

A körkörös gazdaságot támogató eszközök a K19-en

A 2019-es düsseldorfi műanyag-kiállítás egyik fő témája a körkörös gazdaság volt, ezen belül az első célkitűzés, az elhasznált műanyagok visszavezetése a gyártási folyamatokba. Kiderült, hogy a hulladékot újra feldolgozhatóvá tevő eszközök gyártói és a hulladékból visszanyert anyagok felhasználói is már sokat tettek ennek a célkitűzésnek a megvalósíthatóságára. A visszaforgatás kicsit egyszerűbb, ha egy feldolgozó műhelyben képződő hulladékot kell visszavezetni a gyártásba, ilyenkor többnyire elegendő a selejtes darabok felaprítása, majd extruderben újra-granulálása az ömledék gondos megszűrése után. Bonyolultabb, ha a lakossági szemétből kell a különféle műanyagokat szétválogatni, megtisztítani és újra értékes alapanyaggá tenni. A következőkben elsősorban a K19-en (és néhány más eseményen) bemutatott új eszközök közül hívjuk fel a figyelmet néhányra.

Tárgyszavak: műanyag-hulladék; hulladékhasznosítás; körkörös gazdaság; gépi eszközök; technológiák; alkalmazási lehetőségek.

Eszközök a hulladék műanyagtartalmának visszanyerésére és újrafeldolgozásának előkészítésére

Feldarabolás-extrudálás-szűrés

A Next Generation Recycling Machines GmbH (NGR, Feldkirchen an der Donau, Ausztria) új *NXT:Gran* márkanévű gépsorát mutatta be. Ez a korábbi *S:Gran* gépsorozat továbbfejlesztett változata, amely zúzó-beadagoló-extruder funkciót kombináló eszköz. Az új géptípus 40%-kal termelékenyebb, kezelése és ellenőrzése egyszerűbb, és más előnyei is vannak.

Az *NXT:Gran* modellt arra a célra fejlesztették ki, hogy az üzemben képződő hulladékot újra granulálja, és azt közvetlenül visszatáplálja a primer gyártásba. Ennek érdekében beleépítettek egy start-stop funkciót, amely ezt a műveletet néhány perc alatt elvégzi, ezért a rövid leállítás után nem kell a gyártást ismételtén újra ellenőrizni.

Az NGR standján a látogatók egy egérpad segítségével virtuálisan megismerhették a cég folyadékállapotú polikondenzációs eljárását (*LSP, Liquid State Polycondensation Technology*) is, amelyet az NGR ausztriai PET Test Centerében PET palackok anyagának visszanyerésére alkalmaznak.

A kiállításon a cég bejelentette, hogy kifejlesztette legújabb *C:Gran* gépsorozatát is, amelyben az aprítás-tömörítés-extrudálás funkciót kombinálták. Ezek teljesítménye 2200 kg/h vagy annál nagyobb (*1. ábra*). A rendszer inline méri a folyási számot (MFI), és ellenőrzi a mechanikai tulajdonságokat és az optikai jellemzőket (szín, polimerhibák) – sőt, képes magát a polimert is azonosítani. Ez által a visszaforgatást végző üzemben inline tudják az ömledék

minőségét ellenőrizni, és azonnal tudnak intézkedni a szétválogatás megszigorításáról vagy a megfelelő adalékok hozzáadásáról.

Az Ettlínger Kunststoffmaschinen GmbH (Königsbrunn, Németország, az USA-beli Maag csoport tagja) *ERF 1000* jelzésű nagyteljesítményű ömledékszűrője ebben a kategóriában a világ legnagyobb ilyen modellje (2. ábra). Négy szűrődobjának összfelülete 6280 cm^2 – kétszer akkora, mint a második legnagyobb, *ERF* jelzésű szűrődobé – és eltávolítja az idegen anyagszemcséket a maximálisan 18% szennyezést tartalmazó ömledékből. Az *ERF 200* típusal – az ömledék minőségétől függően – óránként maximálisan 800 kg, az *ERF 1000-rel* egy tonna ömledéket lehet megtisztítani.



