

Extrúziós újdonságok

A duisburgi Extrúziós Konferencia az intelligens termékek és eljárások mellett a technológiai tendenciákra és a minőség ellenőrzésére koncentrált. Figyelembe kell venni, hogy nagy fordulatszámok esetén az extruder szállítási teljesítménye erősen függ a csiga etetőzónájának geometriájától.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; extrúzió; csigageometria; etetőzóna; minőségbiztosítás; szimuláció; PVC; EVOH; PE.

Áttekintés a duisburgi Extrúziós Konferencián elhangzott előadásokról

A duisburgi Extrúziós Konferencián (2016. okt. 13.) számos előadás hangzott el, az „okos” termékek és eljárások mellett a technológiai tendenciák és a minőség ellenőrzése és menedzselése tárgyköréből. Általános tendenciaként az alapanyagok, termékek és berendezések komplexitásának növekedése, az egyes megrendelési mennyiségek csökkenése, továbbá az automatizálás és a szakterületek közötti együttműködés növekedése volt tapasztalható.

Elvárások az alapanyagokkal és fóliákkal szemben

A DuPont de Nemours GmbH előadása bemutatta, hogy egy „intelligens” anyag alkalmazása és feldolgozásának módja hogyan képes a friss hús csomagolófóliájának gyártásakor a gyártási hulladékot 50%-kal csökkenteni. A kifejlesztett 9- és 11-rétegű fóliaszervezetnek jobb a mechanikai tulajdonságai és kevesebb anyagot igényel.

A belga Kuraray EVAL Europe N.V. előadója a többrétegű csomagolófóliák hatékonyságának, gázzáró képességének növelésére és az adalékok migrációjának csökkentésére, ezen belül pedig az EVOH alkalmazására fókuszált. Az ilyen fóliák használatával az élelmiszerek tovább megőrzik frissességüket.

A svájci Dow Europe GmbH az alapanyaggyártók és a feldolgozó-gépgyártók együttműködésének előnyeit hangsúlyozta egy raklapokra helyezett termékek stabilitását növelő fóliatermék kidolgozásának példájával.

A csökkenő megrendelési mennyiségek következtében a feldolgozó vállalatok egyre gyakoribb szín- és anyagváltásra kényszerülnek. Ilyenkor a feldolgozó gépsort időrabló módszerekkel kell megtisztítani a korábban használt alapanyagtól, amit költséghatékonyan mechanikusan dörzsölő hatású, fizikai-kémiaiilag működő vagy tisztán kémiai úton ható tisztítógranulátumok átjártásával végeznek. Erről beszélt az Acano GmbH előadója.

Intelligens berendezések és feldolgozógépek

A digitalizáció a műanyag-feldolgozó gépek gyártóinál is megkezdődött. A Brückner Maschinenbau GmbH & Co.KG egy olyan példát mutatott be, ahol a fóliagyártás során a digitalizált gépirányítás és egy felhasználóbarát kezelői környezet a termelés javítását és ezen keresztül a termék minőségjavítását is eredményezte.

Az Entex Rust & Mitschke GmbH egy új technológiát ismertetett, amellyel egy bolygócsigás extruderrel közvetlenül, folyamatos technológiával gyártottak PVC keverékeket, mégpedig újszerű stabilizációs eljárással, amely kisebb hőterheléssel jár.

A nagy teljesítményű fóliafúvással készült félkész termék jellemzői nagymértékben befolyásolják a belőle gyártott végtermék minőségi mutatóit. A Reifenhäuser Blown Film GmbH előadása rámutatott, hogy a vastagságprofil, a szélességingadozások és a kardosság mellett fontos tényező az is, hogy mennyire esik síkba a fólia felülete. Ennek javítását a lehúzó hengerpár és az anyagtovábbító görgők enyhe húzó- és melegítő hatásával érték el. A szabadalmaztatott *EVO Ultra Flat* rendszerben folyamatosan ellenőrzik a minőséget a gyártósorba integrált mérőrendszerrel.

