

Újdonságok az extrúzió területén

A kis átmérőjű csövek koextrúziójánál a jó minőség biztosításához fontos a különböző hőmérsékletű rétegek termikus elszeparálása a szerszámon belül, illetve az egyes csőrétegeket felépítő polimerömladék hegedési varratok nélküli egyesítése. A kompaun-dálásra már 60 éve óta sikeresen alkalmazott kétszigás extruderek egyre hatékonyabbá válnak a folyamatos fejlesztések és a digitalizáció következtében. A gépgyártók egyre újabb megoldásokkal javítják extrudereik teljesítményét.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrúzió; koextrúzió; kompaundálás; töltött rendszerek; PA6; PA12; PA612; PVDF; EVOH; PA9T; PA10T; PE-HD; EFTE; THV; EFEP; PLA; keményítő alapú polimerek.

Koextrudált csövek

A kis átmérőjű (\varnothing 3-50 mm) csövek iránti követelmények egyre összetettebbekké válnak. A hő- és vegyszerállóság mellett megjelent az igény vezetőképes és különösen, a jó gáz-záró képességű anyagok iránt is. E komplex igényeket többféle polimer koextrúziójával lehet kielégíteni. Azonban itt a különböző polimerek eltérő olvadáspontja komoly technikai akadályokat képez, illetve még számos műszaki nehézséget kell leküzdeni a jó minőségű termékek előállításához.

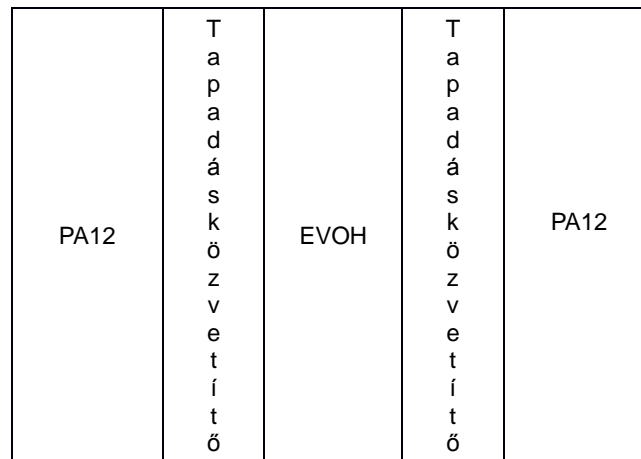
A német ETA Kunststofftechnologie GmbH olyan koextrúziós szerszámokat fejlesztett ki, amelyekkel *akár hétrétegű csövek is sikeresen gyárthatók*. A szerszám kialakításánál nem használják a klasszikus torpedós, illetve a *Pinolen (elosztócsatornás)* megoldásokat, mivel ezeknél gondot okozhat az azonos réteg egymással találkozó ömladék áramainak nem tökéletes összehegedése. Ehelyett a körkörös ömladék-eloszlású kialakítást preferálják, amelynél az anyag a radiális irányban és egyúttal körkörösén is áramlik a cső tengelyétől kifelé. Az egyes ömladék-rétegek egymással átlapolva, tökéletesen összehegednek.

Az egyes funkcionálisan hatékony polimerek (pl. a PA típusok és az EVOH) nem hegednek egymáshoz, ezért közéjük vékony, tapadásközvetítő réteget kell extrudálni, amely mindkét polimerhez jól hozzáheged. Egy tipikus, ötrétegű cső keresztmetszetét az *1. ábra* mutatja be. A koextrúziós csőszerszámok iránti legfontosabb elvárások a következők:

- sokáig működjön anélkül, hogy tisztítása miatt le kelljen állítani a gyártást,
- sokféle alapanyaggal legyen működőképese,
- gyorsan lehessen átállni új színre, vagy új anyagra,
- vékony funkcionális rétegeket biztosítson szoros toleranciákkal,
- nagy termelékenység és hosszú rendelkezésre állás az egész rendszerre,
- alkalmazható legyen különböző termékfajtákhoz (pl. normál cső és bordásfalú cső),

– flexibilitás és lehetőség a rétegszám utólagos emeléséhez szükséges átalakításhoz.