1. ábra Az NGR NXT:Gran gépe



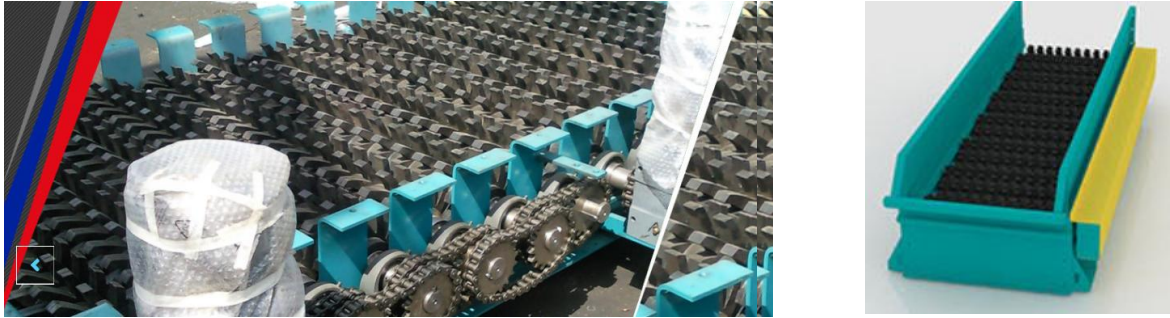
2. ábra Az Ettlínger cég *ERF 1000* jelzésű négyyszeres szűrőmodulja

Az *ERF 1000* a nagy teljesítmény mellett a legszigorúbb minőségi elvárásoknak is megfelel. Elvileg bármilyen műanyaghoz alkalmazható, közöttük a csomagolástechnikában leggyakrabban alkalmazott PE-LD, PE-LLD és PE-HD is jól szűrhető vele. A nagy szűrőfelület és a valamennyi ERF szűrőben alkalmazott $60\text{ }\mu\text{m}$ -es szitaméret szavatolja a jó minőséget. Valamennyi ERF szűrő öntisztuló, és lényegében tengelye körül forgó perforált tartály, amelyen folyamatosan áramlik az ömledék kívülről befelé. Az ERF szűrő újdonsága, hogy a négy szűrődob közül bármelyik külön is áthelyezhető a folyamat megszakítása nélkül.

Eszközök a hulladék szétválogatásához

A németországi STF Group (Aicha vorm Wald) két új eszközt, egy öntisztuló frikciós mosót és egy ún. csillagrostát (star screen) mutatott be a K19-en. Mindkettő utólag is beépíthető egy már meglévő szortírozó- és mosórendszerbe. A frikciós mosóban vagy frikciós szeparátorban nagy sebességű vízárammal mossák az ellenáramú forgást végző szűrőkosarakban lévő hulladékot. A vízáram a tisztítás mellett kimossa a nagyon finom részecskéket, amelyek később erősen koptathatják az ömledékszűrőket és ezzel megnövelik azok élettartamát.

A csillagrosták nevüket onnan kapták, hogy gumiből készített csillag alakú elemeket fűznek fel a forgó tengelyekre (3. ábra bal oldali képe), amelyek között bizonyos rés van. A rostán áthajtott hulladékkeverék nagyobb darabjai tovább haladnak, a kisebb részek a réseken keresztül kihullanak. A rostákat 7-tengelyű modulokból (3. ábra jobb oldali képe) építik össze, amelyeket a cég különböző méretben és kapacitással gyárt. A modulok egymással kombinálhatók, számuk attól függ, hogy hány tonna hulladékot akarnak óránként áthajtani rajtuk. A csillagrostákat legtöbbször arra használják, hogy a még fel nem aprított PET palackokat elválasszák a már lemosott vagy ledörzsölt laza címkéktől. Ha a rostát fedővel látják el, vákuumos rendszerrel növelhető a szétválasztás hatásfoka.



