

A termelés hatékonyságának növelése extrúziós üzemekben

Az extrúziós üzemekben a vevői igényekhez igazodva egyre gyakrabban kell terméket váltani, ami költségnövelő tényezőként jelentkezik. Az extruder tisztítására, átöblítésére sokféle módszert ajánlanak, és az extruderek teljesítményének fokozására is vannak új módszerek.

Tárgyszavak: extrudálás; termékváltás; versenyképesség; felületkezelés; szerszám; automatizálás; tisztító granulátum; sztatikus keverő.

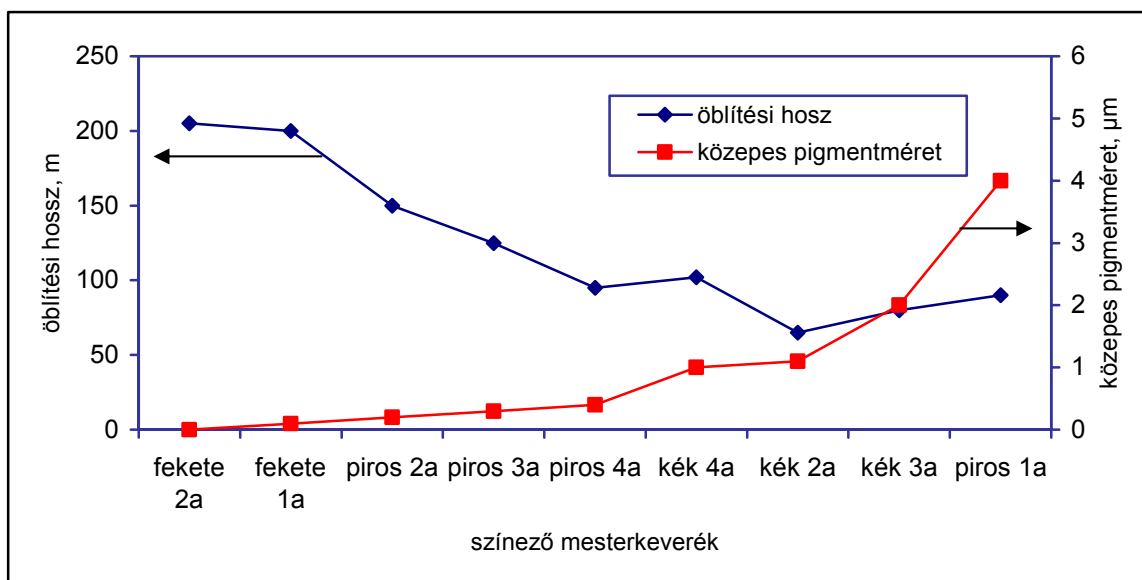
Versenyképesség az extrúziós üzemekben

Ma egy extrúziós üzem vezetőjének többfrontos harcot kell folytatnia, ha meg akarja őrizni cége versenyképességét, pláne ha még növelni is szeretné azt. Ahhoz, hogy cége fennmaradjon, sok erőfeszítésre és állandó megújulási készségre van szükség. *A megrendelők kívánalmai egyre inkább egyediek a tulajdonságok, az összetétel, a geometriai méretek, a kinézet és a tapintási jellemzők tekintetében.* A vevők nem szeretnek raktározni, ezért több kisebb tételt rendelnek. A gyakori termékváltás azonban növeli az állásidőt és a termék árát. Az alábbiakban a gyors termékváltással kapcsolatos követelményekről, ill. a megoldására ajánlott műszaki megoldásokról lesz szó.