A műanyag-feldolgozó berendezéseket egyre rövidebb idő alatt kell átállítani egy-egy újabb termékre. A Windmüller & Hölscher KG előadásában arról beszélt, hogy hogyan lehet az intelligens gépkezelés során a korábban használt alapanyagot minél gyorsabban eltávolítani és az újat minél gyorsabban bejuttatni a rendszerbe. Emellett rámutatott, hogy az alkalmazott szoftvereknek minél több terhet kell levenniük a gépkezelők válláról.

A fújó fóliák gyártásának teljesítménye az alkalmazott léghűtés optimalizálásával javítható, hangsúlyozta a Duisburg-Esseni Egyetem előadója. Egy integrált feldolgozási modell alkalmazásával végzett szimulációk eredményeképpen 10%-kal sikerült növelniük a kihozatalt a minőség romlása nélkül.

A Big Data adatállományának felhasználásával elérhető költségcsökkentésekkel foglalkozott az Atlan-tec Systems GmbH. A gépsoron elhelyezett nagy számú érzékelő információit az idegrendszeri hálózathoz hasonló módon juttatják el egy számítógépes modellbe, amely automatikusan feldolgozza azokat, így képes a minőségben bekövetkező változásokat előre jelezni és a szükséges beavatkozásokat megtenni, hogy a gyártás szűkebb minőségi határok között maradjon.

A releváns mérési adatok begyűjtését és kiértékelését „felhőben” megoldó rendszert ismertetett az Iba AG előadása, ahol az adatokat globális szinten lehet különböző alkalmazásokra felhasználni pl. az előrejelzéseken alapuló megelőző karbantartásra.

Minőség-ellenőrzés és mérés technika

A gyors reagálást a fellépő problémákra elsősorban a gépsorba beépített mérőberendezések teszik lehetővé. A Dr. Collin GmbH előadása rámutatott arra, hogyan képes egy modulárisan felépített, többféle érzékelővel ellátott felügyelőrendszer támogatni a gépkezelőket a folyamatos minőségbiztosításában, ha például viszkozitás-probléma, szennyeződés, zárvány lép fel vagy színváltozás következik be.

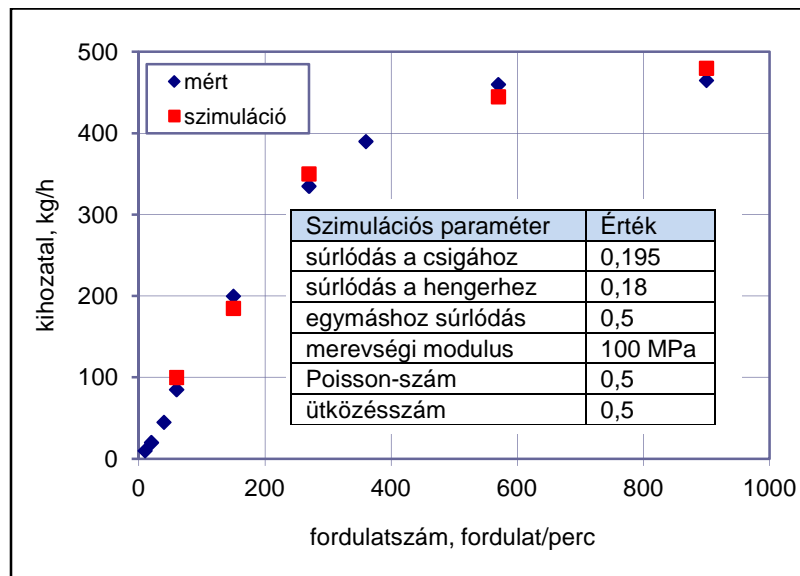
A Brabender GmbH & Co KG Specimold-Messsystem berendezésével kompaundálás közben, a folyamat leállítása nélkül lehet próbatesteket előállítani, amelyeket színméréshez, folyóképesség-mérő spirálhoz, illetve húzóvizsgálatokhoz lehet használni.

