

Létezik-e a műanyagok feldolgozásához egyetemesen használható csigaforma?

60 évvel ezelőtt a legtöbb műanyag-feldolgozó ugyanazt a csigát alkalmazta különféle műanyagok fröccsöntéséhez vagy extrudálásához. Ma már a legtöbb feldolgozó tudja, hogy minden polimerhez annak tulajdonságaihoz optimált csigát kellene alkalmaznia, ha el akarja érni a legjobb termelékenységet és a legjobb minőséget. Újabban ismét felszínre került a „mindenre jó” (GP) csiga iránti igény. Egyes szakértők szerint ilyen nem létezik, egy csigagyártó viszont már feltalálta. Ilyen csigával szeretnének dolgozni a hulladékfeldolgozók is, mert a nagyon gyakori csigacsere nagy idővesztéssel jár. Nem nagyon biztatják őket, inkább a csigacsere gyorsítását ajánlják nekik.

Tárgyszavak: fröccsöntés; extrudálás; ömledékminőség; GP csiga; csigacsere.

Fröccsöntés

A Plastics Technology szaklap 2020 novemberében szervezett online Tech Days konferenciájának témája a műanyagok feldolgozás alatti megömlése volt. Itt kialakult egy rövid vita a legújabb fröccsöntő gépekről is, és szóba került az is, hogy hogyan kell a csigákat felépíteni, hogy azok egynemű, egyenletes (angolul uniform) ömledéket állítsanak elő. Az egyik résztvevő, a fröccsöntő gépeket gyártó MD Plastics egyik közismert „innovátorának” hozzászólása feltűnést és meglepetést keltett. Arról beszélt, hogy a legtöbb fröccsöntő üzemben még mindig a 30 év óta alkalmazott „mindenre jó” csigákkal (*GP, general-purpose screw*) dolgoznak. Ebben az elmúlt időszakban a fröccsgépeket jelentősen korszerűsítették, de az újítások egyike sem terjedt ki az ömledék egyneműségének javítására. Egy szakmai körökben jól ismert csigatervező szerint a „mindenre jó”-nak titulált csigákat inkább „sem mire sem jó csigáknak” (general-purpose helyett no-purpose csigáknak) kellene nevezni. Ilyenekkel nem lehet uniform ömledéket előállítani. Az ilyen egynemű ömledék fontosságát mindenki vallja, de nagyon keveset tesznek érte.

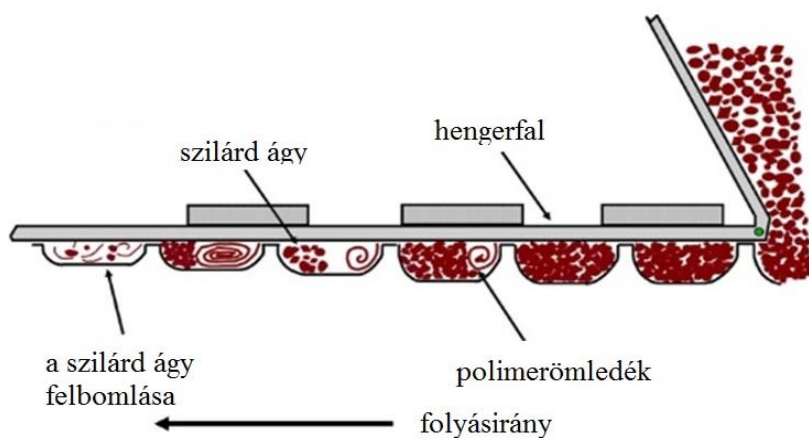
Egy másik résztvevőnek, J. Bozzellinek, a Molding Solutions/Scientific Molding Midland, Michigan, USA) cég feltalálójának éppen az ömledékek egyneműsége a kedvenc témája. Ezért az alábbiakban tette közzé erről szóló véleményét.

Egy műanyag-feldolgozó nehezen tudna olyan tulajdonságot mondani, amelyre a nem egynemű ömledék ne hatna negatívan. Néhány példa ezek közül:

- az összecsapási vonalak gyengesége,
- hibás darabok,
- vetemedés, egyenetlen szerszámkitöltés,
- márványos vagy egyenetlen szín,

- polimerdegradáció, fekete pettyes felület,
- hosszú időt igénylő színváltás,
- hiányos szerszámkitöltés;
- gyakori csigatisztítás,
- hosszabb ciklusidő.