Termékváltás fóliagyártás során

A termékváltással kapcsolatos problémák egy része a szerelési időből adódik, egy másik pedig a berendezés kitisztításából, ami elkerülhetetlen anyagvesztésekkel jár – ezt pedig a növekvő nyersanyagárak miatt a feldolgozók szeretnék minimalizálni. Fóliagyártásnál például, ha az ömledéken magán nem kell változtatni, a fólia vastagságát és szélességét a mai technológiákkal viszonylag gyorsan meg lehet változtatni. Ha viszont a receptúrán változtatni kell (pl. az alapanyag, az adalékok vagy a szín vonatkozásában), akkor több órás átállási időre van szükség, ugyanis a régi anyagot ki kell „mosni”, az újjal be kell járatni az extrudert, és ki kell cserélni a szerszámot is. A fóliagyártók arról számolnak be, hogy naponta akár többször is kell anyagot ill. terméket váltaniuk, aminek eredményeként nő a selejt mennyisége. Tulajdonképpen azt lehet mondani, hogy a mai korszerű technológiák mellett a hulladék nagyobb része az átállási veszteségből adódik.

Felmerül a kérdés, hogy mi nehezíti meg az anyag-, ill. a színváltást és milyen technológiai lehetőségek állnak a feldolgozók rendelkezésére, hogy megkönnyítsék az átállást. A feldolgozók tapasztalatai szerint, ha csak egy egyszerű színváltásról is van szó, vannak olyan színező mesterkeverékek, amelyek nagyon lassan ürülnek ki, mások pedig ennek töredéke alatt. Az 1. ábrán olyan mesterkeverékek összehasonlítása látható, amelyek elsősorban az alkalmazott pigment méretében különböztek egymástól. A bemutatott eredményekből nyilvánvaló, hogy nem a pigment kémiai összetétele, hanem a szemcseméret a meghatározó tényező. A kisebb átlagos szemcseméretű vagy a kisebb szemcseméretű frakciót is tartalmazó mesterkeverékek tovább tartózkodnak az extruderben, mert a kisebb szemcsékre a kisebb nyírósebesség esetén kevésbé hat a „természetes tisztulás”. Az áramlással érintkező szerszámfelületek érdekessége mellett (ahol az apróbb szemcsék „elraktározódhatnak”) az ömledék/fém határfelület egyéb tulajdonságai is befolyásolják a tisztulás sebességét. Sajnos eddig az alapanyag-, adalék- és mesterkeverék-gyártók ezzel a szemponttal alig foglalkoztak. Hozzá kell tenni, hogy erre a megrendelők sem fektettek elég hangsúlyt, pedig a gyártók elsősorban azokra a tulajdonságokra fejlesztenek, amelyekre a vevők érzékenyek. A megrendelők eddig elsősorban olyan tulajdonságokra koncentráltak, mint az optikai jellemzők és a feldolgozhatóság.



1. ábra A színezék szemcseméretének hatása az átöblítési folyamat hosszára. (Öblítési hossz = fóliaszakasz hossza, amelyen belül a színátállítás elvégezhető)

Bevonatok, felületkezelés

Az extrúziós szerszám áramlástechnikai viselkedése attól is függ, hogy az ömledék milyen mértékben tapad a szerszám falához, ezt pedig nagyrészt a felület ösz-

szetétele és szerkezete határozza meg. A tapadás csökkenthető fizikai, kémiai vagy mechanikai eszközökkel – de a megoldástól függetlenül csökkenti a nyomásvesztéséget és rövidíti a tartózkodási időt. Noha a határfelületi jelenségek igen bonyolultak és tudományos szempontból sem teljesen tisztázottak, abban a szakértők többsége egyetért, hogy a *felületi energia döntő hatással van a tapadásra*. Ha kis felületi energiájú bevonatot tudnak felhordani a fémfelületre, csökkenthetik a tapadást, és ezzel gyorsítani lehet többek között az egyik anyagról a másikra való átállást is. Ugyanennek eredményeként csökken a foltosodás és a lerakódás veszélye, ami különösen hőérzékeny anyagok esetében nagy kockázatot jelent. Noha az ideális bevonatot még nem sikerült megtalálni, a követelményrendszer elég világos: a bevonat legyen kemény, kopásálló, vegyileg ellenálló, kis felületi energiájú (a gyengébb tapadást adott esetben a geometriai kialakítással is el lehet érni, ld. az ún. „lótusz-effektust”) és lehetőleg minél olcsóbb. A fizikai és kémiai gőzfázisú bevonási technológiák (PVD és CVD) a fröccsszerszámoknál bevált módon javították az élettartamot és könnyebbé tették a termék eltávolítását a szerszámból (ami ugyancsak összefügg a tapadással). Az extrúziós szerszámoknál is sikerrel alkalmazták a krómacélokat, a felület krómozását, nikkelezését, de ezek még nem terjedtek el. A fejlesztésben mindinkább megpróbálnak a nanotechnológiára támaszkodni, hogy segítségével testre szabott bevonatokat tudjanak előállítani. A felületi érdesség lézerpolírozással történő csökkentése is érdekes lehetőség, de ezt jelenleg gyakorlatilag is számottevő felületen nem lehet gazdaságosan elvégezni.

