

## Speciális extrúziós módszerek

A nagy sebességű, kis csigaátmérőjű egycsigás extruderek eredményesen használhatók különféle termékek termelékeny előállítására különböző tömegműanyagokból. Forró és hűtött folyadékok kis hőveszteséggel szállíthatók hőszigetelt műanyag csőrendszerekben. Ezek egy extrudált, hőre lágyuló műanyag cső körül kialakított poliuretán hőszigetelő köpenyből és az arra ráextrudált műanyag (ált. polietilén) védőcsőből állnak. A leggyakrabban alkalmazott kétlépcsős eljárás megfelelő technológiai rugalmasságot kínál a csőgyártók számára. A dobra tekercselt csőből tetszés szerinti hosszúságú tekercsek konfekcionálhatók az egyszerűbb csőfektetés érdekében.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás, extrúzió; csőgyártás; lemezgyártás; polipropilén; polisztirol; polietilén; poliuretán; polibutilén; energiatakarékosság; hőszigetelés.*

## Nagy sebességű extrudálás egycsigás extruderrel

Ha egy viszonylag kis átmérőjű csigát (és hengert) tartalmazó extruder csigáját nagy fordulatszámmal járatják, a hagyományos fordulatszámokhoz képest sokkal (5–10-szer) nagyobb ömledékáramot lehet elérni, azaz nagyobb lesz a termelékenység. Természetesen ehhez nagyobb teljesítményű hajtómotorra és hajtóegységre, illetve megfelelő csigakiképzésre van szükség. Gondoskodni kell a frikciós hő elvezetéséről is. Egy amerikai cég kísérleti úton igyekezett feltárni a módszer alkalmazhatóságát polipropilén és ütésálló polisztirollemezek gyártásánál.

A technológiai kísérletekhez egy 63,5 mm átmérőjű, 40:1 L/D csigás, 500 lóerős motorral meghajtott egycsigás extrudert használtak. Az alkalmazott lemezszerszámmal, statikus keverővel, ömledékszivattyú nélkül 1,27 mm vastagságú terméket állítottak elő.

A csiga fordulatszámát 400–1200 rpm között változtatták. A folyamat stabilitásának ellenőrzésére másodpercenként 50-szer regisztrálták az ömledék nyomását 5D-s intervallumokban a hengeren belül és a szerszám előtt. Folyamatosan mérték az ömledék hőmérsékletét, a kihozatalt (kg/h-ban) és a csiga fordulatszámára vetített fajlagos kihozatalt (kg/h·rpm-ben). Az ömledék homogenitását vizuálisan figyelték meg.

A PP extrudálásakor a kihozatal lineárisan nőtt a csiga fordulatszámával. A fordulatszámra vonatkoztatott fajlagos kihozatal azonban csak keveset változott, 400 és 1200 rpm mellett azonos értéket adott, 800 rpm mellett csekély mértékű, 1,8%-os növekedést észleltek. A viszonylag állandó fajlagos kihozatal azt bizonyítja, hogy a szilárd anyagot szállító zónában a csiga jó hatásfokkal dolgozott. A kihozatal legmaga-

sabb értéke 998 kg/h volt, kb. kilencszer nagyobb, mint egy hasonló méretű, szokásos tervezésű extruderben. Az ömledék hőmérséklete a 400 rpm-nél mért 225 °C-ról 1200 rpm-nél 247 °C-ra nőtt, a gyártás hőstabilitása 800 rpm-ig a megkívánt határok között maradt. A kilépés előtti ömledéknyomás az előírt értékhez képest  $\pm 2\%$ -os tartományon belül ingadozott. A vizuális megfigyelés szerint 400–800 rpm között az ömledék minősége kitűnő volt, de 1200 rpm-nél már ömledékturbulencia lépett fel. *Összefoglalva: 800 rpm-ig a kísérleti gyártás jó eredményekhez vezetett.*

Az ütésálló polisztirol extrudálásakor a legkisebb fajlagos kihozatalt 400 rpm, a maximumot 800 rpm mellett mérték; az utóbbi 10%-kal nagyobb, az előbbi 10%-kal kisebb volt az átlagos fajlagos kihozatalnál. Az ömledék-hőmérséklet növekedett a fordulatszám emelkedésével, a legmagasabb értéket 800 rpm-nél mérték; 400 rpm-nél 233 °C-t, 800 rpm-nél 247 °C-t. Az utóbbi érték kb. 20 °C-kal haladta meg a megengedhető maximális hőmérsékletet. A kiválasztott paraméterekkel a legmagasabb kihozatal 1100 kg/h volt. Feltehető, hogy a csiga további optimalálásával javítható a megömlés és a keveredés.

A termikus folyamat stabilitása a kísérleti körülmények között megfelelő volt. Az ömledék-hőmérséklet változásai a teljes feldolgozási periódus alatt 17 °C-on belül maradtak, ami jó termikus homogenitásra utal. Az extruderből kilépő ömledék nyomásváltozásai elfogadható mértékűek voltak.

A kilépő ömledék 400, 800 és 1200 rpm mellett is homogénnek, jó minőségűnek látszott. A lemezextrudáláshoz ennek ellenére maximálisan 800 rpm javasolható, mert előlött nem kívánt mértékben megnő az ömledék hőmérséklete.

