

Műanyagok újrafeldolgozása: odafigyelés a technológia részleteire és az új adalékokra

A műanyag hulladékok újrafeldolgozásánál a daráló és a granuláló állapotára, beállítási paramétereire is figyelni kell. A polikondenzációs polimerek (PET, PA, PC) újrafeldolgozásánál pedig a degradációs hajlamból adódó molekulatömeg-csökkenést célszerű megakadályozni lánchosszabító szerekkel.

Tárgyszavak: újrafeldolgozás; darálás; granulálás; karbantartás; polikondenzációs műanyag; degradáció; adalék.

Hogyan állítsunk elő jobb minőségű reciklált granulátumot?

A magas alapanyag-költségek és a fröccsöntött termékekkel szemben támasztott magas minőségi követelmények dacára keveset foglalkoznak az újrafeldolgozással előállított daralék minőségének a termékre gyakorolt hatásával. A daralékban a kívülről belekerült szennyeződés, illetve a képződő por, szálkák és a szálazódás okozhat problémákat. A granulálóberendezés típusa – rostélyos vagy rostély nélküli – nagymértékben befolyásolja a daralék megjelenését és minőségét. Bármilyen granulátót használnak, annak megfelelő karbantartásával és üzemeltetésével kedvező irányban lehet befolyásolni a daralék jellemzőit.

Ha a granuláló elért egy bizonyos kort, itt az ideje komolyabban megvizsgálni az állapotát. A por, szálkák és szálak keletkezésének leggyakoribb okai az életlen vagy rosszul beállított kések, az eltömődött rostély, a nem megfelelő fordulatszám vagy a túl kicsi rostélynyílások (noha gyakran éppen a hosszú, szálkaszerű daralék keletkezésének elkerülésére építenek be kis lyukú rostélyt). A por és a szálazódás a kivezető csatorna eltömődéséhez, beboltozódásához vezethet. A finom por a levegőbe kerülve kellemetlen szagot okoz.

A fröccsöntés során a porszemek és a szálak fekete égésnyomokat okoznak, mert hamarabb ömledékállapotba kerülnek és gyorsabban degradálódnak, mint az eredeti granulátumszemcsék. Ilyen módon a por és a szálazódás hozzájárul a selejt mennyiségének növekedéséhez. A fent vázolt problémákra *a megoldás természetesen a por és a szálak mennyiségének csökkentése*. Mivel a rostély nélküli granulátókban szálkák nem keletkeznek, a továbbiakban a szálazódásról szóló részek csak a rostélyos daralókra vonatkoznak.

A daralék minőségének ellenőrzése a granulátumszemek méretének összehasonlításával kezdődik: egyrészt meg kell vizsgálni, hogy vannak-e a többtől jelentősen

eltérő méretű granulátumszemek, másrészt pedig azt, hogy a méretük hogyan viszonyul az eredeti friss granulátumhoz. Szita segítségével könnyen szét lehet választani a port és a szálakat a granulátumtól, így meg lehet mérni az előbbieket arányát a darálóból kikerült termékben.

Ha kellő mennyiségű mintát és a gyártásra vonatkozó információkat (kihozatal, alapanyag típusa stb.) elküldik egy granuláló berendezéseket gyártó cégnek, segítségével egyszerűen ki lehet választani az adott célra optimális darálót.

A rostélyos és rostély nélküli granulálók között jelentős különbségek vannak, ezért élesen el kell különíteni a használatuk során jelentkező problémákat és az azokra adható választ. A következő példában az összehasonlíthatóság érdekében mindkét típusból egy-egy 200×400 mm kamranagyságú gépet vettek alapul.

Az ebbe a kategóriába tartozó *rostélyos aprítógépek* általában 200–600 percenkénti fordulatszámú rotorral, 2–12 kW-os motorral és 50–100 kg/órás kapacitással készülnek. A *rostély nélküli darálók* fordulatszáma kb. 30 1/min, teljesítményük 0,7–2 kW, kapacitásuk 10 kg/óra.

Hosszú, szálcaszerű darabok akkor keletkeznek, ha egy hosszúkás formájú darab azelőtt átjut (hosszában) a rostély valamelyik nyílásán, hogy a kések kellő mértékben fölaprították volna. Ezt rostély nélküli granuláló alkalmazásával ki lehet küszöbölni, feltéve, hogy a kapacitása elégséges. Ha ez nem lehetséges, csökkenteni kell a rostély nyílásainak méretét. Ez azonban vékony szálak képződéséhez és a kapacitás csökkenéséhez vezethet. Az előbbi probléma megoldható a rotor fordulatszámának csökkentésével. Ha nem merőlegesen, hanem meghatározott szög alatt helyezik el a furatokat a rostélyban, csökkenthetik az átjutó hosszú darabok számát.

