

Adagolás és egyéb kiegészítő műveletek újrafeldolgozás és kompaundálás során

Az összes extrúziós művelet során fontos szerepet játszik a pontos és egyenletes adagolás, különösen ott, ahol sok komponensről van szó, vagy ha valamelyik komponens a többtől nagyon eltérő adagolási sebességet igényel. Két olyan terület is van, ahol ezek a problémák gyakran előfordulnak: a kompaundálás és a használat utáni recikátumok (PCR) hozzáadásával végzett gyártás.

Tárgyszavak: adagolás, gravimetrikus, volumetrikus, szemcsés halmazok, szabályozás, Coperion

Adagolási technológia kiválasztása változó sűrűségű reciklátum esetén

A reciklátumok nagyobb mértékű felhasználására egyre több EU-s irányelv kényszerít (eltekintve az anyagi megfontolásoktól, amelyek azonban – állami támogatás vagy jogi előírás hiányában nem feltétlenül jelentenek megtakarítást), de ennek a megfelelő minőségű hulladék begyűjtésén túl műszaki korlátjai is vannak, amelyek között ott van a darálék megfelelő betáplálása. Az anyagában történő reciklásra újra egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek, mert a biológiai eredetű anyagokból készülő műanyagok soráról kiderült, hogy csak meglehetősen specifikus körülmények között bomlanak le és a hagyományos műanyagok közé keveredve több hasznot, mint kárt okoznak a reciklás során. A lakosság „rászoktatása” a szelektív hulladékgyűjtésre lassú, és a csomagolásban még jó ideig a poliolefinék, a PVC és a PET viszik a prímet. A reciklátumot adagoló berendezéseknek képeseknek kell lenni mind a kis, mind a nagy halmazsűrűségű anyagok adagolására. Az alábbiakban néhány arra vonatkozó tanácsot olvashatunk, hogy mire kell figyelni az adagoló berendezés kiválasztásakor ahhoz, hogy folytonosan felügyelni tudjuk a betáplálás egyenletességét és be tudjunk avatkozni a folyamatba, ha szükség van rá.

A reciklátumok egyik legfontosabb megkülönböztető jegye az új anyagokhoz képest, hogy méretében, formájában és sűrűségében nem egyenletes. A kiválasztott adagolási technológiának műszakilag megfelelőnek és ugyanakkor gazdaságosnak kell lennie. Olyan cégtől érdemes vásárolni, amelyik többféle adagolási technikában is jártas és sikeres, tehát ismeri azok előnyeit és hátrányait és nem fűzik érdeke ahhoz, hogy azt sózza a nyakunkba, amije van. Mindegyik technológiának



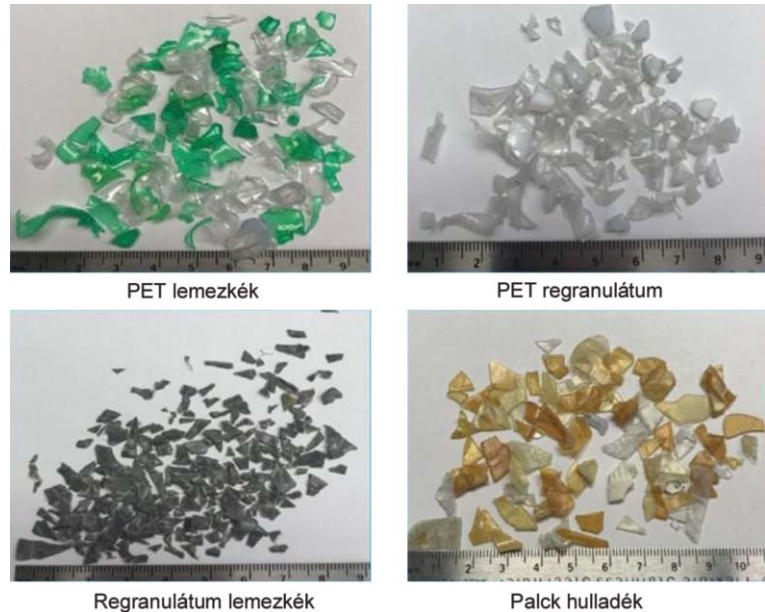
1. ábra. A Coperion K-Tron gravimetrikus adagolói egy kompaundáló üzemben (Forrás: Coperion).

megvan a maga előnye, de a berendezést a hozzá tartozó know-how birtokában még össze is kell hangolni az adott folyamattal.