Az 1. ábra azt próbálja bemutatni, hogy egy GP csigában nem lesz egynemű az ömledék. Amint ott látható, a granulátum egy része nem olvad meg, hanem külön fázisként, „szilárd ágy” formájában halad előre a hengerben. Előbb-utóbb azonban ez az ágy fellazul, szétesik, és egyetlen keveredik el az ömledékkal. Az is gyakran előfordul, hogy a csiga szárnya érintkezik a henger belső felületével, ilyenkor az ömledék itt stagnál és degradálódik. A 2. ábrán egy ilyen csiga látható tisztítás előtt. Becslések szerint a ma üzemeltetett gépek 50-80%-ában előfordul ilyen probléma. De ha ez csak 25% lenne, akkor is az egész fröccsöntő ipar leginkább kiküszöbölendő hibája volna.



1. ábra A polimer megömlésének folyamata egy GP csigát tartalmazó fröccsgép hengerében



2. ábra A csigaszárnyak és a hengerfal érintkezésénél kialakuló holt terekben degradálódott polimer a GP csigán

Az előadó szerint a fröccsöntőknek nem volna szabad GP csigákat használni. Vannak ugyan erre megoldások, de az üzemnek nagyon óvatossá kell lennie, hogy kihez fordul segítségért. A legtöbb csigagyártó ugyanis kapásból azt mondja: „Próbálja ki a mi barrier csigánkat!”. A 3. ábra egy barrier csigát mutat tisztítás után. A képen jól látható, hogy a barrier szárnyak között ott maradt egy zöld polimerréteg a tisztítás után, és ott is marad, amikor a

csigát visszateszik a fröccsgépbe, ahol ez a réteg idővel degradálódik és a termék tele lesz fekete pettyel. A barrier csiga tehát nem jó megoldás. Volna valami más?

J. Bozzelli az 1980-as években egy olyan kutatási projekt résztvevője volt, amelyben meg kellett oldani színes koncentrátumok bekeverését natúr polimerekbe. Másfél év alatt 10 barrier csigát próbáltak ki, de ezek közül egy sem vált be. Ezért maguk terveztek egy egyenmű ömledéket adó csigát (4. ábra), amely nem barrier csiga. Ezt a csigát rendkívül szigorú vizsgálatoknak vetették alá, amelyekben a színezék eloszlását és egyenletességét ellenőrizték. Ezután hét különböző fröccsgépbe építve hat-hat hónapig üzemi gyártásban tesztelték. A csiga kifogástalanul működött. *A megoldás tehát, hogy a „general-purpose” csigákat ki kell cserélni „melt-uniformity” csigákra.* Általuk időt lehet megtakarítani, könnyebbé válik az üzemi munka, és jelentős pénzt is meg lehet spórolni.



3. ábra A barrier csigán tisztítás után visszamaradt zöld polimer a későbbiekben degradálódni fog és rontja a termék minőségét



4. ábra Az Injection Molding Solutions /Scientific Molding cég Melt-uniformity csigája

Ha ez nehezen hihető, hivatkozni lehet egy közismert műanyag-feldolgozó szakértőre. Mike Sepe, a Plastics Technology szaklap cikkeivel gyakran megjelenő szerzője, egy fröccsöntő üzem számára végzett tanácsadás keretében vásárolt egy melt-uniformity csigát. Tapasztalatait a szaklap 2012. áprilisi számában publikálta. A csigának köszönhetően az ömledék hőmérsékletét 15 °C-kal lehetett csökkenteni, az ellennyomás 2–0,5 MPa-lal volt kisebb. A festék tökéletesen elkeveredett, meg nem olvadt részecskék nem voltak észlelhetők, és a gyakori tisztítás is elmaradhatott. A csiga ára hét hónap alatt megtérült. A kérdéses üzemben ezután valamennyi GP keverőcsigát „melt-uniformity” csigára cserélték.

Extrudercsigák

Az 1960-as években az extrudáló üzemekben ugyancsak az volt a vélemény, hogy ugyanazzal a csigával számos polimer feldolgozható, kivéve a kemény PVC-t. Utólag vissza-

emlékezve, ebben az évtizedben még sokkal kisebb volt a polimerfajták száma, mint ma, és nem volt annyira mindennél fontosabb a gyártás termelékenysége, mint a mai gazdasági versenyben. Azóta a polimerek választéka sokszorosára nőtt, és az extrudercsigák fejlesztése is rendkívül intenzív volt. A mai extrudálók már tisztában vannak azzal, hogy minden polimerhez erre specializált csigával kell dolgozniuk, hogy elérjék a maximális kihozatalt és legjobb minőségű ömledéket.