Tisztító kompaundok és közegek

Az átállás gyorsítására már eddig is számos terméket fejlesztettek ki, de ezeket elsősorban nem a folyamatos technológiáknál, hanem a szakaszos technológiákban, elsősorban a fröccsöntésnél alkalmazták. A tisztító granulátumokat a megfelelő tapasztalatok hiányában eddig nem nagyon alkalmazták extrúziós termék váltásánál. A granulátum formájában adagolt tisztítóanyagok általában vagy mechanikai koptatással, vagy kémiai reakcióval működnek, esetleg mindkettővel. A legtöbb extruderes feldolgozó különböző okokból, de inkább lemondott ezeknek a segédanyagoknak a használatáról. Valószínűleg félnek tőle, hogy több kárt okoznak vele, mint hasznot. Az extruderszerszámokban fellépő kis résméretetek miatt a koptató (abrazív) anyag eltömődést okozhat, vagy megváltoztathatja a finoman szabályozott geometriát. Ha rendszeres alkalmazásról nem is beszélhetünk, a csigatisztítókat felhasználják pl. lerakódások eltávolítására. A lerakódásokat sokszor csak az után lehet eltávolítani, hogy az extrudert szétszedték, ami idő- és munkaigényes, sok termelés kieséssel jár.

A tisztító granulátumokat sokan azért nem alkalmazzák szívesen, mert első pillantásra nagyon drágának tűnnek. Ha viszont valaki veszi a fáradságot egy részlete-sebb költséganalízishez, figyelembe veszi a kieső anyag árát és a gyártásból kieső időt, akkor a legtöbb esetben arra a következtetésre kell jutnia, hogy *a tisztító granulátumok használata gazdaságilag sem hátrányos*. A holtterekben lerakódó és degradálódó anyagok, amelyek foltokat okozhatnak a terméken, szinte egyáltalán nem távolíthatók

el üzem közben tisztító segédanyagok nélkül. A többnyire habosodó kémiai tisztítószerek ezekbe a holtterekbe is eljutnak és megakadályozzák a későbbi selejttermelést, eltávolítják a lerakódott pigmentrészecskéket.

Teendők leállás esetén

Rugalmasságot igényel az a helyzet is, amikor kényszerűségből hosszabb vagy rövidebb ideig le kell állni a termeléssel. Különösen az olyan érzékeny anyagok igényelnek gyors intézkedést, mint a diffúziós záróréteggént alkalmazott EVOH (etilénvinil-alkohol kopolimer). Oxigén jelenlétében az EVOH ugyanis viszonylag gyorsan oxidálódik, elszíneződik, sőt megfeketedik. A feldolgozók ilyenkor vagy anyagot cserélnek, vagy esetleg üresen járatják az extrudert. Az utóbbi körülmények éppen az EVOH lebomlását segítik elő az oxigén beáramlásával. Oxigén jelenlétében ugyanis karbonilcsoportok alakulnak ki és a hidroxilcsoportok lebomlanak, míg nitrogén atmoszférában az anyag stabilabb. Ha ezt a megoldást választják, és hosszabb leállásra kell számítani, a gyorsított anyaglebomlás után célszerű csökkenteni a henger hőmérsékletét, majd megfelelő öblítő közeggel (pl. PE-LD) vagy tisztító granulátummal át kell járatni az extrudert. Ha rövidebb leállásról van szó, oxigén helyett inkább nitrogént célszerű bevezetni az extruderbe a bomlás lassítására.