A koextrudált csövek jelentős részét különböző üzemanyagok továbbítására használják. E területen számos szabadalom látott napvilágot, ahogyan az üzemanyagok változtak és a csövekkel szembeni követelmények növekedtek. Az ilyen csövek alapanyagai sokfélék, a leggyakrabban azonban különböző poliamidokat (PA6, PA12, PA612) poliftálamidokat (PA9T, PA10T), etilén-vinilalkohol kopolimereket (EVOH), nagysűrűségű polietilént (PE-HD), fluorpolimerket (PVDF, ETFE, EFEP) és a tetrafluoretilén, hexafluoretilén és vinilidénfluorid terpolimerét (THV) használják.



1. ábra Tipikus ötrétegű koextrudált cső rétegfelépítése

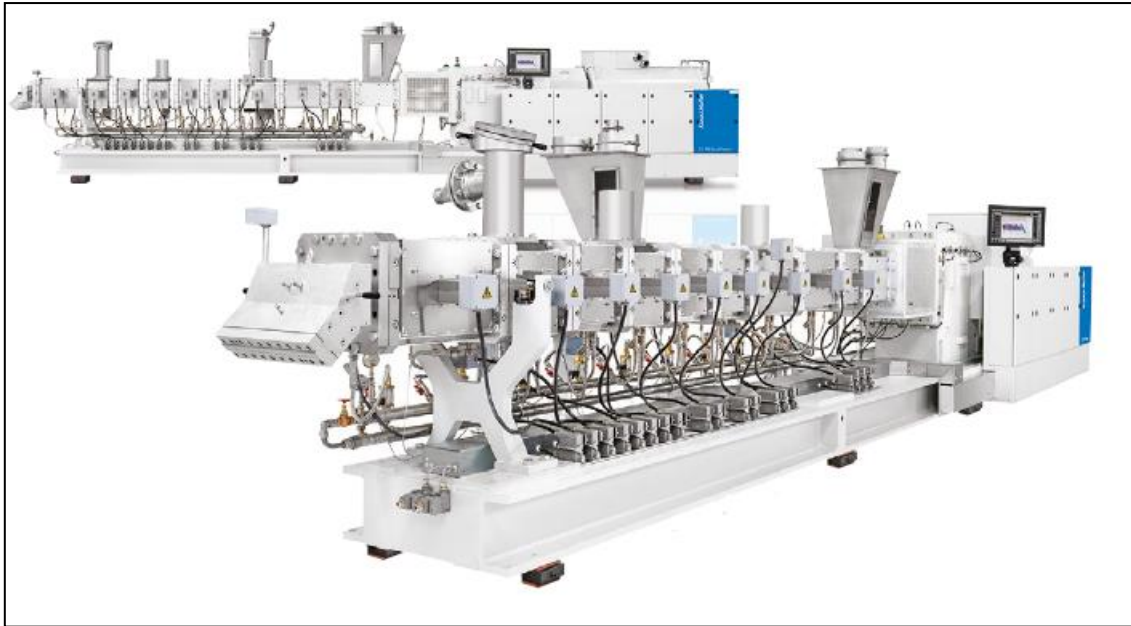
Esetenként szükség van arra, hogy a belső réteg elektromosan vezetőképes is legyen. A gyakorlatban az egyes rétegek ömledék-hőmérsékletének eltérése nem haladhatja meg a 80 °C-ot. További szerszámtervezési tényező, hogy a fluorpolimerek gyakran korrozív hatásúak. Célszerű úgy kialakítani a szerszámot, hogy az egyes rétegek a termelés leállítása nélkül centírozhatók legyenek.

A jó működés érdekében az eltérő ömledék-hőmérsékletű rétegeket a szerszám belsejében egymástól termikusan el kell szigetelni és a megcélzott hőmérsékletet helyi fűtéssel, illetve hűtéssel kontrollálni. Egy tipikus réteg felépítésnél egy belső PA6 réteg, majd egy EVOH réteg után három különböző PA12 réteg következnek. A PA6 ömledék hőmérséklete 275 °C, az EVOH-é 220 °C, míg a PA12 rétegeké 240 °C. A rétegek termikus elszigeteltsége következtében az olyan hőérzékeny anyagok, mint az EVOH is gond nélkül beépíthetők a csőfalba, noha a 275-220 = 55 °C különbség tetemes. A rendszer akár 80 °C-os hőmérséklet eltérést is kezelni képes, ezért pl. az EVOH 220 °C-os hőmérséklete mellett a belső réteggé akár 300 °C is lehet (pl. egyes fluorpolimereknél ez szükséges).