Ha a rostély furatai eltömődnek, a granulátumszemek nem tudnak átjutni és körbe-körbe keringenek a darálóban, ennek következtében sok vékony szál keletkezik. Az eltömődés többnyire a gép leállítását eredményezi. *A legjobb megoldást itt is rostély nélküli daráló alkalmazása jelentheti.* Ha ez nem megoldható, kifelé szélesedő kúpos furattal ellátott rostélyt kell alkalmazni, amely megkönnyíti a granulátumszemek áthaladását, végső esetben pedig megkönnyíti a furatok megtisztítását.

10–15 évvel ezelőttig a darálók többsége 600 1/min fordulatszámon működött, ami sok por és szál keletkezéséhez vezetett. Az azóta eltelt időben csökkentették a fordulatszámot, ami kiváló eredményt hozott. A mai rostély nélküli darálók alacsony (30 1/min körüli) fordulatszáma kiváló minőségű darálékot biztosít, különösen rideg, törékeny alapanyagok esetében. A meglévő régebbi darálók fordulatszámának csökkentésére alapvetően két módszer áll rendelkezésre: a motor vagy a szíjtárcsák cseréje. Számos régi granulátornak 1800-as fordulatszámú, négyfókusú motorja van. Egy 1200 1/min fordulatu hatfókusú motorral az alacsonyabb fordulatszám mellett közel azonos törőerőt lehet elérni még akkor is, ha a teljesítménye kisebb. A szíjtárcsa cseréje olcsóbb megoldás, ennek alapvető feltétele, hogy az új tárcsa elférjen a burkolat alatt.

A por és szálak keletkezéséhez a kopott vagy rosszul felszerelt kések is hozzájárulnak. A kések élessége különösen a puha, nagy csillapító képességű anyagok aprításakor lényeges. Az éles kések az energiafogyasztás csökkentésében és a kapacitás növelésében is szerepet játszanak. Minden darálónál fontos a gyors és egyszerű késcsere

lehetősége. Sajnos régebben a gyártók kevésbé törődtek ezzel. Lényeges emellett, hogy pontosan be lehessen állítani a kések közötti hézagokat és a kamra gyorsan hozzáférhető legyen. A kések közötti rés beállítása a darálék minősége, az energiatakarékosság és a kapacitás szempontjából egyaránt döntő jelentőségű. Mind a mozgó, mind pedig az álló késeknek állíthatónak kell lennie.

Sok feldolgozó cég elhanyagolja granulálóberendezéseinek karbantartását, pedig minimális időráfordítással lehetséges a hatékony működés és a jó minőségű granulátum biztosítása.

Polikondenzációs polimerek újrafeldolgozása lánchosszabbító adalékkal

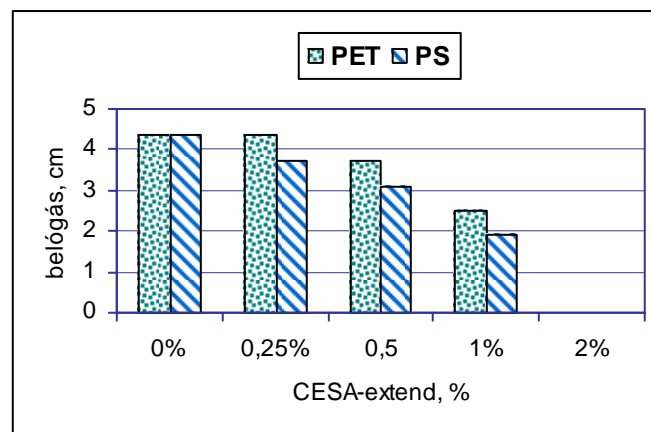
A polikondenzációval készült polimerek, mint például a PET, a PA és a PC hajlamosak a feldolgozás közbeni degradációra. A degradáció a molekulatömeg csökkenéséhez vezet, ez pedig rontja az ömledékszilárdságot és a feldolgozhatóságot. Emiatt az ilyen anyagok újrahasznosítása többnyire „downcycling” formájában valósul meg, ami azt jelenti, hogy igénytelen, csekély mechanikai igénybevételnek kitett termékeket készítenek belőlük, gyakran pedig hulladékként deponálásra kerülnek.