Automatizálás a próbálkozások helyett

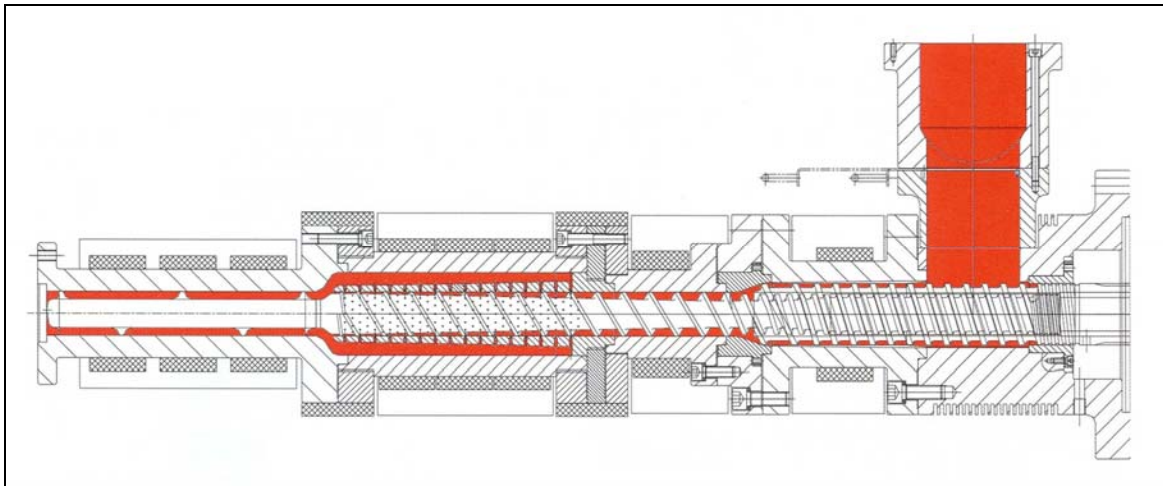
A gépgyártók és a szoftverfejlesztők ma már különféle számítógépes megoldásokat kínálnak az anyagváltás vagy a leállás paramétereinek beállítására, hiszen ez függ az alkalmazott feldolgozóberendezéstől, a terméktől, többretegű termékeknél pedig akár rétegenként is eltérő lehet a legjobb beállítás. *A szoftverek segítségével az átállási folyamat teljesen automatizálható.* A fordulatszámok megfelelő programozásával felgyorsítható az átállítás. A szoftveres vezérlés bizonyíthatóan jobb eredményekre vezet, mint az „érzésre” beállított manuális vezérlés.

A feldolgozó-gépgyártó cégek különböző gépészeti megoldásokat is kínálnak az anyag- vagy a termékváltásra. Tipikusan ilyen a csőgyártásnál a méretváltás, ami szerzőszámcsere esetén hosszú kiesést eredményez. A **Krauss-Maffei** kínál többek között csőátmérő és falvastagság „menet közbeni” megváltoztatására szolgáló eszközöket, amelyek nemcsak a viszonylag jól kezelhető polietiléncsővekhez, hanem a valamivel nehezebben feldolgozható PP-R és PVC alapanyagokra is elérhetőek szinte bármilyen mérettartományban. *Ezzel az eszközzel az átállítás akár néhány perc alatt is lehetséges, tehát minimálisra csökken a kieső idő és az anyagvesztés.* A beállítható kalibrálóeszközben több mozgó alkatrész teszi lehetővé, hogy széles mérettartományban folyamatosan lehessen változtatni a csőátmérőt. Kapható teljesen automatizált gyártósor, de az állítható kalibráló egység felszerelhető már meglévő berendezésekre is.

