmazzák. A megszárt ömledék fóliagyártáskor szélesrésű fűvókán, szálgyártáskor fonófejen keresztül jut ki az extruderből.

Direkt extrudálással többrétegű fóliát is lehet gyártani. Egy dániai fóliagyártó két gépsort üzemeltet háromrétegű fóliák koextrudálására. Az egyik gépsor egy ZSK 119 *Mc* és egy ZSK 70 *Mc* extrudert tartalmaz, teljesítménye 2,5 t/h; a másik egy ZSK 92 *MC* és két ZSK 50 *MC*-ből áll, teljesítménye 1,6 t/h. A három egycsigás extruderrel szemben azért választották ezeket a gépsorokat, mert 30 perc alatt át lehet állítani őket más színű vagy más alapanyagú termék gyártására, nagyobb mechanikai szilárdságú és jobb optikai tulajdonságokkal rendelkező fóliákat lehet velük előállítani, és nem elhanyagolható szempont volt, hogy *megtakarítható az előszárítás energiaigénye*, amely a teljes energiafelhasználás 40%-a.

PP-BO és TPO fóliák gyártása

A két irányban nyújtott PP-BO fóliákat elsősorban élelmiszerek, továbbá textilek, dohányárúk, virágok csomagolására, ragasztószalagok alapjaként használják fel. Ilyen fóliák előállításához egyre nagyobb teljesítményű gépeket igényelnek, ezért egyre növekszik az ezen a területen használt kétcsigás ZSK típusú extruderek alkalmazása. Előnyüket az egycsigás extruderekkel szemben egy 133 mm-es ZSK berendezés példáján a 3. táblázat érzékelteti. További előnyei:

- a gyártási folyamat nagyobb rugalmassága,
- az adalékok, töltőanyagok, színezékek közvetlen bekeverése,
- jobb keverőhatás és ömledékhomogenitás,
- nagyobb gáztalanító kapacitás,
- az öntisztulás következtében nincs lerakódás,
- kisebb gép szükséges, rövidebb az anyag tartózkodási ideje a gépben, alacsonyabb az ömledék-hőmérséklet, kevesebb az energiafelvétel, kisebb alapterület kell a gyártóberendezés elhelyezéséhez.

A TPO fóliákat elsősorban az autógyártás használja fel. Egy fóliagyártó többretegű TPO fóliáit két ZSK 70 Mc géppel állítja elő. Elsősorban a pontos gravimetriás adagolórendszer és a megbízható szabályozás miatt választotta ezt a géptípust.

3. táblázat

5 t/h teljesítményű PP-OB-gyártó gépsorok paraméterei kétszigás ZSK direkt extruderrel, ill. egyszsigás kaszkádextruderrel

Paraméter	Kétszigás ZSK extruder	Egyszsigás kaszkádextruder
Csigaátmérő	133 mm	250 mm/275 mm
Tartózkodási idő	< 30 s	kb. 180 s
Ömledék-hőmérséklet	230-250 °C	255–280 °C
Fajlagos energia	0,17 kWh/kg	0,26 kWh/kg
Beépített teljesítmény	10000 kW	2200 kW
Területigény	40 m ²	120 m ²

