

Új eljárások a visszaforgatott műanyagok minőségének javítására

A gyártási hulladékból vagy az elhasználódott műanyag termékekből visszanyert műanyagoknak csak akkor van valódi értéke, ha belőlük a friss műanyagból gyártott termékekéhez hasonló tulajdonságú termékeket lehet előállítani. Az újrafeldolgozáshoz gépi berendezéseket és technológiát kínáló cégek igyekeznek ezt lehetővé tenni. A továbbiakban egy osztrák cég két új hulladékfeldolgozó berendezését és technológiáját mutatjuk be.

Tárgyszavak: műanyag hulladék; újrafeldolgozás; hulladékhasznosítás; gépgyártó; feldolgozó gép; technológia.

A hulladékból visszanyert műanyagok másodlagos alapanyagként egyre keresettebbek. A műanyag-feldolgozók igénye ugyanis a világon évente 8%-kal növekszik, a primer nyersanyagforrások ezzel szemben erőteljesen csökkennek. A feldolgozható műanyagok ára emiatt várhatóan emelkedik, és *a jó minőségű reciklátumok kapósak lesznek.*

Ma azonban a visszanyert műanyagok minősége – akár termelési hulladékból, akár elhasználódott műanyag termékekből származnak – legtöbbször gyengébb az eredeti granulátuménál. Ennek oka a különböző összetételű fajták keveredése, a magasabb nedvességtartalom, a megváltozott viszkozitás, a szennyeződés, a csomagolóanyagokra felhordott nyomtatófesték.

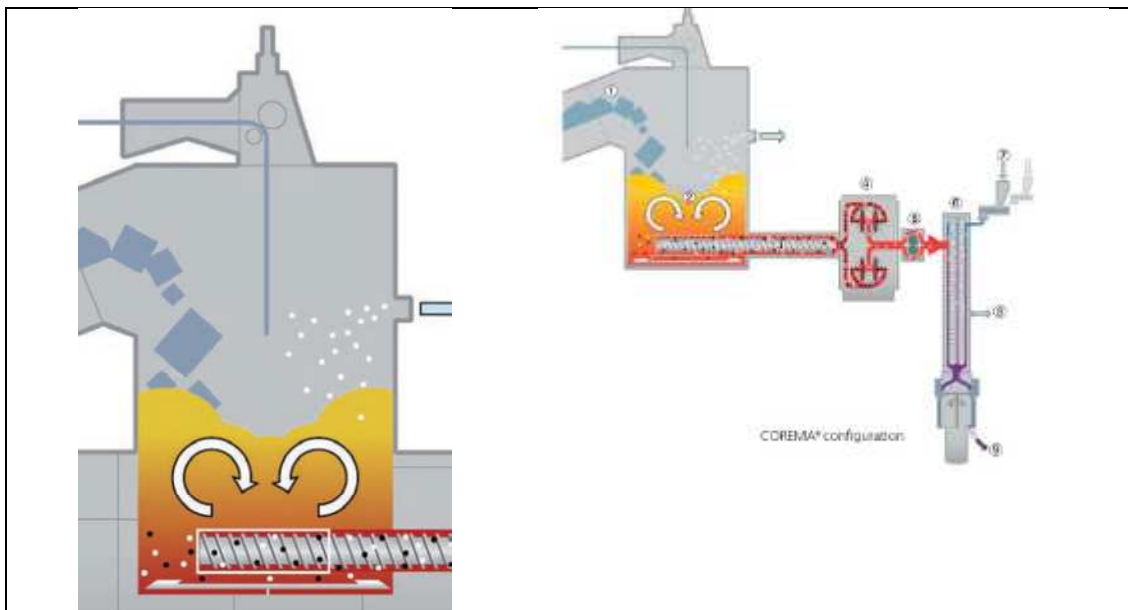
A műanyagok visszaforgatásával foglalkozó cégek nagy erőfeszítéseket tesznek a reciklátumok minőségének javítására, és arra törekednek, hogy a vegyes hulladékból is szavatolt minőségű, specializált másodlagos alapanyagokat gyártsanak. Az ilyen törekvéseknek egyik kiemelkedő helyszíne az ausztriai Erema GmbH (Anfelden), ahol a műanyagok visszanyerését a kompaundálással társították, és egyetlen gyártóberendezésben folyamatosan készítik el a betáplált hulladékból a szavatolt minőségű reciklátumot. A cégnél kifejlesztett technológiát – amelyet elsősorban nehezen aprítható és betáplálható fólia-, szövet- és szálhulladék újrafeldolgozására ajánlanak – és a gyártóberendezés-sorozatot is *Corema* márkanevvel forgalmazzák. Ugyanennek a cégnek egy másik rendszere az *Intarema* eljárás és berendezés, amelynek lényege a felapított hulladék világszabadalommal védett ellenáramú betáplálása.