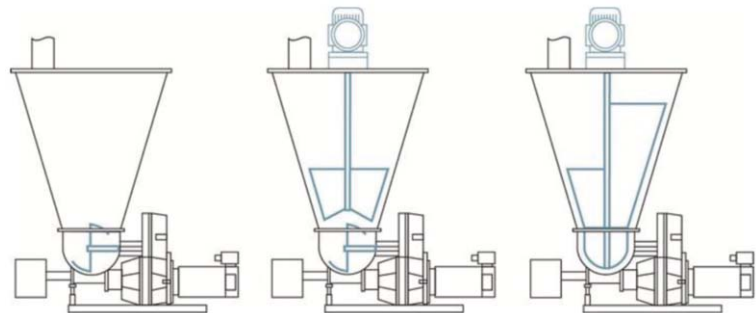
A műanyag újrafeldolgozásban használt egycsigás extruderek táplálásához általában volumetrikus (térfogati alapon működő) adagolókat használnak, de ez az egyenetlen sűrűségű reciklátumok esetében túl nagy bizonytalanságot és ingadozást okoz a folyási jellemzőkben. A kétcsigás extruderek esetében (amelyet gyakran használnak pl. feljavított tulajdonságokat mutató kompaundok készítésekor) inkább gravimetrikus (súlymérésre épülő) adagolókat használnak, amelyek pontosabbak, és jobban alkalmazkodnak a változó sűrűséghez (1. ábra).

Nehezen folyó anyagok adagolása

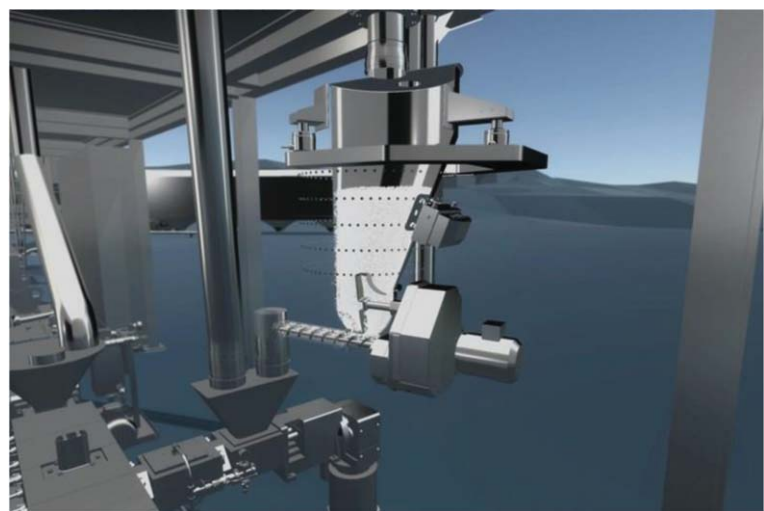
Mielőtt az adagolási technológiát kiválasztjuk, meg kell győződnünk róla, hogy az adagolandó anyag egyáltalán átmege-e az adagoló tölcser alsó nyílásán. Ez nem mindig nyilvánvaló az ún. boltozódás (bridging, arching) jelensége miatt, ami a szemcsés közeg elemei közti tapadástól és sűrűdéstől függ, és sokszor még szabályos alakú és méretű szemcsék esetén is gondot okozhat. Másik fajta problémát jelent az „egérlyuk képződés” (ratholing), amikor az anyag egy része feltapad a tölcser falára és csak egy jóval szűkebb központi nyíláson áramlik a szemcsés anyag. A probléma egy része a korábban már említett méret- és alakeloszlási változatosság (2. ábra). Ezen bizonyos mértékig segíteni lehet az adagolótölcser vibrációjával vagy az anyag kevertetésével (3. ábra), de pl. a súlyvesztés mérő és arra visszavezérelt adagolók esetében ez a rázás zavarhatja a pontos súlyvesztés mérést. Van olyan fejlettebb mérőrendszerek is (pl. a K-Tron Acti-Flow), ahol a rázóegység közvetlenül rá van kapcsolva a súlymérő egységre (4. ábra) és a meghajtó változó amplitúdóval és frekvenciával működik,



2. ábra. Különböző PET daralékok jellemző méret- és alakeloszlása.



3. ábra. Különböző kevertető rendszerek az adagolótölcserben a boltozódás megakadályozására.



4. ábra. A K-Tron ActiFlow rázóegysége, amely rá van építve az adagolótölcserre és a súlyvesztés mérő szenzorra.

hogy el lehessen különíteni a hatásokat. A rázás csak akkor lép működésbe, ha a súlyvesztési értékben ingadozás lép fel (vagyis, ha elakad az anyagáram). Ez az „okos eszköz” a szükséges frekvenciát és amplitúdót hozzáigazítja a tölcser töltöttségi szintjéhez és az észlelt anyagáramhoz.