Az ISRA Surface Vision GmbH egy optikai ellenőrzőrendszert mutatott be, amellyel feltekerés közben lehet a fólián a hibahelyeket érzékelni, típusát és koordinátáit a minőségi dokumentációban rögzíteni. A rendszer kézi vezérléssel és automata üzemmódban is működtethető. Segítségével rögzíteni lehet a termelési adatokban a hiba méretét, típusát, elhelyezkedését és minőségi szintjét, valamint a dátumot és az időpontot.

A Dr. Schenk GmbH előadásában is az optikai ellenőrzés fontosságát hangsúlyozták, és bemutatták a gépsorba integrált automatikus ellenőrzőrendszerüket (AOI). Ennek segítségével már gyártás közben különböző érzékelőkkel lehet a fóliák hibáit és azok okát feltárni és a minőségi dokumentációt elkészíteni. Így az esetleges hibák visszakövethetők és a vevők felé dokumentálhatók.

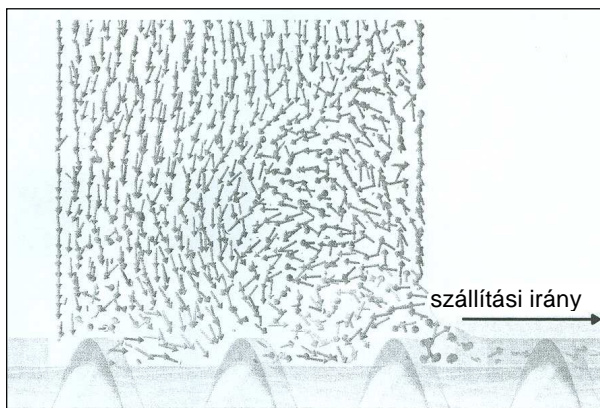
Az etetőzóna kialakításának hatásai

Egy sima csigahengerű extruder kihozatali teljesítményét általában az ömledéket továbbító zónák határozzák meg. Nagy fordulatszám alkalmazásakor azonban az etető/behúzó zóna teljesítménye válhat szűk keresztmetszetté. A teljesítmény természetesen függ a feldolgozandó (általában granulátum formájú) anyag tulajdonságaitól, azaz attól, mekkora a térfogattömege és milyen sebességgel képes áramolni az etetőtölcsérben, illetve a tölcsérből az extruderbe. A tölcsér és a granulátum alakjának hatásával más publikációk már kimerítően foglalkoztak, erre itt nem térünk ki.

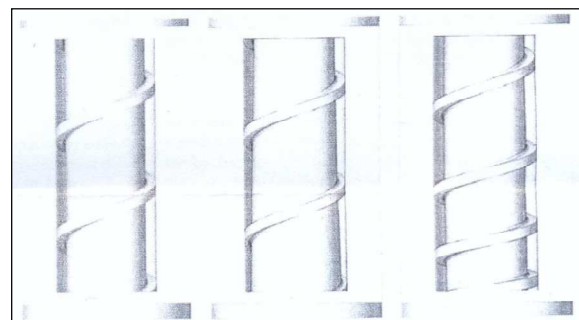


1. ábra Az extruder kihozatala a csiga fordulatszámának függvényében. A kísérleti és a szimulált értékek összehasonlítása

A csigacsatorna kialakítása szintén hatással van az etetőzóna teljesítményére, és nagy fordulatszámoknál ráadásul ez a hatás jelentősen megnő. Egy kritikus fordulatszám felett ugyanis megszűnik a fordulatszám és a szállítási teljesítmény közötti összefüggés linearitása, és a teljesítmény egy határértékhez közelít (1. ábra). Nagy kerületi sebességeknél fellép az ún. *cirkulációs (keringési) hatás*, azaz a tölcserből a csigacsatornába haladó granulátumszemek nem csak lefelé mozdulnak el, hanem egyes szemek olyan módon ütköznek a többiekkel, hogy visszajutnak a tölcserbe (2. ábra), és ezáltal a csiga által továbbítható anyag mennyisége (akár a felére is) csökken. A *cirkulációs hatás csökkentésével tehát növelhető az extruder k hozatala*. A további szimulációk és kísérletek ennek megvalósítási lehetőségeit vizsgálták.