A Corema rendszer

A rendszer alapelve

A Corema rendszer alapelve, hogy a hulladékból visszanyert alappolimerbe még ömledékállapotban töltő- és/vagy erősítőanyagot kevernek, és ezzel ellensúlyozzák a mátrix eredeti tulajdonságainak gyengülését. A kiválasztott töltő- vagy erősítőanyag fajtájával és mennyiségével állítják be az alkalmazási célnak megfelelő anyagtulajdonságokat. A *Corema* berendezés első részében a hulladékból visszanyerik a polimert, második részében a kompaundálást végzik, amelynek technológiája a Coperion GmbH-től (Stuttgart, Németország) származik.

A *Corema* berendezés első eleme, egyúttal „szíve” egy tartály, amelybe szállítószalagon hordják be hulladékot (pl. nemszött PP szövetet, PE szélhulladékot, PA szálakat stb.) amely a tartály alján lévő, szabadalommal védett, befelé forgó vágó/tömörítő hengerpár közé hullik (1. ábra bal oldali képe). Ha tekercsről viszik be a fóliát, azt a hengerpár húzza be. A hengereken lévő vágószerszám felaprítja, egyúttal tömöríti a laza hulladékot, amely a frikciós hőtől felmelegszik és kiszárad; a nedvességet a tartályból elszívják.



1. ábra Az Erema-Corema rendszer. Bal oldali kép: a vágó/tömörítő egység, jobb oldali kép: a teljes berendezés vázlata

Az előmelegedett hulladék a hengerpár alatt tangenciálisan elhelyezett egycsigás extruderbe jut, amely megömleszti és homogenizálja, majd az ömledéket áthajtja egy teljesen automatikusan működő, öntisztuló szűrőn. A megtisztított polimert az ömledékszivattyú ezután betáplálja a Coperion cégnél gyártott együttforgó kétcsigás

extruderbe, amelynek csigafelépítését modulokból, mindig a feldolgozott anyagnak legjobban megfelelő keverőelemekből és gáztalanítást segítő elemekből alakítják ki. Az ömledékbe a szükséges adalékok mellett nagy mennyiségű töltő/erősítőanyagot (pl. akár 80% CaCO₃-at, 70% talkumot, 50% üvegszálat) visznek be. Ha polimerkeveréket készítenek, friss granulátumot is betáplálhatnak. A gázmentesítő zónában elszívják a gázokat, majd az extruderszerszámba irányítják az ömledéket. A teljes gyártóberendezés vázlatát az 1. ábra jobb oldali képén látható, ahol (1) a hulladékot betápláló szállítószalag, (2) a vágó/tömörítő berendezés, (3) az egycsigás extruder, (4) a szűrő, (5) az ömledékszivattyú, (6) a kétcsigás extruder, (7) a kiegészítő és töltőanyagok adagolója, (8) a gázmentesítő zóna. (9) az extruderszerszám.

A rövid tartózkodási idő és a töltőanyagok közvetlen beadagolása erősen mérsékli az anyag termikus terhelését. A rendszer moduláris felépítése pedig rugalmassá teszi a berendezést, ezáltal csökkenti az üzemi költségeket. A *Corema* rendszereket az Erema cég 300 kg/h és 4 t/h kihozatal között teljesítménnyel kínálja. Egy üzemben telepített berendezés a 2. ábrán látható.