Kétcsigás extruderek fejlesztése

A kétcsigás extrudereket már legalább 60 éve kezdték el kompaundálásra, vagyis adalékanyagok bedolgozásához és műanyagkeverékek előállítására használni. E berendezések hatékonyabbá tétele azóta is töretlenül folytatódik, az egyes gépgyártók egyre újabb, innovatív megoldásokat alkalmaznak.

A KraussMaffei cég bővíti *ZE BluePower* kompaundáló családját (2. ábra), amelyet még 2013-ban dobott piacra, és amelyet három éve egy laboratóriumi modellel egészített ki. A K2019 düsseldorfi kiállításon négy új nagyméretű modellt mutattak be, amelyek kihozatala meghaladja a 2500 kg/h-t. A család többi tagjához hasonlóan az új modellek csigaátmérője is 98, 122, 142 és 166 mm, és ezek is nagy szabad térfogatot és nyomatékot, illetve moduláris csigafelépítést és henger opciókat kínálnak. Az új modellekre a nagymértékű megbízhatóság jellemző, ami elengedhetetlen a folyamatos, 24/7 működtetésnél. A nagy szabad térfogat és nyomaték lehetővé teszi a műszaki műanyagok és az erősen töltött rendszerek előállítását. A szabad térfogat 27%-kal nagyobb, mint a korábbi, *ZE UT* extrudereknél, míg a 16 Nm/cm^3 értékű nyomaték sűrűség 36%-kal nagyobb.



2. ábra A KraussMaffei cég új kétcsigás extrudercsaládjának egyik tagja

A Coperion cég új generációs *ZSK* kétcsigás extruderei kifejlesztésénél a könnyű működtetésre és az energia hatékonyságra fókuszált. Az új modellek egyrészes hőszigeteléssel készülnek, amelyeket jobban szigetelnek és a fűtőpatronok leszerelése nélkül lehet cserélni őket. Maguk a hengerpalást fűtőpatronjai is dugaszolt csatlakoztatásuk következtében könnyen és gyorsan kiemelhetők a karbantartásnál. A meghajtó egység karbantartási nyílásának fedelét opcionálisan, szerszámok nélkül, elektronikus jellel lehet felnyitni a csigák teljes megállása után. Megújították a *ZS-EG* gáztalanítóját és a *ZS-EG* és *ZS-B* oldalbetáplálását, amelyeket most már gyorsabban lehet eltávolítani a *ZSK* feldolgozási szekciójától. Ez azt jelenti, hogy jelentősen csökken az az idő, amit a csigaváltoztatások, tisztítások, vagy a karbantartási műveletek igényelnek, vagyis nő a tényleges gyártási idő részaránya.

A Coperion emellett, digitalizációs stratégiájának (*C-Beyond 4.0*) megfelelően egy új vezérlést is kifejlesztett, amely hatékonyabb, mint a korábbiak. Az új vezérlés egy *OPC 40084* interfésszel lesz felszerelve. Az *OPC 40084* az *OPC UA* gép-a-géphez ipari automatizációs kommunikációs protokollon alapul, és specifikusan az extruder kommunikációt szolgálja a magasabb rangú gyártásirányítási rendszerekkel (*MES*). Közös fejlesztették az Európai Műanyag és Gumi Feldolgozó Gép Gyártók Euromap szervezetével, a német

VDMA-val és más, vezető gépgyártókkal. Az extruder vezérlése lehetővé teszi számos intelligens funkciók elérését (*Smart Machine*, azaz „Okos Gép”). Ezek közé tartozik pl. a figyelmeztető jelzések adása az ajánlott kezeléshez, a folyamat monitorozása, és a diagnosztikai alapokon működő, előrejelzéseken alapuló karbantartás. Az új vezérlést a K2019 kiállításon sikeresen be is mutatták.