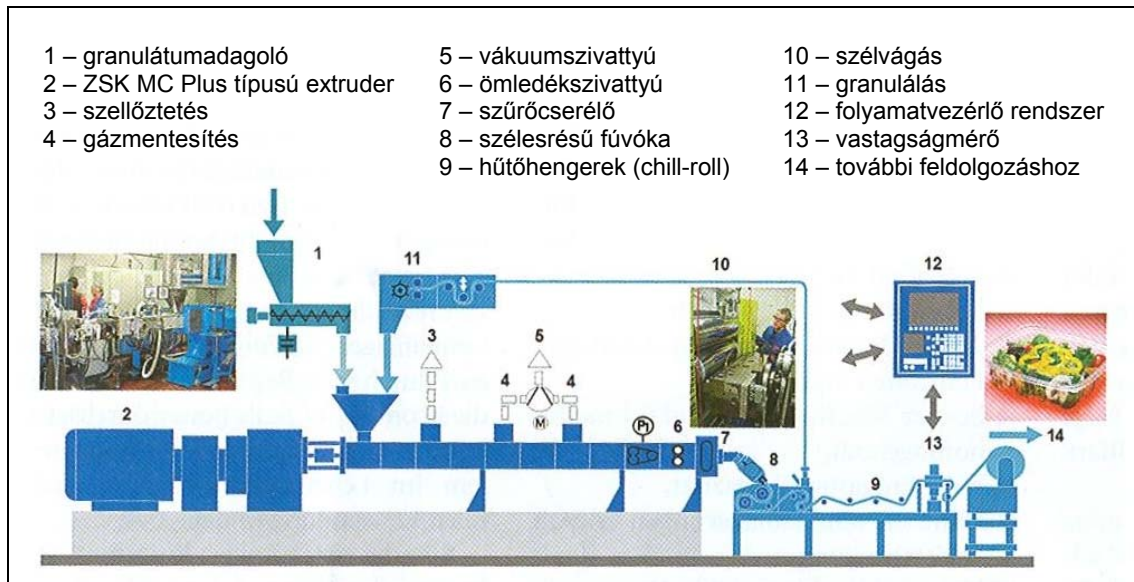
Biológiai úton lebomló csomagolóanyagok

A biológiai úton lebomló (biodegradálható) polimerek előkészítésekor gyakran kombinálják az élelmiszeripari és a műanyagipari technológiákat, amelyekhez jól beváltak az egyirányba forgó kétszigás extruderek. A biodegradálható polimerek egyik népszerű alapanyaga a keményítő, amelyet más eljárások mellett néha ún. főzőextrúzióval tárnak fel. Ez viszonylag drága eljárás, és elsősorban a takarófóliák gyártásához alkalmazzák. Nagyméretű feldolgozógépeken terjed a tejsavalapú fóliák gyártása – tiszta politejsavból vagy annak keverékeiből – elsősorban élelmiszeripari csomagolások céljára.

A keményítőalapú polimerekhez eleinte az élelmiszeriparban és a vegyiparban ismert főző-habosító eljárást alkalmazták. A keményítőt az extruderben néhány másodperc alatt 150–200 °C-on vízzel tárták fel, majd lágyítóval és plasztikáló segédanyagokkal keverték. A fűvókából kikerülve a felszabaduló vízgőz felhabosította a keményítőt és elpárolgott. Szárítás után a habosított keményítőt megőrölték és könnyű, laza kitöltő anyagként csomagolásra használták.

Ha a keményítőt biodegradálható fólia gyártására akarják felhasználni, először ugyancsak megfőzik, majd egy oldalvezetéken keresztül biodegradálható hidrofób po-

limert [pl. cellulózszármazékot, polikaprolaktont, poli(vinil-alkoholt) (PVOH), politejsavat (PLA), poli(hidroxi-butirátot) (PHB)] adagolnak hozzá. A keveréket plasztikálják és emulgeálják. Néha ún. reaktív keverést alkalmaznak, amellyel a két fázis közötti erősebb kötést alakítják ki. Vákuumos gázmentesítés után zsinórt húznak, amelyet granulálnak. Elfogadható szilársága csak akkor lesz a terméknek, ha a keményítő diszperz fázis képez, ami azt jelenti, hogy a *keverék keményítőtartalma nem haladhatja meg a 60%-ot.*



2. ábra A szárítatlan PET és PLA direkt extrudálásának folyamata mélyhúzzható élelmiszeripari csomagolófóliává

A tejsavalapú biodegradálható polimerek egyre inkább kiszorítják a keményítő-alapú termékeket, amihez nem kis mértékben járult hozzá a Cargill-Dow cég 140 ezer tonna/év kapacitású PLA üze­me. A PLA-t extruderben polimerizálják és víz alatt granulálják; mivel elsősorban átlátszó fóliát készítenek belőle, csak ritkán erősítik, töltik vagy színezik. Ennek a poliészterfajtának a feldolgozásához is alkalmazható a PET fóliák gyártásához használt eljárás, a nagy vákuum itt is megakadályozza a hidrolitikus bomlást, amely kellemetlenül tapadóssá tenné az extruderből kijövő ömledéket. Az eljárás váz­lata a 2. ábrán látható. Ilyen technológiával egyre gyakrabban készítenek PLA-ból és más biodegradálható polimerből adott alkalmazáshoz kialakított funkcionális tulajdonságú fóliát.

Nanokompozitok

A ZSK Mc Plus kompaundáló extruder­ekkel nanokompozitok is gyárthatók. A nanoméretű speciális rétegszilikátok már kis mennyiségben javítják a fóliák záró­képességét, csökkenthetővé vagy feleslegessé tehetik a kapcsolóanyagok felhasználását, de hidrofilizálhatják vagy mattíthatják a felületet is. Nanoméretű fémekkel

vagy fém-oxidokkal (pl. nanoezüsttel) antibakteriálissá tehető a felület, javítható az UV-védelem, növelhető a karcállóság, kialakítható az öntisztuló felület (lótuszhatás). Nanoméretű szénecsövekkel vagy szálakkal jól definiált vezetőképességgel rendelkező felületek állíthatók elő.

Elavult fóliafúvó extruderből korszerű feldolgozógép

A valaha korszerűnek számító feldolgozógépek az évek során akkor is elavulnak, ha számos alkatrészük még tökéletesen teljesíti feladatát. Mindenekelőtt az elektronika és a szabályozástechnika fejlődése miatt válnak korszerűtlenné a régebbi gépek. Meggondolandó azonban, hogy érdemes-e teljesen új gépet vásárolni, vagy csak a korszerűbbre cserélhető részeket érdemes kicserélni.