A cég néhány példát is bemutat a *Corema* rendszer alkalmazhatóságára.



2. ábra
Egy üzemben felállított
Corema rendszer

Építőipari nem szőtt PP szövet gyártási hulladékából készített talkumtartalmú kompaundok

A talkummal töltött PP Európában nagyon népszerű, évente mintegy 600 000 t 20% talkumot tartalmazó PP-t gyártanak, amihez 120 000 t talkumra van szükség. Ennek 34%-át a háztartási berendezéseket gyártók, 28%-át az autóipar, 16%-át az építőipar, 12%-át a villamosipar, 10%-át más iparágak használják fel. 2013-ban a kompaundálók már 60 000 t talkummal töltött PP-t készítettek hulladékból visszanyert polimerből, amelynek 50%-át az autógyártás használta fel.

A *Corema* berendezés diszpergálóképességének ellenőrzésére a nemszőtt PP szövet hulladékából extrém magas, 70% talkumot tartalmazó regranulátumot, majd

vékony fóliát gyártottak. A talkum homogén eloszlása a fóliában igazolta a rendkívül jó diszpergáló hatást. A gyakorlatban alkalmazott, 20–40% talkumot tartalmazó kompaundok néhány tulajdonságát az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

A Corema berendezéssel készített reciklátumok néhány tulajdonsága

Tulajdonság	Egység	Építőipari PP szövet gyártási hulladékból					PP66 szálak és légszákok gyártási hulladékból készített üvegszálak kompaundok		
		talkum: Omya SD 20				Lithos ^{1/}	0%	15%	30%
		0%	20%	30%	40%	20%			
Folyási szám	g/10 min	35	31	25	21	51	–	–	–
Húzómodulus	MPa	1400	2300	2900	3600	2700	3200	5400	9500
Húzószilárdság	MPa	34	27	26	26	30	83	120	165
Szakadási nyúlás	%	>100	55	31	2	5	14	3	2,5
Ütésállóság ^{2/}	kJ/m ²	95	35	26	19	24	95	39	40

^{1/}talkum: Lithos LP 10, ^{2/} hornyolt próbatesten mérve 23 °C-on.

CaCO₃-mal töltött reciklátum gyártása elhasználandó mezőgazdasági fóliából

Európában évente nagy tömegben halmozódik fel az elhasználandó mezőgazdasági fólia, amelynek alapanyaga elsősorban polietilén (PE-LD és PE-LLD). Ezek a fóliák lágyak, vastagságuk 25–100 µm között van, és többnyire erősen szennyezettek ásványi és szerves anyaggal, emiatt kezelésük meglehetősen nehéz. Alapanyaguk viszont értékes és kitűnő hordozóanyaga a kalcium-karbonát töltőanyag. Az Erema cégnél előzetes mosás után ilyen fóliákból készítenek magas CaCO₃-tartalmú regranulátumokat Corema technológiával. A berendezésbe 8% nedvességet tartalmazó PE-LLD fóliadarabokat adagoltak. A nedvesség nagyobb része a vágó/tömörítő elemekben a felmelegedés miatt eltávozott, de meleg levegőárammal is fokozták a szárító hatást. Az egycsigás extruderben plasztikált polimert szűrés után a megfelelően konfigurált kétszigás extruderbe vezették, ahol az ömledékbe közvetlenül különböző mennyiségű (max. 75%) Zetafil CST2 típusú CaCO₃-at adagoltak. A 75% töltőanyagot tartalmazó regranulátumot friss PE-LLD granulátummal 23:77 arányban keverték és a keverékből fóliát fűjtak. Optikai mikroszkóp alatt vizsgálva a töltőanyag teljesen homogén eloszlást mutatott a fóliában.