2. ábra Egy 30 mm átmérőjű csiga etetőzónájának szimulációja 2000 fordulat/min esetén. A granulátumszemcsék mozgási vektorait jelző nyilak cirkulációs anyagáramlást is jeleznek



3. ábra A csiga geometriájának változtatása. Balra: kiindulási geometria, menetemelkedés $t = 90$ mm, csatornamélység $h = 9,7$ mm; középen: kúpos mag ($h = 4,1 \dots 9,7$ mm) $t = 90$ mm; jobbra: változó menetemelkedés ($t = 45 \dots 90$ mm) $h = 9,7$ mm

A cirkulációs hatás csökkentésének céljából a kutatók a csiga geometriájának változtatását és terelőlemezek beépítését próbálták ki. A *szimulációs modellhez az ún. diszkrét elem módszer (DEM) használták*. A számításokhoz egy 90 mm csigaátmérőjű extrudert vizsgáltak 9 mm vastagságú csigaszárnyakkal. Az etetőnyílás szélessége 90 mm, hossza 225 mm volt. A kiindulási menetemelkedés értékét 1-nek választották. A próbák során változtatták a menetmélységet (kúpos csigakiképzés), illetve a menetemelkedést (3. ábra). Ezek a változtatások jól kimutatható hatással voltak a cirkuláció mértékére, illetve ezen keresztül a k hozatali teljesítményre (4. ábra).

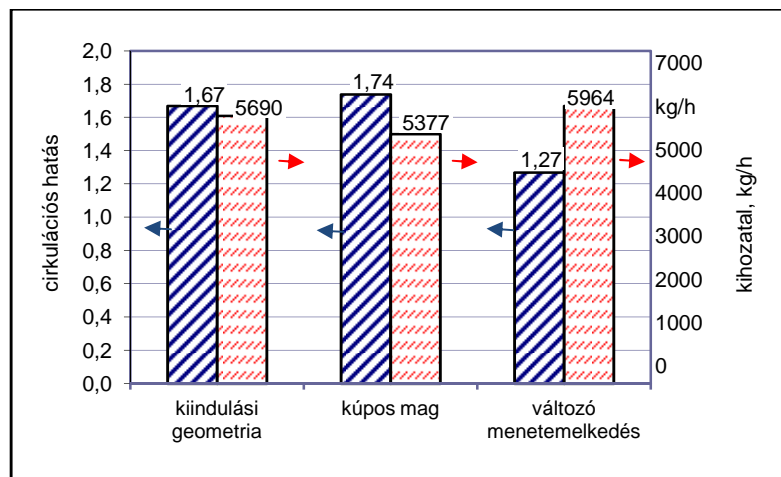
A 3. ábra szerinti három variáció összehasonlításakor egyrészt a kihozatali teljesítményt, másrészt pedig a cirkulációs hatás intenzitását mutató „Zi” értéket számították ki

$$Z_i = \frac{V_{total} - V_m}{V_m} \quad (1)$$

ahol v_m a sebesség, amely az ismert A_{Tr} tölcsernyílás keresztmetszeten át a granulátum ρ_s térfogattömege esetén az \dot{m} kihozatali teljesítményt hozza létre,

$$v_m = \frac{\dot{m}}{\rho_s \cdot A_{Tr}} \quad (2)$$

ahol \dot{m}_{total} a szimulációs részecske átlagos abszolút sebessége a kiértékelt kontrolltérben a csiga felett. A Z_i cirkulációintenzitás értéke akkor lesz nulla, ha a granulátumszemcse csupán lefelé irányuló mozgást végez a tölcser nyílásából a csiga irányába, hogy kitöltse a csigacsatornát.