Különféle adagolási technológiák

A szállítoszalagos, súlyméréssel kombinált adagolók (5. ábra) egyszerű és megbízható szerkezetek, ha nagy mennyiségű anyag egyenletes szállításáról van szó, mert már az adagolás előtt mérik az anyag tömegét és a szállítoszalag sebességét ehhez igazítják. Ez a módszer kiválóan használható változó sűrűségű reciklátumok adagolásához. Jól kombinálhatók csigás előadagolással, amely kiegyenlíti az anyagáramot olyan anyagok esetében, amelyek hajlamosak a boltozódásra a szállítoszalagon. A szalag másik előnye, hogy még előadagolóval együtt is általában kisebb a függőleges helyigényük, mint más adagolóknak. Sok cég ajánl szilikon szállítoszalagos változatot is, amely akkor is megbízhatóan működik, ha az adagolandó anyag forró.

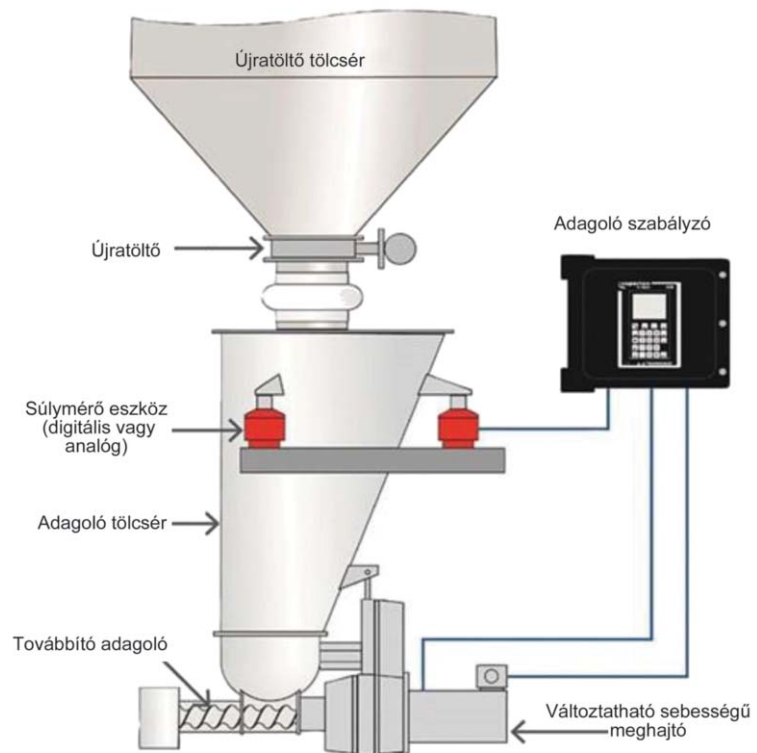
Kisebbségi reciklátumok, daralékok, üvegszálak esetében a vibrációs adagoló jó megoldás lehet, amelyek különféle tálcás konfigurációban kaphatók. Nagy előnye, hogy kevés benne a kopó alkatrész, ezért alig van karbantartási költség és a szállított anyag is kevés mechanikai behatásnak van kitéve. Arra azonban ügyelni kell, hogy a rázótalca fölötti tölcserből folyamatosan, fennakadás nélkül áramoljon az adagolandó anyag. Az olyan cégek számára azonban, amelyek a lehető legnagyobb reciklátum-áramot kívánják adagolni, ezek a módszerek gyakran nem elegendők. Ilyenkor célszerű a csigás adagolót választani. A csigát egy adagolótölcserrel és egy vízszintes mozgatóegységgel (fellazító) kombinálják. Ezek a berendezések különböző méretben kaphatók. Vannak kétszigás adagolók is, amelyek finomabb szemcsés anyagok nagy pontosságú adagolását teszik lehetővé, de ezeket inkább az értéklánc későbbi szakaszában alkalmazzák, pl. a kompaundálásnál.

Az adagolás szabályozása

Ha kiválasztottuk a megfelelő berendezést, foglalkozni kell a folyamat szabályozásával. A súlyvesztésre építő adagolók (ún. LIW adagolók) egy adagoló tölcserből, egy újratöltő egységből, egy változtatható sebességű meghajtóegységgel ellátott továbbító egységből, egy súlymérő egységből és egy szabályzóval állnak (6. ábra).