Üvegszálak reciklátum előállítás PA66 légszákok gyártási hulladékból

A gépkocsikba szánt légszákok gyártásakor PA66 szálakból és szilikonbevonatú szövetdarabokból álló hulladék képződik. Ennek a hulladéknak az újrafeldolgozását a

nagy fajlagos felület nehezíti, és emiatt a hulladék könnyen szennyeződik vagy sok nedvességet vesz fel. Feldolgozásához ezért a *Corema* technológia különösen alkalmas lehet. A *Corema 1108 T* típusú berendezés első részében kiszárított, majd a szűrőben megtisztított ömledékbe akár 50% üvegszálat is be tudtak vinni. Az 1. táblázatban az üvegszálak nélküli, továbbá a 15 és 30% üvegszál tartalmú PA66 regranulátum néhány tulajdonsága is megtalálható. Tulajdonságai alapján a 30% üvegszál tartalmú regranulátum alkalmas lehet műszaki termékek fröccsöntésére.

Gumiőrlemény és nyomtatott PP-BO fóliák visszaforgatása Corema berendezéssel

Ausztriában évente 50 000 t használt autógumit selejteznek ki. Ezek egy részét elégetik. Anyaguk hasznosítására depolimerizációval és devulkanizációval próbálkoznak, de ezek az eljárások jelenleg gazdaságtalanok. Őrléssel az abroncsokból gumigranulátumot és gumiliztet is készítenek, ezeket hőre lágyuló műanyagokhoz keverik a rugalmasság növelése érdekében. Ilyen gumiőrleményeket az ausztriai Asamer Plastics cég kínál *AsaBatch* márkanéven.

Az Asamer cégnél Corema technológiával nyomtatott PP-BO fóliákat forgattak vissza. A száraz és megszárt polimerömledékhez 50% *AsaBatch* gumiliztet keverték. A regranulátumnak rendkívül jó a rezgés csillapító képessége és az időjárás-állósága, ezért gépkocsielemekek, sport- és szabadidőcikk, épületelemek készülhetnek belőle. Sűrűsége $1,116 \text{ g/cm}^3$, folyási száma ($190 \text{ }^\circ\text{C}$, $2,16 \text{ kg}$ mellett) $1,4 \text{ g/10 min}$, húzómodulusa 580 MPa , húzószilárdsága 14 MPa , hornyolt próbatesten mért Charpy ütésiállósága $23 \text{ }^\circ\text{C}$ -on 72 , $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on 61 kJ/m^2 . A regranulátumot *AsaComp R10230C-600* márkanéven forgalmazzák.

Az Intarema rendszer

Az Erema GmbH másik újdonsága az *Intarema* rendszer, amelynek jellegzetesége, hogy a vágó/tömörítő szerkezet a műanyag vagdalékot nem a szokásos módon, az extruderben előre mozgó anyag irányával azonos irányban juttatja be a gépbe, hanem egy világszerte szabadalmaztatott ellenáramú eljárással (counter current technology) azzal ellentétesen. Az eljárás nevével is erre utal, az *Intarema az INvers TAngential eREMA elnevezés rövidítése*.

Az eljárás lényege az, hogy a vágó/tömörítő szerkezet és a tangenciálisan elhelyezett egycsigás extruder közötti határtérben a vágószerszám folyamatos forgása a feldarabolt anyagot tölcse szerű mozgásra kényszeríti (3. ábra). Mivel a tölcseben a műanyag részecskék a csigával ellentétes irányban forognak, sebességük és a csiga sebessége összeadódik, emiatt a behúzó zónába akkora relatív sebességgel érkeznek be, hogy a csiga éle szétzúzza őket. Így az extruder rövidebb idő alatt több anyagot tud befogadni, és az időegység alatt behordható anyag mennyisége kevésbé függ az előtömörítés mértékétől.

A betáplálásnak ez az új módja fordítottja az eddigi eljárásnak, amelyben a felaprított és előtömörített hulladékot az anyag haladási irányával azonos irányban vitték

be. Ilyenkor a centrifugális erők „tömték be” az előkezelt hulladékot a csiga járataiba. Az új ellenáramú rendszerben a csiga szinte nyomásmentesen veszi fel az előmelegített anyagot, éppen annyit, amennyire szüksége van. Az extruder soha nincs túltöltve, ezért könnyebben szabályozható. Az ilyen rendszer különösen alkalmas nagyon laza hulladék (szálak, vékony fóliák) feldolgozására.