A reciklálás iránt jelentős az érdeklődés a kompaundáló cégeknél, és ez az a terület, ahol ZSK típusok nagy nyomatéka és enyhe feldolgozási körülményei előnyösen kihasználhatók. A ZSK nagymértékben moduláris felépítése azt jelenti, hogy nagyon sokféle alkalmazásra lehet konfigurálni a reciklált kompaundok előállításánál, mint amilyen a ledarált, vagy fólia formátumú gyártási hulladék, a PET újrafeldolgozás, vagy bizonyos anyagok feljavítása. A PET reciklálásnál a ZSK típusok kevesebb energiát és időt igényelnek, mivel használatuknál elhagyható az előszárítás és előkristályosítás technológiai lépések. Emellett, csak nagyon csekély degradáció következik be. Az új PET granulátum és a különböző formátumú (darált hulladék, cafatok, agglomerátumok) reciklált anyagok együtt dolgozhatók fel, még akkor is, ha viszkozitásuk eltérő.

A Coperion egy új 25 mm-es csigaátmérőjű laboratóriumi extruderrel egészítette ki *STS Mc¹¹* termékcsaládját. A laborextrudert könnyű kezelni és tisztítani. Opcióként integrálható vízhűtés, vákuum egység, és sűrített levegő betáplálás is. A precíz egyzónás fűtést fűtőpatronok biztosítják mindkét hengernél. A laborextruder ugyanolyan Do/Di aránnyal (1,55) és fajlagos nyomaték sűrűséggel (11,3 Nm/cm³) rendelkezik, mint a többi *STS Mc¹¹* modell, így az itt mért értékeket könnyen átvihetjük a termelő berendezésekre.

A török Polimer Technics gépgyártó cég is a modularitásra helyezi a hangsúlyt *poex T* termékcsaládjánál. Két különböző hengert használnak, egy folytonos kialakítású a *kis poex T27* típusnál és bélés-betétes megoldást a nagyobb *poex T40, T50, T60, T75 és T94* esetén. Mindkét változat moduláris, ami megkönnyíti az össze- és szétszerelést, tisztítást és karbantartást, emellett pedig kiváló hőátadást biztosít. További előny, hogy az oldalbetáplálás helye változtatható. A K2019 kiállításon mutatták be új, *poex Smart Touch (Okos Érintés)* elnevezésű vezérlő paneljüket, amelyet egy *T40* extruderbe integráltak. Lehetőséget teremtettek távvezérelt karbantartásra, a jövőben pedig további interaktív szolgáltatásokra is. Az új vezérlés megkönnyíti az extruder kezelését, lerövidíti a beállítási időket a kompaund váltásoknál. Valamennyi releváns periféria és követő berendezés is vezérelhető segítségével, mivel standardizált interfészekkel rendelkezik. Az extruder vezérelhető iOS mobil eszközökről is. A cég reciklálást végző kompaundáló extruderei szintén moduláris felépítésűek, és segítségével különböző viszkozitású reciklált anyagokból egységes jellemzőkkel rendelkező, homogén alapanyagot lehet előállítani.

A K2019 kiállításon bemutatott 27 mm-es típus mellett a Leistritz cég *ZSE iMaxx* két-csigás extrudereinek egy új verzióját dobja piacra, 18, 27, 35, 40, 50 és 60 mm-es modelleként. Jobb hozzáférést alakítottak ki a vízhűtés elosztójának csatlakozásához és a vízkört alaposan szeparálták az elektromos részekről. A hőmérséklet-szabályozó egységet, a koaxiális szelepekkel együtt a gépbe integrálták, és egy nagyon hatékony, energi megtakarítást eredményező szinkron motoros meghajtást készítettek. A henger is teljesen hőszigetelhető lett. Emellett további, a karbantartást megkönnyítő és felgyorsító változtatásokat is bevezettek.