3. ábra A csillagrosta (star screen) egy részlete, amelyen jól láthatók a tengelyekre felhúzott csillag alakú elemek (bal oldali kép), és egy héttengelyes modul, amelyekből a rosta felépül (jobb oldali kép)

A novégiai központú Tomra Sorting Recycling GmbH (Mülheim-Kärlich, Németország) a már felaprított PET palackokból származó „pehely” precíziós elkülönítésére kínálja szenzorbázisú *Innosort Flake* rendszerét, amely szín és alapanyag szerint választja szét a részecskéket; biztonságosan eltávolítja a PVC-t, a fémeket és az átlátszatlan részecskéket. A cég szerint ez a világon az egyetlen ilyen PET-szortírozó rendszer, amely a nagy termelékenység mellett szavatolja a folyamatosan magas minőséget. A duális szenzoros szétválasztáshoz egy színérzékelő RGB kamerát (RGB: red-green-blue) kombináltak egy ultra nagy felbontású infravörös (NIR) érzékelővel, amely a 2–12 mm méretű részecskéket színük és anyaguk szerint képes megkülönböztetni. Az *Innosort Flake* rendszerben fehasználták a cég szabadalmaztatott *Flying Beam* technológiáját is, ami által 2%-kal csökkentették a 2 mm-es PET részecskék veszteségét. A PET pelyhek között szennyezőként előforduló PVC-t, PE-t, PP-t, PA-t vagy POM-t a rendszer nagy biztonsággal távolítja el.

A Sesotec GmbH (Schönberg, Németország) új, *Protector and Rapir Pro Sense 6* elnevezésű fémdetektora bármilyen keverékből a legkülönbözőbb etetőrendszerekben – a függőleges szakaszban szabadon lehulló granulátumból vagy az ott áramló porból – biztonságosan különíti el a fémrészecskéket. Ezzel megvédi a feldolgozó gépet a sérülésektől és az üzemeltetést a költséges leállásoktól. A gépbe beépített új elkülönítő rendszert úgy alakították ki, hogy az főképpen a kompaundálók számára legyen hasznos, akiknek gyakran kell színezéket váltani, és akik gyakran dolgoznak koptató hatású adalékokat.

Újdonságok a granulálásban

A Hellweg Maschinenbau (Roetgen, Németország) a K19-en bemutatott új granulátorait digitális „Smart” kontrollrendszerrel látta el. Ezzel lehetővé vált, hogy a hálózatba kötött granulátorok az Ipar 4.0 elve szerint kommunikálni tudjanak a mögöttük és előttük dolgozó gépegységekkel és a gép kezelőjével. Az új rendszer méri és tárolja az energiafogyasztást és számos más adatot, pl. a forgássebességet, a csapágyhőmérsékletet, de ellenőrzi a csapágyak, vágóélek, ékszíjak állapotát és várható élettartamát is. Egyik funkciója az „erőltetett” működés, amelyben rövid ideig felgyorsítható az őrlés, és kiegyenlíthető az anyagáram fluktuációja. A különböző műanyagok feldolgozásának megfelelően különböző sebességekkel lehet dolgozni, ami elsősorban az alacsony hőmérsékleten végzett granuláláskor hasznos, mert nem kell a gépet vízzel hűteni.

A Rapid Granulator (Bredaryd, Svédország) bemutatott *OneCut Pro* elnevezésű granulátorai ugyancsak az alacsony hőmérsékleten végzett granulálást szolgálják; ezekben a csiga fordulatszáma a szokásos 25/min helyett 15–35/min között állítható be. Az alsó határán granulált törekeny műanyagokban jóval kisebb a pormennyiség, és művelet zajszintje is dB-lel csökken. Ha a feldolgozónak a nagyobb termelékenység a fontosabb, azt a nagyobb fordulatszámmal 30–40%-kal tudja növelni a forgatónyomaték növekedése nélkül. A gép további előnye, hogy ha a gépben feltorlódik az anyag, a gépkezelő leállíthatja a folyamatos áramlást, amivel 80%-ra csökkentheti az energiafelhasználást.