3. ábra Az *Intarema* eljárásban a vágó/tömörítő elem az anyag extruderben követett haladási irányával ellentétes irányban hordja be a feldolgozandó hulladékot

A berendezést automatikusan táplálják. Egy szállítószalag hordja be a laza fólia-hulladékot a tartályba, amelyben a forgó vágó/tömörítő szerkezet felaprítja, keveri, a frikciós hő révén előmelegíti és tömöríti. Minél magasabb az előmelegített hulladék hőmérséklete, annál erőteljesebb az összetömörödés. Az ellenáramú rendszerben az extruder anyagfelvétele kevésbé függ az előtömörítés mértékétől, ezért jobb az üzembiztonsága. Az utóbbi rendszer alkalmazása különösen a tiszta gyártási hulladék visszaforgatásakor előnyös, mert egyszerűen kezelhető, stabil és kíméletes folyamatban készíthető vele a friss granulátummal azonos minőségű reciklátum.

Elhasznált termékekből származó, változó összetételű vegyes műanyag-hulladék feldolgozásakor is jól kihasználható az *Intarema* rendszer rugalmassága és megbízhatósága. Gyakorlati tapasztalatok bizonyítják, hogy mosással megtisztított, de szennyeződésként papírt, fát, fémrészecskéket tartalmazó mezőgazdasági (PE-LD, PE-LLD, PE-HD) fóliákkal, vastag falú autó- és villamosipari termékekből származó örleménnyel; PS poharakkal és PE kupakkokkal is megbirkózott a berendezés.

Gépkocsik kiselejtezett akkumulátoraiból visszanyert PP örlemény visszaforgatására egy kifejezetten erre a célra összeállított *Intarema T* típusú berendezés bizonyult optimálisnak. A berendezésbe speciális vágó/tömörítő egységet és gázmentesítő zóna nélküli egycsigás extrudert építettek be. A vastag fal és a nagy nedvességtartalom miatt az örleménynek viszonylag hosszú ideig kellett a tartályban tartózkodnia, hogy kellőképpen felmelegedjen és kiszáradjon. Ezután került a rövid csigát tartalmazó egycsigás extruderbe, amelyben csekély nyírással kíméletesen megömlesztették. Az ellen-

áramú technológia megkönnyíti a könnyen szétterülő (jól szóródó) anyagok (pl. örlemények) feldolgozását. Ilyenekkel könnyen túltölthető az extruder, ami nagy nyíróerőket és erős sűrűlődséget okoz. Az *Intarema* rendszerrel ez elkerülhető. A csekély nyírásal végzett ömlesztés az ömledékszűrő tisztító hatását is növeli, mert az ömledékben lévő szerves és szervetlen szennyező részecskék nem aprózódnak tovább. A tisztább regranulátumnak nagyobb az értéke. Az akkumulátorokból visszanyert PP-ből jelentős mennyiséget lehet az új akkumulátorok anyagába keverni, sőt akár 100% *reciklátumból is lehet újabb akkumulátort gyártani.*

Az új intelligens *Smart Start* vezérlőrendszerrel a feldolgozási folyamat számos lépése automatikusan megy végbe. A gépkezelő nyelvtudás nélkül, mindössze néhány gombnyomással üzemeltetheti a gépet, amely bárhol a világon érthető szimbólumokkal van ellátva. A *Smart Start* vezérlőrendszer és a kényelmes érintőképernyős kijelző valamennyi *Intarema* berendezés tartozéka. A gépen alkalmazott feldolgozási paraméterek és az alkalmazott receptúra a gép memóriájában tárolható, abból bármikor előhívható és a gyártási folyamat automatikusan tökéletes pontossággal megismételhető.