Noha számos technológia létezik a degradálódott anyagok használhatóvá tételére, nagy igény mutatkozik egy egyszerű, hatásos és olcsó eljárásra, amelyben az újrafeldolgozott kondenzációs polimerek degradációja és a fizikai tulajdonságaik romlása csekély mértékű. A **Clariant CESA-extend** lánchosszabbító szere olyan adalékanyag, amely megfelel a fentebb vázolt követelményeknek. Ez az *epoxi funkciós csoporttal ellátott sztirol/akrilát oligomer* mesterkeverék formájában kapható, több különböző hordozóanyaggal. Extruderben hozzákeverve a károsodott kondenzációs polimerekben újra összeköti a szakadozott láncmolekulákat. Az eljárás előnye, hogy többnyire lineárisan kerülnek összekötésre az óriásmolekulák, térhálósodás nélkül. Az extrúzió során a lánchosszabbító szer lépcsőzetesen, minimális gélesedéssel lép reakcióba a polimer végcsoportokkal. Erős reaktivitást mutat amin, anhidrid, izocianát, karboxil és hidroxil végcsoportokkal. A közelmúltban laboratóriumi mérésorozatban vizsgálták a lánchosszabbító hatását a kondenzációs polimerekre. Négy fő paramétert vizsgáltak: ömledékszilárdság és feldolgozhatóság, mechanikai tulajdonságok (fajlagos ütőmunka, szakítószilárdság), hidrolitikus stabilitás és fényáteresztő képesség.

A reciklált PET feldolgozása során nagy nehézséget jelent a lecsökkent ömledékszilárdság, ami megnehezíti az extrudálást. *Az ömledékszilárdságot jól jellemzi az extruderszerszámból kilépő profil vagy lemez belógása.* Elsőként tiszta, illetve 0,25, 0,5, 1 és 2% lánchosszabbítóval adalékolt reciklált PET belógását hasonlították össze. A 27 mm csigaátmérőjű, ikercsigás extruderből egy 200 mm széles extruderszerszámba került az ömledék, majd innen kilépve 160 mm-t kellett megtennie a levegőben a szerszámmal egy szintben elhelyezett kalanderhengerekig. *A belógást az extrudátum legalacsonyabb pontja és a szerszám közötti függőleges távolsággént definiálták.* A lánchosszabbító mesterkeverék mennyiségének növekedésével jelentősen

csökkent a belógás mértéke (1. ábra), 2%-nál gyakorlatilag teljesen vízszintes síkban haladt az extrudátum a szerszámtól a kalanderig.

A levegőben lévő nedvesség hidrolízist és molekulatömeg-csökkenést okozhat PC-ben és PC/ABS keverékekben, még normális hőmérséklet és páratartalom mellett is. A poláros színezőanyagok, mint például a TiO_2 , meggyorsítják ezen folyamatokat. Ennek köszönhetően már néhány napi tárolás után mérhetően nő ezeknek az anyagoknak a folyási indexe. A vizsgálatok során 70/30%-os PC/ABS blendben fellépő degradációt vizsgálták egyhetes gyorsított öregítést követően. A 4 mintából egy tiszta anyag volt granulátum formájában, egy szintén tiszta extrudált minta, illetve további két mintát 0,5 és 1% lánchosszabbítóval adalékoltak. A mintákat 95 °C-os hőmérsékleten, 100% relatív páratartalom mellett tárolták. Minden mintának 24 óránként mérték az ömledékindeket (MFI). A lánchosszabbító adalék drámai mértékben csökkentette a degradációt, a kezelt minták az idő múlásával lényegesen alacsonyabb MFI értéket mutattak, mint az adalékolatlanok. Az adalékolatlan anyagok MFI-je 43%-al nőtt az egy hét alatt, a 0,5% CE tartalmúé 38%-kal, az 1% CE tartalmúé pedig mindössze 1%-kal.