További teljesítményfokozó eszközök

A fentihez hasonló eszközök javítják ugyan a berendezés rugalmasságát a termelésben, de önmagukban nem határozzák meg a gyártósor teljesítményét. Az átállás rugalmassága mellett nagyon fontos a nagy kihozatali teljesítmény és a folyamatos jó minőség is, amely a fejlesztők számára állandó kihívást jelent. Ezeket a komplex követelményeket nem lehet egy ponton történő beavatkozással elérni, ezért többféle felépítésű extruder létezik az alkalmazástól és az optimalizálni kívánt tulajdonságtól függően. Fúvott fóliáknál pl. – ahol nagyon sokféle anyagot használnak – barriercsigákat alkalmaznak, amelyekbe hatékony nyíró- és keverőzónákat építenek be. Itt az a jelszó, hogy „nagy teljesítmény mellett is nagy rugalmasság”.

A csőextrúzióban a fejlesztési tendencia az, hogy nagyobb helyett inkább hosszabb csigákat alkalmaznak, ami ugyancsak együtt okozza a kihozatal és a gyártási rugalmasság növekedését. A plasztifikáció területén új megoldást jelent a **Duisburgi Egyetemen** prototípusként működő *KoAx-S-Truder* (2. ábra). A koncepció lényege, hogy térben elkülönül a behúzó csiga és a szilárd anyagot és az ömledéket elválasztó csiga, ami lehetővé teszi, hogy *egyszerre legyen nagy a csigafordulatszám és ugyanakkor viszonylag alacsony az ömledék-hőmérséklet*. Ezzel a megoldással a legkülönbözőbb fizikai jellemzőket mutató anyagok is jól feldolgozhatók.



2. ábra A *KoAx-S-Truder*, a rugalmasan alkalmazható extruder koncepció prototípusa

Nagyobb fordulatszám

A teljesítmény növelésének egyik legalapvetőbb eszköze a fordulatszám növelése. Az egyik olyan terület, ahol minél nagyobb fordulatszámra van szükség, a hőformázható lemezek és fóliák gyártása. Itt tömegtermékek folyamatos gyártásáról van szó, ahol gyakran váltják az anyagokat, amelyek feldolgozási jellemzői azonban hasonlóak egymáshoz, és a termékminőség iránti igény is nagy.

A kitoló zóna viszonylag széles, a térfogat ugyanakkor elég kicsi, rövid a tartózkodási idő, ezért az anyag- és színváltás gyorsan megoldható. A rövid, de nagy fordulatszámú csigák alkalmazása több helyet hagy a kiegészítő berendezések számára. Ugyanilyen igényekkel lép fel az extrúziós fűvás is. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy a hőformázható fóliáknál alkalmazott nagy sebességű csigáknál nyert tapasztalat nem volt egy az egyben átvihető pl. a csőgyártásra. Ott a hagyományos csigakoncepció is bevált, és a feldolgozott anyagok jellemzői is nagyon eltérőek. Talán ez lehet az oka annak, hogy a nagy fordulatszámú csigák jóval később jelentek meg a csőextrúzió területén, mint a hőformázható lemezek gyártásában. A **Cincinnati Extrusion GmbH** a K'2007 kiállításon mutatta be *60-37D* extruderét PE100 csőanyagok feldolgozására, amelynek kihozatali teljesítménye 1600 kg/h. Egyelőre az extrúziós fűvásnál még nem alkalmaznak ilyen megoldást, de a várható előnyök miatt bizonyára hamarosan ezen a területen is megjelenik. A fűvóberendezésekben más újdonságok jelentek meg, pl. a majdnem elfeledett hornyolt persely (Nutbuchse) felújítása, ami nagyobb energiateljesítményt eredményez.

