

## Töltőanyagot tartalmazó kompaundok gyártásáról

A különböző töltőanyagok egyenletes bekeverése a polimerekbe még ma is járhat nehézségekkel, különösen, ha nagyon nagy részarányban kell azt elosztatni a mátrixban. A fejlesztőknek és a gépgyártóknak azonban mindig vannak új ötleteik, amelyekkel megpróbálják megkönnyíteni a kompaundok gyártását.

*Tárgyszavak: műanyagkompaundok; töltőanyagok; adagolás; granulálás; új berendezések; műanyag-feldolgozás.*

Ásványi töltőanyagokat a polimerekbe általában költségmegtakarítás, sűrűség-növelés vagy -csökkentés, textúraváltoztatás, mechanikai tulajdonságok módosítása céljából kevernek. Ilyenkor legtöbbször kalcium-karbonátot (krétát), talkumot, kovaföldet, kaolint, bentonitot, titán-dioxidot, magnézium- vagy alumínium-oxidot, szilikátokat választanak.

Töltőanyagokat olyankor is alkalmazhatnak, ha a polimer eredeti tulajdonságait messze meghaladó alapanyagokat akarnak kapni. Villamosan vezető keverék állítható elő grafit vagy korom bevitelével, amelynek részaránya elérheti a 90 %(m/m)-et. 60% kerámia töltőanyaggal hővezető műanyagot, 30% üveggyönggyel nagyon könnyű (kis sűrűségű) kompaundokat lehet előállítani.

A töltőanyagokkal csak akkor érik el a kitűzött célt, ha azokat optimális mennyiségben viszik be a polimerbe és egyenletesen keverik el abban, továbbá ha a kapott kompaundot könnyen fel lehet dolgozni. Jó kompaundok előállításához megfelelő ismeretek és szakmai tapasztalatok kellenek.

A töltőanyag a kompaundáló extruder adagolórendszerén keresztül jut be az extruderbe, ahol találkozik a polimerrel és azzal elkeveredve lép ki az extruderfejen keresztül félkész profilként vagy zsinór formájában. Az utóbbi esetben a zsinórt granulálják, a granulátumból legtöbbször egy másik műanyag-feldolgozó üzemben készítenek készterméket.

A következőkben a töltőanyagok adagolásáról és a keverőextruderből kilépő zsinór granulálásáról találhatnak néhány gyakorlati tanácsot.

### Milyen legyen a kompaundáló extruder adagolórendszere?

Az ásványi töltőanyag por alakú vagy szemcsés anyag. Szemcséinek méretétől és méreteloszlásától; a szemcsék formájától, felületi finomságától, keménységétől, sűrűségétől; a részecskék egymás közötti, a részecskék és a berendezés fala közötti, ill. a

környezet közötti kölcsönhatástól függ, hogy az adagolórendszerben milyen könnyen mozog (milyen a folyóképessége). A részecskék között különböző kémiai és fizikai (van der Waals, elektrosztatikus, súrlódási stb.) erők léphetnek fel, aminek eredményeképpen a töltőanyag felhalmozódhat, agglomerálódhat, rátapadhat a berendezés falára, beboltozódhat, ami veszélyezteti az egyenletes eloszlást vagy a folyamatos anyagáramlást.

A környezeti paraméterek (hőmérséklet, légnedvesség) ugyancsak befolyásolják a töltőanyagok állapotát. A higroszkópos töltőanyag szemcséi között folyadékhidak alakulhatnak ki, ezáltal a berendezés falához is könnyebben odatapadnak. Magas hőmérsékleten megváltozhat a szemcsék kristályszerkezete, ettől a szemcsék „összesülhetnek”. Ha a töltőanyagtömeg összenyomódik, megnövekszik a szemcsék érintkezési felülete, ami kedvez az agglomerálódásnak.