Újabban azonban ismét felbukkant az igény az többféle polimerhez általánosan alkalmazható GP csigák iránt, elsősorban a hulladékfeldolgozók között. A lakossági hulladékból visszanyert polimerek iránt ugyanis egyre nagyobb a kereslet, a termékgyártók keresik az új forrásokat. A hulladékfeldolgozók általában többféle szétválasztott polimerhulladékból készítenek újra feldolgozható granulátumot, ezért extrudereikben hetente többször kell csigát cserélniük, ami meglehetősen nagy idővesztéssel jár. Egy „generális” csiga sok időt és pénzt takarítana meg nekik.

Az az igazság, hogy valódi GP csiga nem létezik. A feldolgozáshoz a polimer nagyon sok tulajdonságát kell figyelembe venni a csiga tervezésekor, hogy elérjék a lehető legnagyobb termelékenységet. Ilyenek

- a viszkozitás különböző nyíró hatás és hőmérséklet alatt,
- az üvegesedési hőmérséklet,
- a fajlagos hő és az olvadási hő,
- az olvadáspont és a feldolgozási hőmérséklet,
- a polimer sűrűsége szilárd és ömledék állapotban, továbbá a térfogatsűrűség,
- a gépbe táplálhatóság jellemzői.

A lemezgyártáshoz használt PE-HD és PET örleménye pl. hasonló térfogatú kihozatal esetén közelítőleg azonos mennyiségű energiát vesz fel a gyártási hőmérséklet eléréséig. A PE-HD viszkozitása a csigán azonban kétszer akkora, mint a PET-é. Az extruderbe táplált anyagot nem a fűtött henger, hanem a csiga forgásából eredő nyírófeszültség olvasztja meg. Azonos csigasebesség mellett a felvett energia jórészt arányos a polimer viszkozitásával. Eből következik, hogy a viszkozus PE-HD ömledék az extruderen áthaladva kb. 50%-kal több hőt vesz fel, mint a PET. Ha ez a csiga ideális volna a PE-HD feldolgozásához, a PET túlmelegedne és valószínűleg degradálna a hengerben. Lehetne ugyan a gyártási folyamat egyensúlyát javítani a felvett energia csökkentésével (pl. a szerszámon belüli nyomás növelésével vagy a csigasebesség csökkentésével). De bármelyik beavatkozás csökkentené a kihozatalt, amit egyetlen feldolgozó sem szeretne. Emellett be kellene avatkozni az etetésbe, lassulna az ömledék haladási sebessége, a henger eltömődhetne.

A legjobb megoldás az, ha az extruder a lehető leghosszabb ideig dolgozik egy adott polimerrel. Azonos alappolimerek melt indexének (folyási szám) kis különbsége nem szokott zavarokat okozni.

Ha mégis gyakran kell csigacserével új anyagot feldolgozni, a legcélszerűbb az extruderen vagy a környékében olyan eszközöket alkalmazni, amelyek megrövidítik a csigacseré idõtartamát. Ilyen lehet az extruderszerszám és az adapter gyorskacsolója, a csigatoló, az emelőszerkezet, az extruderhez közeli kiegészítő eszközök (pl. a granuláló) mozgathatósága. Ezeket gyorsan távolabbra lehet vinni, és helyet lehet csinálni a csigák kivételéhez és a cserecsiga betolásához. Bár a legrövidebb csigacseré is idővesztést okoz a termelés számára, a gyártási folyamat optimalizálása és a termék minősége ezt ellensúlyozza. Megfelelő szerzők birtokában egy csigacseré 1-2 óra alatt elvégezhető.

A barrier csigák a hulladékból visszanyert sokféle polimerhez nem elég rugalmasak, ezekhez jobban beváltak a hagyományos egymenetű csigák, ha a feldolgozandó polimer folyási számához és energiafelvételéhez tervezik őket. Az ilyen csigák feldolgozási ablaka is szélesebb, bár ezeknek is megvannak a határai.

Ha új anyag feldolgozása előtt nem cserélnék csigát, megindulás után addig járatják az extrudert, ameddig az új polimer már tökéletesen mentes a korábbi anyagtól. Az ilyen módon végzett tisztítás is időigényes, és az eközben elhasznált polimer a selejtbe megy. Ennek a költségei aligha kisebbek, mint egy csigacsere költsége.

Összeállította: Pál Károlyné

Bozzelli, J.: Improve quality & productivity with advanced screw design = Plastics Technology, 2021. jan. <https://www.ptonline.com/articles/improve-quality-productivity-with-advanced-screw-design>
Frankland, J.: General-purpose screws on the Comeback? = Plastics Technology, 2020. dec. <https://www.ptonline.com/articles/general-purpose-screws-on-the-comeback>