5. ábra. Egy szállítoszalagos adagoló képe (Coperion K-Tron SWB300, forrás: Coperion K-Tron).



6. ábra. Egy súlyvesztésre épülő adagoló felépítése.

A betáplálási sebesség beállítása után, ha a készülék működik, a továbbító adagoló az adagoló tölcserből jövő anyagot egyenletesen továbbítja a feldolgozó egységbe (pl. extruderbe). A súlymérő eszköz folyamatosan méri a súlyvesztést, kiszámítja az anyagáramot, összehasonlítja a beállított értékkel, és szabályozza a továbbító adagoló működési sebességét. A folyamatos anyagáram fenntartása érdekében az újratöltő egység újabb adagokat juttat a középső tölcserbe, és mivel ilyenkor átmenetileg a súlymérés nem használható, a szabályzó addig térfogati (volumetrikus) üzemmódba kapcsol. A modern szabályzó egységek tárolják a korábbi információkat és mindenféle (Ethernet, Wifi stb.) eszközön keresztül folyamatosan üzenetet küldenek az üzem működtetőinek, hogy megelőzzék a nagyobb problémák kialakulását.

Adagolási megoldások a K2022-n a Coperion cégtől

A műanyagipar nagy kiállításán a K2022-n sok érdekes eszközt állítottak ki a gyártók. A Coperion és a **Coperion K-Tron** különösen az újrafeldolgozás területén használt berendezések fejlesztésére fordított nagy energiát. Kiállítottak egy teljes PET-recikláló technológiai sort, amelynek része a szilárd adagoló berendezés. A *ZS-B MEGA* oldal-adagoló mind fóliák, mint darálék nagymennyiségű adagolására alkalmas. A *ZSK Mc* extruder a 70 mm átmérőjű csigájával, 18 Nm/cm^3 nagyságrendű fajlagos nyomatékával különösen alkalmas a nagy teljesítményű kompaundálásra, miközben az energiafelhasználása nem túl nagy. A *ZSK* extruder egy *ZS-B* oldalirányú adagolóval és egy *ZS-EG* egységgel van felszerelve, amely ugyancsak oldalirányú és lehetővé teszi az illékony anyagok gyors eltávolítását. Mindkét segédberendezés egyszerű felépítésű, ami csökkenti a karbantartási munkákat és költségeket, és könnyen eltávolíthatók a gyártósorról. A kiállítson bemutatott *ZSK 70 Mc* extruder táplálására a **K-Tron** a *K3-ML-D5-V200* típusú vibrációs adagolóját használja. A *ZS-B* készülék könnyen felszerelhető a *K-ML-SFS-BSP-100 Bulk Solids Pump™ (BSP)* szilárd szemcsés anyag adagolóval.

A **Coperion K-Tron** ugyanezen a kiállításon bemutatta az *STS Mc* sorozathoz tartozó laborextruderét is, amelynek csigaátmérője 25 mm, egyszerű felépítésű, könnyen szerelhető és tisztítható (7. ábra). A fajlagos nyomaték $11,3 \text{ Nm/cm}^3$ és egy **Coperion K-Tron K-ML-SFS-KT20** kétszigás adagolóval együtt állítják ki.

Bemutatásra kerül a *ProRate PLUS* adagoló is három méretben (kicsi, közepes és nagy). Ez a folyamatos gravimetrikus adagoló nagyon megbízható, jó ár/érték arányával gazdaságos megoldást jelent könnyen folyó szilárd szemcsés anyagok folyamatos adagolására.

Az *SP* sorozatú két csapágyas szálgranulálók teljes felújításon mentek keresztül, ennek példája az *SP340* modell, amit a többi berendezéssel együtt mutatnak be. Az új berendezés még gyorsabb szín- vagy receptváltást tesznek lehetővé. A vágókamrában nincs holttér, a felhasznált gyorscsatlakozók miatt a vágóegység igen gyorsan cserélhető. A granuláló belseje könnyen elérhető és tisztítható.