A hulladékból visszanyert műanyagok újrafeldolgozása

A világ újabban a természet védelmére és a klímaváltozás csökkentésére koncentrálni, és nem akar szerteszét dobált műanyagokat és elszennyezett tengereket látni. Az emberiség arra is rádöbrent, hogy ha elpazaroljuk a Föld alapanyagait, unokáinkra szomorú jövő vár. Ezért az értékes alapanyagokat úgy kell kezelni, hogy azokat használat után ne szemétnek tekintsék, hanem ismételten és ismételten újra felhasználják. Ez lenne a körkörös gazdasági modell. A fémipar ezt már régen így csinálja, de ezt a többi alapanyagra is be kell vezetni, mostanában éppen a műanyagokra, amelyek megfelelő kezeléssel tényleg újra feldolgozhatók. Ehhez persze a műanyag hulladékot össze kell gyűjteni, szét kell válogatni, meg kell tisztítani és alkalmas technológiákkal és berendezésekkel a primer alapanyagokból gyártott műanyagokkal azonos tulajdonságú termékekké kell tenni. Ez ma már nem lehetetlen. Míg a hulladékból visszanyert műanyagokból az első időkben csak gyenge minőségű regranulátumot vagy reciklátumot tudtak készíteni, ma már lehetséges használt PET palackból ismételten italok forgalmazására szánt új PET palackot gyártani. Míg kezdetben a primer műanyaghoz csak kevés visszanyert műanyagot mertek keverni, ma a reciklátum felhasználása gyorsan növekszik. A feldolgozók ehhez sok segítséget kapnak, amiről a K19 látogatói is meggyőződhetnek.

Hulladékból akár a korábbinál értékesebb termék is készülhet

A KraussMaffei (München, Németország) élen jár abban, hogy a hulladékból hasznos termékeket gyártson, néha olyanokat is, amelyek értékesebbek előbbi énjüktől. A csomagolástechnikában csak rövid idejű használatra szánt polipropilénvödrökből pl. gépkocsikba épített 1. osztályú, textilburkolatú A-oszlopokat készít. A K19-en ezt a technológiát mutatta be, némi

„csalással”. Egyik legújabb 11000 kN-os gépén fröccsöntötte a vödröket, amelyeket a helyszínen összezúzott, felaprított, majd pigment és talkum hozzáadása mellett egy kétcsigás extruderben kiemelkedő minőségű „havas gyopár” márkanévű kompaunddá alakította. Vizes granulálás és szárítás után elektromos hajtású PX 320 típusú fröccsgépén a textilburkolat hátsó oldalára fröccsöntötte rá a regranulátumot. A cég leányvállalataival és ügyfeleivel közösen keresi a visszanyert műanyagok újabb alkalmazhatósági területeit.

Az Engel Austria GmbH (Schwertberg) ugyancsak támogatja a körkörös gazdaság megvalósítását. A K19-en azokat a fejlesztéseit mutatta be, amelyekkel javítani és stabilabbá lehet tenni a regranulátumok feldolgozását, és azt is szorgalmazta, hogy terméktervezésbe is vonják be a visszanyert műanyagok alkalmazását. A cég előadója azt hangsúlyozta, hogy a mai fröccsöntés folyamatának alapvető feltétele a stabilitás, amelyet akkor is meg kell teremteni, ha a regranulátum egyes tételei között kicsit nagyobb a minőségi ingadozás, mint a primer alapanyag alkalmazásakor. Ehhez nyújt segítséget az Engel intelligens *iQ* tömeget ellenőrző segédrendszere (*intelligent iQ weight control assistance system*). A cég standján hulladékból visszanyert ABC feldolgozásán mutatták be ennek a szoftvernek a pozitív hatását, amelyet a vállalat Ipar 4.0 programjának részeként fejlesztettek ki. A szoftver a fröccsöntés teljes folyamata alatt stabilan tartja a befröccsentett ömledék mennyiségét ingadozó polimerminőség esetén is, ami a jó minőség alapja. Általa bátrabban és szélesebb körben lehet alkalmazni a hulladékból kinyert polimereket is.