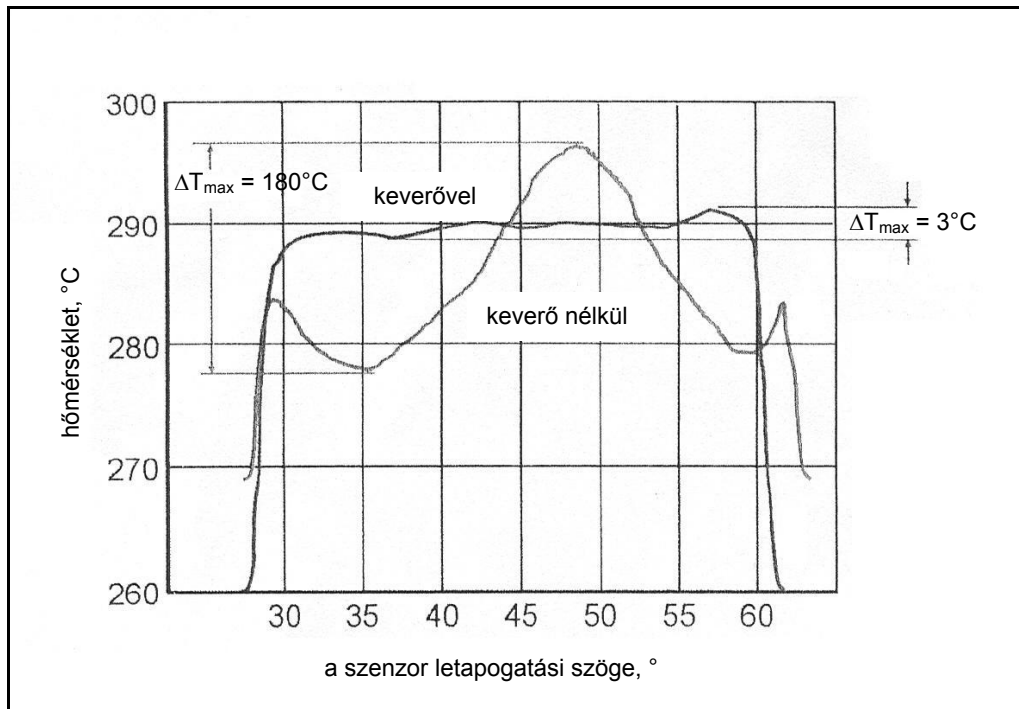
Teljesítménynövelés extrúziós fűvásnál

A fűvószerszámok gyors cseréje hozzájárul az állásidő csökkentéséhez és a rugalmas termékváltáshoz. Sok feldolgozógépet ennek érdekében *modulszerűen állítanak össze*, hogy akár termelés közben is hozzá lehessen igazítani a termelési kapacitást az igényekhez. Előfordulhat, hogy az egy szerszámmal dolgozó berendezést kétfézes szerszámmal kell ellátni. Ehhez célszerű egy gyors, egyszerű és hatékony, számítógépvezérelt szerszámcsereelő egységet használni. A szerelést megfelelően kell előkészíteni ahhoz, hogy a leállási idő valóban a lehető legrövidebb legyen. A fűvószerszámokat mechanikusan központosítják és mágnesesen vagy hidraulikusan rögzítik. A fűvóka, a túske és a túskeeltávolító cseréjéhez speciális bajonettzárat használnak. A fűvó és támasztó tuskét és a csőcsatlakozásokat egy közös alaplemezen egyesítik és központosítással, gyorsfeszítő egységekkel helyezik fel. A korábbi több órás váltási idő (az első sorozat utolsó darabja és az új sorozat első darabja között eltelt idő) most egy óra alá csökkent. Ennek nagyon nagy jelentősége van, mert például egy üzemanyagtartály gyártó cégnek naponta kétszer kell szerszámot cserélni ahhoz, hogy a „just in time” követelményeinek megfelelően tudjanak szállítani.