A Comac cég termékfejlesztéseinél a biológiai úton lebontható műanyag kompaundokra fókuszált. Kétszigás extruderük az optimált csigakialakítás és kis sebesség következtében viszonylag kis igénybevétellel keveri össze az anyagokat és speciális gáztalanító és folyadékbe-

tápláló egységükkel kombinálva lehetővé teszi az optimális minőséget és termelési kapacitást biztosító megoldások kialakítását. A vállalat a nyírásra érzékeny PLA, illetve az általában sok nedvességet tartalmazó keményítő alapú műanyagok feldolgozására koncentrálnak. A több ponton is elhelyezhető gáztalanító egység eltávolítja a polimerből a nedvességet, a folyadék beinjektálása pedig a keményítő alapú polimerek plasztikálásához szükséges. Tipikus bioműanyag kompaundáló extrudereik csigaátmérője 92 mm, amivel 800 kg/h körüli teljesítmény érhető el.

Az olasz Maris cég fő előnye a piacon az a képessége, hogy testre szabja az egy irányba forgó kétszigás extrudereit a vevők speciális igényei szerint, mégpedig akár erősen töltött rendszerek esetében is. A legújabb fejlesztéseik lehetővé tették, hogy

- többféle Do/Di arányú extrudereket készítsenek, biztosítva ezáltal a kívánt mértékű szabad térfogatot,
- széles tartományban képesek biztosítani a kívánt fajlagos nyomaték sűrűséget,
- lehetőséget teremtettek arra, hogy a töltőanyagokat négy különböző ponton (a garat mellett 3 oldal betáplálási pont) lehessen betáplálni,
- különféle kiegészítők integrálása vált lehetővé, mint pl. a légtelenítő rendszeré, hogy támogassák az olyan töltőanyagok bekeverését, amelyek levegőt zárnak magukba,
- optimalizálni tudják a csiga profilt és a csiga elemeit egy adott feladathoz.

E megoldások szinergiahatásai következtében extrudereik akár 80–85%-os töltöttséget is képesek elérni, miközben jó kihozatali értékeket és kiváló diszperziós fokot biztosítanak.

A japán Toshiba Machine (új neve hamarosan Shibaura Machine lesz) cég is a csigaprofil optimalizálására koncentrálnak. A vállalat *TEM* márkanevű kétszigás extrudercsaládjának két alapvariánsát kínálja. A standard *TEM-SS* gépek 13 Nm/cm^3 nyomatéksűrűséget biztosítanak, és a standard SS csiga elemeket (1,56 Do/Di), vagy a mélyebb menetű (1,8 Do/Di) DSS változatot kínálják. A DSS nagyobb szabad térfogatot ad és javítja a szállítási teljesítményt. A nagyobb nyomatékú változat, a *TEM-SX* sorozat 18 Nm/cm^3 nyomatéksűrűségre képes. A legújabb változatot a *TEM-CS* hibrid gépek képviselik, amelyek három változatban kaphatók. A *TEM-CS I* DSS csigaprofillal készül a felső szakaszon, hogy maximálják az anyagszállítási kapacitást, míg a csiga vége felé SS csigaprofilú elemekkel, a maximális keverés érdekében. Ez a megoldás különösen az alacsony térfogatsúlyú, intenzív keverést igénylő anyagoknál előnyös. A *TEM-CS II* változat éppen fordítva tartalmazza a sekély és mély profilú csigaelemeket. Ezt a megoldást a reaktív extrúziónál hasznosíthatják, ahol gáztalanításra is szükség van, és ahol a reakcióhoz intenzív keverés szükséges a folyamat kezdetén, amelyet kontrollált retenciós időnek kell követni. Végül a *TEM-CS III* változat a csiga felső szakaszán DSS elemeket tartalmaz, a vége felé pedig hármasszigás szárnyú, nagy diszperziós fokú elemeket, amelyek erősen hornyolt csigaház szakasszal működnek együtt. Ezáltal javul az anyagtovábbítás mértéke és elkerülhető a hármasszigás okozta kihozatal csökkenés.

Összeállította: Dr. Füzes László

Burmann G, Weiß P.: Coextrusion mit thermischer Kontrolle = Kunststoffe, 9. sz. 2019. p.160–163.
Mapleston P.: Tuning up for the future = Compounding World, márc. 2020. p.17–25.