A **Reifenhäuser** cégnek külön szakembergárdája foglalkozik a *régi gépek modernizálásával*. 2009 januárjában egy hollandiai fóliafúvó, a **Plasthill** cég egyik 1992-ben megvásárolt, 4200 mm széles fóliát gyártó berendezését alakította át úgy, hogy azon a gyártási folyamat képernyőn követhetővé vált, és alkalmas lett a teleszervíz-szolgáltatásra. Az átalakítást a gép egyik leállítási szünetében, egyetlen napon belül végezték el. Kicserélték a gép SPS (speicherprogrammierbare Steuerung; PLC – programmable logic controller) vezérlőrendszerének elavult processzorát egy korszerű változatra, a folyamatot egy kereskedelmi forgalomban kapható ipari PC-vel, egy 19"-es lapos képernyővel és egy billentyűzettel tették szemmel láthatóvá. Szabványos alkatrészek felhasználásával jelentősen csökkentették az átalakítás költségeit.

A fóliagyártónak ezzel az átalakítással megteremtődött annak a lehetősége, hogy az egymással hálózatba kötött fóliafúvó berendezéseket bármelyik PC-munkahelyről a képernyőn ellenőrizze. A feldolgozó alapfeltétele volt az átalakítás előtt, hogy szavatolják neki a pótalkatrészek beszerzését és a gyártás biztonságát. Ennek garanciája, hogy a gépet rákapcsolták a Reifenhäuser cég RQS teleszervízére (**RQS, Reifenhäuser Quality Service**), amely távdiagnosztikát és távkarbantartást végez, és szükség esetén rövid időn belül holland nyelven szövegesen is válaszol a feldolgozó kérdéseire és kéréseire.

Az öregebb extruderek elektrotechnikai elemeinek átalakítására az RQS szervízben új elvet valósítottak meg. Ha csak a régi SPS rendszert és az analóg hajtás-szabályozókat cserélik ki korszerű változatokra, mai szintre hozható fel a gép funkció-képessége és teljesítménye. Új SPS beépítése után gond nélkül alkalmazhatók profibuseszközök az I/O tartományban. Ennek vannak előnyei:

- a korszerű SPS a meglévő és jól ismert szoftverek programjainak megváltoztatása nélkül, kibővített Ethernet, USB és profibus csatlakozásokkal beépíthető,
- az extruder funkcióképessége tökéletesen megmarad, mivel a meglévő szoftvert 100%-ban megtartják,
- a pótalkatrészek hozzáférhetőségét sok évre szavatolják,
- a csere egy hasonló rendszerre való teljes átalakításhoz képest jóval olcsóbb és rövidebb idő alatt elvégezhető.

Az átalakítás akkor válik feltétlenül szükségessé, ha a régi berendezések már nem javíthatók vagy ha az analóg alkatrészek már nem szerezhetőek be. Az átalakítás során beszerelt digitálisan vezérelt hajtásszabályozó képes felfogni az analóg és a digitális jeleket is, és befogadja a busrendszerbe épített új funkciókat. Az extruder és a követőberendezések jobb hajtásszabályozása által optimalizálható a végtermék minősége. Amikor az aktuális karbantartás keretében kicserélik a szabályozórendszert, valamennyi korábbi paraméter bevihető az új rendszerbe a programozóberendezés segítségével, és nincs szükség újabb beállításra. A kellő időben elvégzett tervezéssel és az SPS, ill. a hajtásszabályozó cseréjével megelőzhető a váratlan és költséges gépleállítás.

A távkarbantartás, ill. teleshervíz lehetővé teszi a virtuális privát hálózaton (*VPN, virtual privat network*) keresztül, hogy az SPS adattartományát egy SQL-adatbankban tárolják (*SQL, structured query language, strukturált lekérdező nyelv*). Ez a funkció megtakarítja a szervíztechnikusok időtrabló odautazását és megkönnyíti a hibaelemzést. Miután az RQS megállapította a hibát, a feldolgozó céggel való egyeztetés után egy extrúziós szakember azt a telephelyen el tudja hárítani.

Kiegészítő elektronikus építőelemek beszerelésével az SPS-ből az adatokat írásban is meg lehet jeleníteni. A gyártási adatokat előre kiválasztott adatbankban időközönként el lehet helyezni. Segítségükkel hosszabb időn át (pl. egy évig) követhető egy-egy termék minőségének esetleges változása, és minőségcsökkenés esetén be lehet avatkozni. A gyártási adatokat a termelés leállítása nélkül a távkarbantartásban is lehet hívni.

A régóta szolgáló gépeken természetesen más alkatrészeket is fel lehet újítani. A régi és az új gépeket időnként alaposan ki kell tisztítani, megelőző karbantartást kell rajtuk végezni. Néha ki kell cserélni a hűtő- vagy a simítóhengert, optimálni kell az eljárástechnikát vagy új csigahengert kell vásárolni a géphez.

Összeállította: Pál Károlyné

Wiedmann, W.; Schönfeld, S.: Direktherstellung von Verpackungsfolien = Kunststoffe, 97. k. 8. sz. 2007. p. 104–108.
Schroeder, M.; Florin, A.: Aus Alt macht Neu = Plastverarbeiter, 60. k. 6. sz. 2009. p. 106–107.