## **Hőszigetelt csövek extrudálása**

*Poliuretán hőszigetelő köpennyel ellátott hőre lágyuló műanyagból extrudált csövek igen eredményesen használhatók a környezettől eltérő hőmérsékletű folyékony (vagy gáznemű) közegek szállítására. Ilyen hőszigetelt csőrendszereket elsősorban távhő- és távhűtő rendszereknél, geotermikus energia felhasználásoknál és biogáz, illetve melegvíz vezetékeknél alkalmaznak.*

A poliuretánköpenyt általában egy ráextrudált polietilén védőcsővel látják el. A belső, anyagszállító cső anyaga legtöbbször polietilén, de magasabb hőmérsékletek esetén használnak polibutént, nagy hőállóságú polietilént (PE-RT) és még nagyobb hőmérsékleteknél térhálósított polietilént is. Ez a megoldás olyan késztermék-átmérőig használatos, amelyek lehetővé teszik a termék feltekercselését egy még kezelhető átmérőjű dobra.

A gyakorlatban az ún. többszakaszos, vagyis az off-line eljárás terjedt el, amely lényegesen nagyobb technológiai rugalmasságot biztosít a teljesen integrált on-line módszerhez képest.

Az első lépés a belső cső extrúziója. Az extruderből folyamatosan kilépő csövet kalibrálják, lehűtik és feltekercselik egy kábeldobra hasonló szerkezetre. Ily módon a különböző alkalmazásoknak megfelelő átmérőkkel és falvastagságokkal rendelkező csövek állíthatók elő gazdaságosan nagy mennyiségben. A dobra tekert csöveket a félkészraktárban tárolják.

A második lépés során az adott alkalmazásnak megfelelő átmérőjű és falvastagságú csövet a dobról letekercselve infravörös hőszigetelővel felmelegítik és speciális berendezésbe vezetik. Ennek elején egy végtelenített, hernyótalpas fékezőegység ragadja meg a csövet, a végén pedig egy hasonló kialakítású lehúzó megfogás feszíti ki a megfelelő pozícióba, amelyet középen egy központosító szerkezet is támogat. A lehúzóegység révén a cső folyamatosan mozog előre, az adott alkalmazás külső átmérőjének megfelelő belső átmérőjű, félcsőhéj formadarabokból összeszerelt cső formájú alagútban. A belépő pontnál széles polietilén vagy alumínium fóliaszalagot táplálnak be a csővel azonos sebességgel. Erre a fóliaszalagra öntik rá az adagolóegységben a különböző komponensekből összekevert folyékony poliuretánmasszát, amely a megfelelően magas hőmérséklet hatására térhálósodik és habosodik. Egy megfelelő mechanikai megvezető egység a fóliaszalagot csőalakra formálja és lezárja, és így a kihabosodó poliuretán köpenyként veszi körül a centrumában elhelyezkedő csövet, amelyhez annak magas hőmérséklete révén hozzá is tapad. Az alagútból kilépő, poliuretánköpennyel ellátott félkész termékre a lehúzó egység után (keresztfejes szerszámban) polietilén védőcsövet extrudálnak, majd a készterméket lehűtés után megfelelő méretű dobra feltekerceslik. A végfelhasználó számára e dobról letekerve és darabolva a kívánt csőhossznak megfelelő csőtekerceseket készítenek, de nagy csőhosszakot kívánó csőfektetések esetén az egész dobot a kivitelezés helyszínére szállítják, és ott tekerceslik le a szigetelt csövet.

Alumíniumfóliát azért alkalmaznak, mert az kívülről légmentesen zárja le a poliuretánköpenyt és ezáltal akadályozza, hogy a habcellákat kitöltő gáz (nagyraoszt széndioxid), amelynek hővezető képessége kisebb, mint a levegőé, diffúzió révén idővel levegőre cserélődjön, és ezáltal lerontsa a hab hőszigetelő képességét. A polietilénfólia viszont hozzájárul a következő lépésben felvitt polietilén védőcsőhöz.

A poliuretánkomponenseket napi tárolótartályaikból nagynyomású szivattyúkkal juttatják a megfelelő arányban a statikus keverőfej(ek)be, ahol azok teljesen homogénre keveredett folyadékként jutnak az adagolóegységbe. A poliuretánkomponensek megfelelő arányának, mennyiségének, a csőalagút hőmérsékletének és más feldolgozási paraméterek változtatásával eltérő cellaszerkezetű és sűrűségű poliuretán hab állítható elő, ezért nagyon fontos a poliuretán komponensek adagolásának, keverésének és a folyamat összes paraméterének nagyon pontos mérése és szabályozása.

A kisebb sűrűség, a finomabb cellaszerkezet, a zárt cellák nagyobb részaránya és a cellákban a szén-dioxid/levegő magasabb aránya jobb hőszigetelő képességet eredményez. *Jól beállított gyártási paraméterekkel a 0,025 W/mK értékű, sőt ennél is alacsonyabb hővezető képesség is elérhető*, ami bőven kielégíti az EN 253 szabvány által előírt  $\lambda_{50} \leq 0,029$  W/mK értéket. Pentán habosítóadalékkal a hőszigetelő képesség tovább javítható. A hőszigetelő képesség növelése természetesen csökkenti az egész rendszer energiavesztését.

Összeállította Dr. Füzes László

Callari J.: Studies boost prospects for high-speed extrusion = *Plastics Technology*, 2013. február, [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com).

Lachhammer D., Dausch W.: Endlose Rohre im Mantel = *Kunststoffe*, 103. k. 1. sz. 2013. p. 48–51.