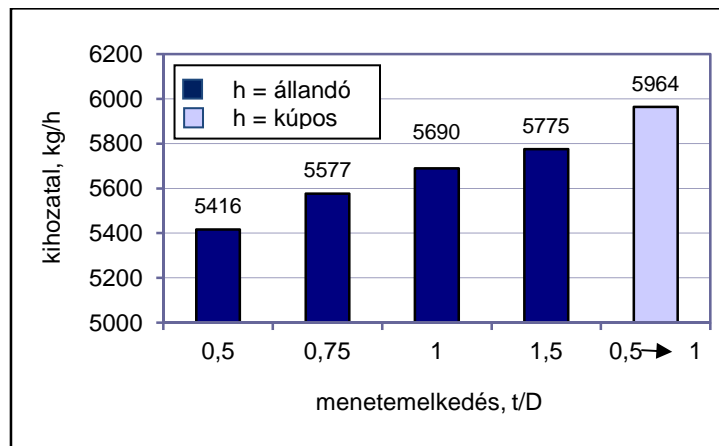
4. ábra A csigageometria szimulált befolyása a cirkulációs hatásra és ezen keresztül a kihozatali teljesítményre

A további vizsgálatoknál abból a feltételezésből indultak ki, hogy az etetőnyílás alatt, a csigacsatorna keresztmetszetének növelése a szállítási irány felé csökkenti a cirkulációs hatás mértékét, és ezáltal növeli a szállítási (kihozatali) teljesítményt. Ezt két módon érték el: egyrészt növekvő menetemelkedéssel, másrészt növekvő csatornamélységgel (kúpos csigamag). Az etetőnyílás végénél a csigák geometriája minden esetben azonos lett, vagyis a kúpos csigánál a menetmélység 9,7 mm-re nőtt, illetve a változó menetemelkedésű csiga esetében a menetemelkedés értéke itt 1 lett.

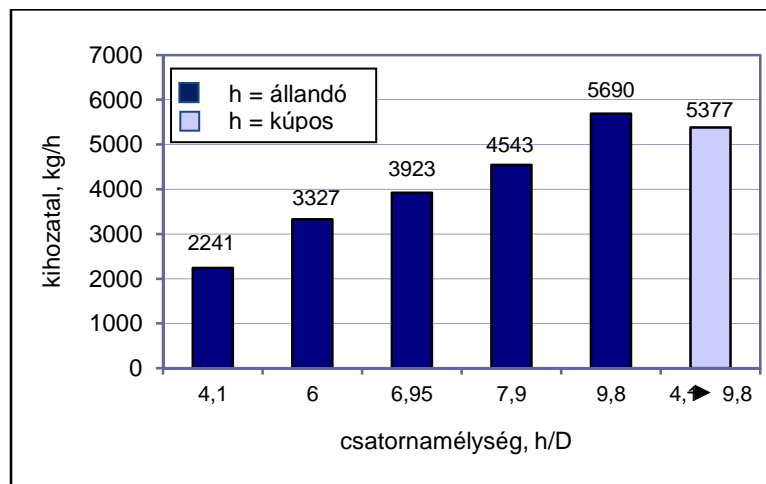
A szimulációk során először a menetemelkedés hatását vizsgálták (5. ábra), ahol a változó (0,5-1) menetemelkedésű csiga az átlagos menetemelkedése 0,75. Az ábrán

jól látható, hogy az állandó 0,75 értékű menetemelkedéshez képest az azonos átlagértékű, de változó menetemelkedés nagyobb kihozatalt eredményez.

Kevésbé pozitív hatással járt a csigacsatorna mélységének változtatása (6. ábra). Itt az ábra jobb szélén található, változó menetmélységű (kúpos csigamag) csiga kisebb kihozatali teljesítményt nyújtott, mint a kiindulási geometriájú csiga. A számítások szerint változó menetmélység mellett a granulátumszemcséknek a nagyobb cirkulációs intenzitás következtében hosszabb a tartózkodási idejük, ami különösen a levegő nedvességtartalmából vizet felvevő, higroszkópos alapanyagok esetében előnytelen.