Statikus keverők, mint extrúziós teljesítményfokozók

A nagy teljesítményű extruderekben olyan kicsi a tartózkodási idő, hogy a hagyományos megoldásokkal nem érhető el megfelelő ömledékhomogenitás. A fűvókánál kialakuló hullámosság, a felületi hibák vagy a hőingadozás okozta vetemedés a kalibrációs és a hűtőszakaszban már nem kompenzálhatók. Az anyagösszetételi és hőmérsékleti inhomogenitásokat gyakran csökkentik ún. statikus keverők beépítésével, amelyeket pl. a svájci **Sulzer Chemtech** cég gyárt. A statikus keverők olyan *áramlás-szabályozó eszközök*, amelyek az anyagáramot részekre osztják, a részáramok irányát

megváltoztatják, majd ezeket az elterelt részarámokat ismét egyesítik. Ennek segítségével, annak ellenére, hogy a műanyagok rossz hővezetők, viszonylag rövid szakaszon homogenizálni lehet a műanyagömladék hőmérsékletét. A 3. ábra mutatja a fúvóka-kimenetnél mért hőmérséklet-eloszlást sztatikus keverő alkalmazásával és anélkül. Keverővel a hőmérsékleti csúcsok kiegyenlítődnek, csökken a vetemedési hajlam és növelhető a kihozatal.



3. ábra Hőmérséklet-eloszlás a fólia szélessége mentén sztatikus keverővel és anélkül

A nagy teljesítményű lemezextrúzióra példa a 10 cm-s habosított polisztirol hőszigetelő lemezek előállítására, amelyeket kb. 26 kg/m³ sűrűséggel, 1000 kg/h fölötti kitolási teljesítménnyel állítanak elő az építőipar számára. Ha a kilépő résnél nem egyenletes a hőmérséklet, változni fog az alapanyag viszkozitása, a habszerkezet és a hab sűrűsége is. A legrosszabb esetben az is megtörténhet, hogy összeomlik az egész habszerkezet. Ha az alakadó szerszámba sztatikus keverőt helyeznek el, ezek a problémák nagyrészt megelőzhetők.

A sztatikus keverőt általában a plasztikáló egység után kapcsolják, és funkciója az, hogy a felolvasztási és homogenizálási lépést függetlenné tegye a fordulatszámától. A standard konfigurációhoz képest ez további optimalizálást tesz lehetővé. A dinamikus homogenizáló elemekhez képest a sztatikus keverők előnye, hogy hatásuk a keverőelem geometriájának függvénye, ezért széles határok között változtatható. Tekintettel arra, hogy a geometria változatlan, a keverési hatások alig függ a kihozattól. Azt azonban tekintetbe kell venni, hogy a sztatikus keverő is egy „nyomásfogyasztó” és a

csigát nem szabad minden határon túlterhelni. Éppen ezért a sztatikus keverőt mindig gondosan kell megválasztani a feldolgozási körülményektől függően. Az olyan berendezésfüggő jellemzők mellett, mint a kihozatali teljesítmény és a nyomás, olyan anyagfüggő tulajdonságokat is figyelembe kell venni, mint a viszkozitás, a megengedett maximális nyírósebesség és a tartózkodási idő eloszlása.

A sztatikus keverőt általában a gyártó és a felhasználó közösen választja ki. Az alkalmazásnak megfelelően kell kiválasztani a legmegfelelőbb geometriát, az átmérőt, a keverőelemek számát. A sztatikus keverőt többnyire a keverőházzal együtt, szerelhető módon szállítják. Frissen jelentek meg olyan keverőelemek, amelyek nyírásérzékeny anyagoknál is használhatók, rövid tartózkodási időt biztosítanak. Ennek egyik oka az, hogy megfelelő felületkezeléssel csökkentették a fém és az ömledék tapadását. Ez az új fejlesztés elsősorban a térhálós anyagok, fa-műanyag kompozitok és PVC feldolgozására alkalmasak.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György
www.polygon-consulting.ini.hu

Wortberg, J.; Grossmann, M.; Gorczyca, P.: Flexible Extrusionstechnik. = Kunststoffe, 98. k. 12. sz. 2008. p. 22–28.

Schlummer, Ch.: Output Qualität in einem. = Plastverarbeiter, 59. k. 10. sz. 2008. p. 128–129.