A berendezés tartalmaz egy „stand-by” (rendelkezésre álló) üzemmódot. Ha pl. valamelyik összetevő váratlanul elfogy, a gép automatikusan alacsonyabb üzemi állapotba kapcsol, egyúttal kijelzi az anyaghiányt. Ha ezt pótolják, automatikusan visszaáll a korábbi üzemi állapotba. Az egész folyamat automatikus, a gépkezelőnek egyetlen gombot sem kell megnyomnia.

Valamennyi gépbe beépítik az *EcoSave* technológia továbbfejlesztett változatát, amely 10% energiamegtakarítást, alacsonyabb CO₂-emissziót és kisebb gyártási költségeket szavatol a feldolgozó számára.



4. ábra Egy komplett *Intarema* berendezés

Egy komplett *Intarema* berendezés a 4. ábrán látható. A jelenlegi gépek maximális kihozatala 50–3000 kg/h között van. Ezen belül különböző alkalmazási célokra megfelelő változatok lehetségesek. A gázmentesítő zóna nélküli rövid egycsigás extrudert tartalmazó T-sorozatot nyomtatás nélküli fólia-szélhulladék és más levágott hulladék, laza fóliahulladék, tekerceselt fóliák és örlemények feldolgozására ajánlják. A dupla gáztalanítással ellátott T-típusú gépek csekély mértékben nyomtatott gyártási

hulladék, szálak és műszaki műanyagok hulladékának regranulálására alkalmasak. Nehezen feldolgozható anyagok, pl. erősen nyomtatott fóliák, nagyon nedves anyagok kezelésére fejlesztették ki a *TVEplus* sorozatú gépeket. Az utóbbiakban az ömledéket a gáztalanítás előtt szűrik, ezért a gáztalanító zónába már a teljesen megömlesztett, megszárt és homogenizált ömledék jut el.

Összeállította: Pál Károlyné

Hofstätter, Th.: Rezyklat veredeln = Kunststoffe, 103. k. 4. sz. 2013. p. 52–56.

Cutter and compactor – the heart of the system = Recycling News 2012/1013, www.ereama.at
New Corema System combines recycling, compounding in a single system. EREMA Engineering's new Corema system processes raw materials into customized plastic compounds. – www.recyclingtoday.com/article/ereama-corema-plastics-recycling

Heitzinger, M.:Gegenstrom-Pinzip verbessert Produktivität = Kunststoffe, 103. k. 12. sz. 2013. p. 86–89.

EREMA's counter current principle = www.google.hu/-search?q=ereama+interma-&biw...

Röviden...

Szénszálak visszanyerése társított anyagokból

A Fraunhofer Intézetek Kémiai Technológiai Intézetében új technológiát dolgoztak ki a szénszálak visszanyerésére szénszállal erősített műanyagok hulladékából. Az eljárás lényege, hogy a társított anyag mátrixát mikrohullámú kemencében pirolízissel bontják el. Mivel a mikrohullámok az anyagot hővezető képességétől függetlenül teljes térfogatában hevítik fel, a vastag darabok teljes pirolízise is percek alatt végbe megy a szénszálak sérülése nélkül. A szénszálak megőrzik eredeti formájukat (szövet vagy szál), és a rétegek is elkülöníthetők egymástól. Mivel a mikrohullámok csak a társított anyagot melegítik fel, a környezetet nem, az eljárásnak nagyon jó az energiahatékonysága.

A kutatók további kutatásának fő célja, hogy a mikrohullámú termikus degradációs eljárást hozzáillesszék a pirolizálандó termékekhez, és ezzel áthidalják a mikrohullámú technológia rendszerfüggő korlátait. Ha sikerül azokat a paramétereket meghatározniuk, amelyekkel a különböző termékek szabályozható és reprodukálható módon lebonthatók, rendelkezésre áll majd egy széles körben alkalmazható, érintésmentes, hővezető képességtől független és teljes térfogatban érvényesülő degradációs eljárás.

Pál Károlyné

Kunststoffe, 103. k. 12. sz. 2013. p. 89.