5. ábra A változó menetemelkedés (a jobbszélén) mutatja a legnagyobb szállítási teljesítményt. Szimuláció: D=90 mm-es csigaátmérő, 2000 fordulat/min

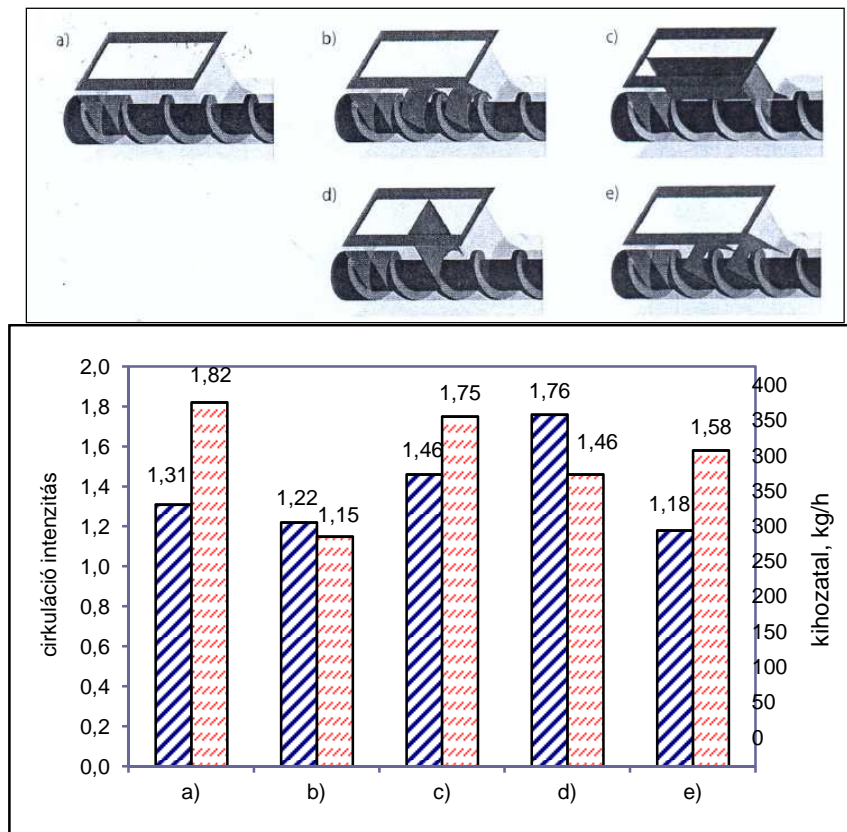


6. ábra A változó csatornamélység (a jobbszélén) nem nyújt jobb szállítási teljesítményt, mint az állandóan tartott. Szimuláció: D=90 mm-es csigaátmérő, 2000 fordulat/min

Feltételezhető volt, hogy a cirkulációs hatást terelőlemezekkel is befolyásolni lehet. A szimulációs számítások során különböző pozíciókba, vagyis az anyagtovábbítás irányára merőlegesen, azzal párhuzamosan és arra átlósan is helyeztek el terelőlemezeket (7. ábra) egy 30 mm csigaátmérőjű, 5,6 mm menetmélységű extruderen, ahol a tölcsér alatti etetőnyílás mérete 30 x 75 mm volt. Az eredmények azt mutatták, hogy egyik változatnál sem nőtt a kiinduló (terelőlemez nélküli) elrendezéshez képest a kihozatali teljesítmény. Noha abban a két esetben, amikor a lemezeket átlósan pozícionálták (b és e), valóban csökkent a cirkuláció intenzitása, de ezt túlkompenzálta a lemezek okozta keresztmetszet-csökkenés, amely a granulátum beáramlását gátolta. Ezt a hatást az „ $\dot{m}_{fl.spec}$ ” felületfajlagos anyagáram” írja le:

$$\dot{m}_{fl.spec} = \frac{\dot{m}}{A_{Tr}} \quad (3)$$

ahol \dot{m} a mindenkori szimulált anyagáram, A_{Tr} pedig a tölcsér alatti etetőnyílás effektív keresztmetszete.



7. ábra A terelőlemezek különböző elhelyezésének hatása a terelőlemez nélküli kiindulási állapothoz (a) képest a cirkulációs hatás intenzitására és a kihozatali teljesítményre

Összeállította: Dr. Füzes László

Neubert B.P., Burgfeld M.: Komplexität in der Griff bekommen = Kunststoffe, 107. k. 5. sz.
2017. p. 22–23.
Trippe J. Leßmann J.S., Schöppner V.: Feststoff effizienter fördern = Kunststoffe, 107. 2. sz.
2017. p. 47–51.