Az Engel a reciklátumok igen széles körű felhasználási területének tekinti a szendvicsszerkezetek gyártását, amelyek két primer anyagból készített felső rétegei között a belső magot készítik belőlük. *Skinmelt* technológiájával pl. szendvicsszerkezetű szállítórekeszeket lehet gyártani, amelyek akár 50%-ban visszaforgatott műanyagot tartalmaznak. A *Skinmelt* eljárásban a hagyományos kofröccsöntéssel ellentétben – ahol a kétféle műanyagot még a befröccsentés előtt egyesítik – az külső réteget képező, kisebb mennyiségű primer műanyagot fröccsentik be elsőként (amely bevonja a szerszám falát és ott dermedni kezd), majd a belső réteget képező anyagot, amely kitölti a szerszámüreget. A szendvicsszerkezetű rekeszek gyártását a cég ugyancsak bemutatta a kiállítás látogatóinak.

Az elmúlt időszakban nagy publicitást kapott, tengereken úszó műanyag hulladék csökkentése érdekében az Európai Unió kezdeményezte a tengerpartokon legnagyobb mennyiségben található 10 leggyakoribb hulladékfajta összegyűjtését, emellett megtiltotta a műanyag halászati eszközök tengerbe süllyesztését. Az Engel cég kreativitása itt is működésbe lépett, a hulladékhasznosításban járatos *Erema Engineering Recycling Maschinen und Anlagen GmbH*-vel közreműködve megoldotta a tengerbe dobott és sok bajt okozó halászhálók anyagának visszaforgatását. A chilei tengerparton számos helyet jelöltek ki a partra sodort hálók összegyűjtésére, amelyek poliamid alapanyagát egy helyi üzemben az *Erema* technológiájával nyerik vissza. A regranulátumot az Engelnek küldik el, amely sítalpakat és napszemüvegeket gyárt a volt hulladékból.

A gépgyártók és feldolgozók széles körű összefogása a körkörös gazdaság érdekében

A németországi *Arburg* cég (Lossburg) 2019 júniusában megrendezett *Packaging Summit* konferenciáján a világ minden részéből kb. 120 résztvevő jelent meg. A cégnek a második ilyen konferenciája is azt a célt tűzte ki, hogy közvetlen kapcsolatot teremtsen a vezető ipari szakemberek, a kutatók és a szakmai szervezetek között. A résztvevők itt megoszthatták isme-

reteiket a csomagolóipar várható irányzatairól, a források legjobb hatású felhasználásáról és a körkörös gazdaság jelenlegi állásáról.

Az Arburg és két fröccsszerszámokat gyártó partnere, a Stackteck és a Fobova bemutatta kifejezetten a csomagolóipar számára szánt legújabb gépeik innovációja révén alkalmazható új technológiákat. A szerszámban címkézéssel (IML) foglalkozó Verstraete cég bemutatott egy láthatatlan vízjelet, amelyet címkékbe építenek be, és amely a termék „digitális útlevelként” szavatolja annak anyagának újrafeldolgozhatóságát. A résztvevők a keresztasztalbeszélgetésekben kifejtették, hogy a korszerű feldolgozógépek ma már számos szenzort tartalmaznak, amelyek közvetlenül mérik a belső nyomást és hőmérsékletet, ellenőrzik a szerszám „lélegzését”, optimalizálják a fészek kitöltését és a termék minőségét, ami által sokkal biztonságosabbá teszik a reciklátum feldolgozását.

2019 júliusában számos szakmai szövetség, köztük az európai műanyag-feldolgozók (EuPC), a német és az olasz gépgyártók szövetsége (VDMA, Amaplast) és műanyag- és gumifeldolgozó gépek páneurópai szövetsége (Euromap) szakemberei vitatták meg közösen, hogy hogyan tudnák a gépgyártók és a műanyag-feldolgozók egymást segíteni a visszanyert műanyagok szélesebb körű felhasználásában. *Arra törekcszenek, hogy meg tudják valósítani az EU célkitűzését, amely szerint 2025-2031 között évente 10 millió tonna hulladékból visszanyert műanyagot kellene újra hasznosítani a termelésben.*

Javítani kell az aprítást és a granulálást

A gépgyártók tapasztalatai szerint a feldolgozók legtöbbször a reciklátumok granulátumainak minőségét kifogásolják. A granulátorokat gyártók igyekeznek ezeket az igényeket kielégíteni.