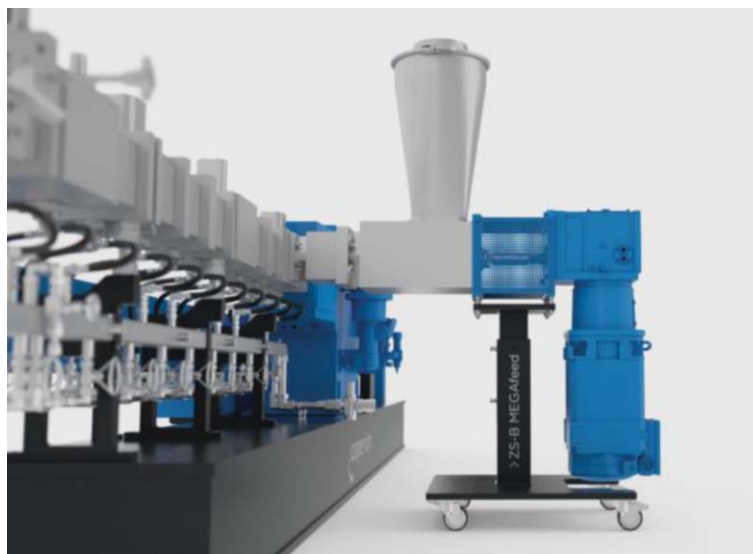
Ugyanezen a kiállításon mutatta be a **Coperion** a *ZXQ 800* forgószelepet, amely nagy sebességgel, kis gázszivárgással dolgozik, és különösen jól használható pneumatikusan működtetett szállítoszalagokhoz 3,5 bar nyomásig. Nagy kapacitása miatt jól használható poliolefin feldolgozó sorokhoz.



7. ábra. A Coperion STS Mc 25 laboratóriumi extrudere (Forrás: Coperion K-Tron).

Kiegészítő műveletek a műanyag újrafeldolgozásban

A K2022 kiállításon a **Coperion** cég egy, a *ZSK 58 Mc* kétszigás extruder köré kiépített PET újrafeldolgozó sort mutatott be, amely mind szálhulladék, mind daralék hasznosítására képes. Adagolásra az *SWB-300* szalagos adagolót használták egy *SI100* előadagolóval, valamint bemutatották az új *ZS-B 70 MEGAfeed* oldal-adagolót (8. ábra). Az *SWB* nagyon megbízható adagoló, amely rendkívül eltérő adagolási jellemzőket mutató anyagokat és képes nagy mennyiségben, pontosan adagolni. Még a 200 kg/m^3 halmazsűrűségűnél kisebb sűrűségű anyagokat is képes megbízhatóan adagolni a *ZSK 58 Mc* kétszigás extruderbe, ahol



8. ábra. A Coperion ZS-B 70 MEGAfeed oldalirányú adagolója a ZSK 58 MC kétszigás extruder mellett.

egyidejűleg folyik a kompaundálás és a reciklálás. Ennek során az illékony anyagokat eltávolítják és az ömledéket homogenizálják, majd egy ömledékszűrő közbeiktatásával egy fogaskerék szivattyú továbbítja az anyagáramot a víz alatti granuláló egységbe. Az így készült granulátumot utóhőkezelésnek vetik alá (SSP = szilárd fázisú polikondenzáció), amelynek során a hidrolitikusan töredezett láncok visszaépülnek és a kis viszkozitású regranulátum újra alkalmassá válik extrúzióra, fúvásra vagy fröccsöntésre és szálképzésre. A technológia az amerikai élelmiszer és gyógyszerbiztonsági hatóság (FDA) engedélyét is megkapta.

A korábbi PET reciklási technológiák előzetes szárítást és újra kristályosítást igényelnek reciklálás előtt, itt ez beépül a technológiába, a hulladék közvetlenül az extruderbe adagolható, és a recikláló közvetlenül értékesítheti a jó minőségű terméket. A ZSK kitűnő hatásfokkal eltávolítja az illékony maradékokat, a vizet, a monomer maradékot és az oligomereket. Csökkennek a működtetési és logisztikai költségek az energiafelhasználás is.

Amennyiben a reciklált granulátumnak kellemetlen szaga van, a **Coperion** ajánl egy szagtalanító berendezést is. Mivel a szagnak rendkívül sokféle oka lehet, a **Coperion** a vevővel együtt helyben alakítja ki a legjobb testre szabott megoldást. A mobil teszt-állomás felhasználása lehetővé teszi, hogy a technológiát a helyben előállított granulátumra optimalizálják, mert a szállított mintán végzett vizsgálatok már nem ugyanolyan megbízhatók.

Összeállította: dr. Bánhegyi György

Winski J.: How to Ensure Reliable Feeder Performance When Handling PCR = Plastics Technology, 2020. október, <https://www.ptonline.com/blog/post/how-to-ensure-reliable-feeder-performance-when-handling-pcr>

High-Efficiency Technologies for Processing and Recycling Plastics, 2022 július

<https://www.recoverweb.it/high-efficiency-technologies-for-processing-and-recycling-plastics/>