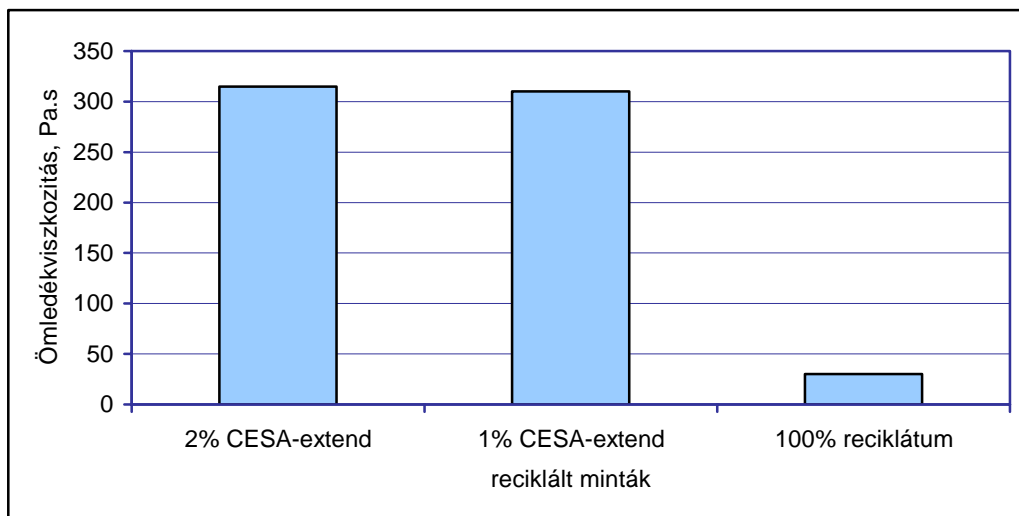


1. ábra A CESA-extend tartalom hatása az ömledék belógására

Az aromás poliamid záróréteggel ellátott többrétegű PET palackok anyagának újrafeldolgozását eddig elképzelhetetlennek tartották a reciklálásból származó PET/PA blend gyenge fizikai tulajdonságai miatt. Mivel a csomagolástechnikában egyébként is elterjedtek az ehhez hasonló többrétegű rendszerek, újrahasznosításuk megoldása nagy előrelépést jelentene a környezetvédelemben. Ezért a harmadik vizsgálatban a lánchosszabbító adaléknak a PET/PA blend feldolgozhatóságára gyakorolt hatását vették górcső alá. Többrétegű PET palack előformákat daráltak le, és három csoportra osztották őket: kezeletlen, illetve 1 és 2% lánchosszabbítóval adalékolt mintákat állítottak elő. A fizikai tulajdonságokat az Izod fajlagos ütőmunka (ASTM D256), az ömledékvizkozitás (ASTM D3835) és a szakítószilárdság (ASTM D638) mérésével határozták meg. A lánchosszabbító minden esetben drámai mértékben javította a fizikai jellemzőket. Az adalékolt anyagok fajlagos ütőmunkája 20%-al, szakítószilárdsága 30%-kal,

ömledékviszkózitása 11-szeresen múlja felül az alapanyagét. Ez utóbbi jellemző változását mutatja a 2. ábra.

Megvizsgálták továbbá a mesterkeverék hordozóanyagának – ez lehet PE, PS vagy PET – a reciklált PET-ből készült fólia fényáteresztő képességére gyakorolt hatását. A 0,5, 1 és 2% lánchosszabbítót tartalmazó minták áteresztőképességét a látható fény 400 és 700 nm közötti hullámhossz-tartományában vizsgálták. A 0,5 és 1% PS és PET hordozójú adalékot tartalmazó minták fényáteresztő képessége nem változott, míg a poliolefinhordozó minden esetben csökkentette a fényáteresztő képességet. A 2% adalékanyagot tartalmazó mintáknál a PET hordozó esetében is a fényáteresztő képesség kismértékű csökkenése volt tapasztalható.



2. ábra A CESA-extend hatása a PET/PA reciklátum Meltindex értékére

Összeállította: Deák Tamás

Harrison, R.: Eliminate dust, fines & longs for better regrind quality. = *Plastics Technology*, 53. k. 2. sz. 2007. p. 50–53.

Karayan, V.: As good as new. Chain extender restores reclaimed resins. = *Plastics Technology*, 53. k. 2. sz. 2007. p. 70–73.

Egyéb irodalom

Soriano, F.; Morales, G.; Leoón, R. D.: Recycling of high impact polystyrene in coextruded sheet: influence of the number of processing cycles on the microstructure and macroscopic properties. (Ütésálló PS újrafeldolgozása koextrudált lemezekben: az újrafeldolgozási ciklusok számának hatása a mikroszerkezetre és a makroszkópikus tulajdonságokra.) = *Polymer Engineering and Science*, 46. k. 12. sz. 2006. p. 1698–1705.

www.quattroplast.hu

Vogt, A.: Energie nicht in Luft auflösen: energetischer Vergleich zwischen Verwertung und biologischem Abbau. (Az energiát ne engedjük a levegőbe: az újrafeldolgozás és a biológiai lebomlás energiamérlegének összehasonlítása.) = *Plastverarbeiter*, 57. k. 6. sz. 2006. p. 40–41.