Az autógyárak korábban túlságosan kockázatosnak tartották a hulladékból visszanyert alapanyagok alkalmazását, inkább primer anyagot dolgoztak fel. Szemléletük mára megváltozott, pozitívként hirdetik, hogy gépkocsijaikban újrafeldolgozott műanyagból készített elemek is vannak. A Volvo pl. hirdetéseiben azt igéri, hogy 2025-ben a modelljeikbe beépített műanyagok 25%-a hulladékból visszanyert alapanyag lesz. Ennek feltétele azonban, hogy ennek az alapanyagoknak ne legyen semmiféle negatív hatása sem a feldolgozásra, sem a termék minőségére.

A korábbiakban már említett Rapid Granulator cég modulárisan felépített granulátoraival igyekszik a műveletet finomítani a hőmérséklet csökkentésével. Az autógyárak saját üzemi hulladékának feldolgozására ezeknek a néha nagyméretű és vastag falú daraboknak felaprítására kínálja *Raptor shredding* zúzógépet.

Mivel egyre több feldolgozóüzem igyekszik saját hulladékát újra feldolgozni, meg kell oldania a felaprítást, az esetleges tisztítást és a lehetőleg por és finom frakció nélküli granulálást. Ehhez jó minőségű aprítógépre, annak rendszeres karbantartására, a kések élezésére, a forgó kések közötti távolság rendszeres beállítására van szükség. A granulátor kiválasztásakor figyelembe kell venni az aprítandó anyag tulajdonságait, a darabok méreteit, sűrűségét, az elvárt teljesítményt és a felaprított anyag tervezett szemcseméretét.

Az aprítógépek kései többnyire robosztusak, nehezen lehet hozzájuk férni, élezésük veszélyes. A CMG (Cento, Olaszország) ezért nagy (>1000 kg/h) teljesítményű gépei között elkopás után eldobható, könnyen cserélhető késekkel dolgozó modellt is kínál.

A felaprított, megőrölt vagy regranulált alapanyag néha nagy mennyiségű port tartalmaz, ami a feldolgozásban gondot okozhat. Többnyire speciális szűrőre van szükség, hogy könnyebbé tegyék a tisztítást; gyakrabban kell a rendszert karbantartani, a por a bevetéskor zavarhatja a folyamatos anyagáramlást. A Piovan Central Europe (Bécs, Ausztria,) ezért *Vario series* néven egy vákuumos szállítórendszer alkalmazását kínálja a feldolgozási folyamat előtt.

A pehely formájú alapanyagok feldolgozása még kritikusabb. A Piovan ehhez többféle segédeszközt kínál, pl. lejtős csúszkát, beboltozódást kiküszöbölő pneumatikus rendszert, ugyancsak pneumatikusan működő elnyelő kamrát stb.

Egyéb segédeszközök

A Moretto S.P.A. (Massanzago, Olaszország) elsősorban a PET-et érintő technológiákkal foglalkozik. Az *Eureka Plus* a cég legújabb innovatív szárítórendszere, amely jelenleg a piacon található legkisebb energiaigényű szárító, és főképpen a PET szárítására ajánlják. Ennek a polimernek a szárítása ugyanis komolyan meghatározza a feldolgozás gazdaságosságát. A cég fejlesztői a PET rekristályosításával is foglalkoznak, mert ez gyakran szükséges lépés a PET újrafeldolgozásában.

A Motan GmbH (Allgäu, Németország) ugyancsak a PET újrafeldolgozásával foglalkozik. Részből a Moretto megoldásaihoz hasonló eszközöket kínál, de célkitűzései között szerepel a digitalizálás és a folyamatok hálóba szervezése is. Emellett kutatásai kiterjednek arra is, hogy hogyan változnak a polimer tulajdonságai többszörös újrafeldolgozás után, és milyen adalékokkal lehet ezek változásait kompenzálni.

Összeállította Pál Károlyné

Caliendo, H.: Recycling & scrap reclaim: Machinery technology advances as „circular economy” takes hold = | *Plastics Technology* 2020 jan. www.ptonline.com
Maplestone, P.: Plastics recycling must be made to work = *Injection World*, 2019. júl./aug. p. 21, 22, 24, 26, 28, 29. www.injectionworld.com