A felsorolt jelenségek együttes hatására alakul ki a töltőanyag folyóképessége, amelynek négy alapesetét különböztetik meg: az anyag „belövell” a gépbe, jól folyik, nehezen folyik, összetapad-beboltozódik.

Az adagolórendszer tölcsérből, esetlegesen keverőrendszerből, kihordóegységből, motorból és vezérlőelemekből épül fel. A megfelelő adagolórendszer kiválasztásakor a legfontosabb négy szempont: a töltőanyag szemcsenagysága és -formája, a gázáteresztő képesség, a zárósűrűség és rázószög, továbbá az adagolórendszeren át-folyó anyag sebessége.

*Az adagolórendszer lehet volumetriás (időegység alatt meghatározott térfogatú anyagot visz be a feldolgozógépbe) vagy gravimetriás (időegység alatt meghatározott tömegű anyagot visz be a feldolgozógépbe).* Az előbbi a leggazdaságosabb megoldás; hátránya, hogy nem érzékeli az anyag minőségét, az eltéréseket nem korrigálja, ezért inkább könnyen folyó, egységes anyagokhoz (pl. szemcsézett anyagok adagolására) alkalmazható, és ott, ahol nem túl fontos a pontos adagolás. A gravimetriás adagolás automatikus mérlegeléssel ellenőrizhető és ezt követően korrigálható. A műanyagfeldolgozásban alkalmazott gravimetriás adagolók két fő típusa a szalagmérleges és a differenciális adagolórendszer.

Az átfolyási sebesség meghatározása után ki kell választani az optimális (hengeres, aszimmetrikus vagy szimmetrikus) alakú és méretű tölcsért. Ennek be kell fogadnia a szükséges mennyiségű töltőanyagot és azt egyenletesen és folyamatosan továbbítani kell az extruder felé. Mérete a néhány litertől a több száz literig terjedhet. Mérete kiszámításakor feltöltéskori kapacitása 80%-át veszik figyelembe, és óránként legfeljebb 12 utántöltést tartanak elfogadhatónak. Túl nagy tölcsért nem érdemes választani, mert az növeli a költségeket, sok helyet foglal és a töltőanyag tömörödése miatt növekszik a részecskék összetapadásának veszélye.

*Az adagolórendszerek lehetnek egy- vagy kétcsigásak.* Egycsigás adagolót szabadon folyó szemcsés anyaghoz és porhoz célszerű alkalmazni, a belövellő és a nehezen folyó töltőanyagok adagolásához a kétcsigás rendszerek váltak be.

A töltőanyagok tulajdonságaihoz és az átfolyási sebesség nagyságához igazodóan sokféle csigaformát fejlesztettek ki. A leggyakoribb csigaformák a konkáv, a teliszárnyas (vollblatt), a spirálos és a duplaspirálos forma. Különböző alakú adagoló-

csigák az 1. ábrán láthatók. A csiga fő feladata a töltőanyag előre meghatározott mennyiségének folyamatos továbbítása az következő műveletekhez. Feladata azonban az is, hogy az adagolás leállításakor elzárja a töltőanyag útját és ezzel megakadályozza, hogy fölös anyag kerüljön a polimerbe.



1. ábra Különböző alakú adagolócsigák

A csiga és a csigaház közötti térnek elég nagynek kell lennie ahhoz, hogy ne lépjen fel erős súrlódás, ami felmelegíthetné az áramló anyagot. A csigaszárnyak és a csigaház közötti résnek kb. háromszor nagyobbnek kell lennie a legnagyobb töltőanyag-részecskéknél.

Az adagolórendszer motorhajtásának az adagolás teljesítményéhez kell igazodnia. Ma ehhez egyenáramú, váltóáramú és léptetőmotorok nagy választékban kaphatók. Az egyenáramú motorok jellemző fordulatszámaránya 100:1, a váltóáramúaké 20:1. Az előbbieket szélesebb fordulatszám-tartományban dolgoznak, de szénkefét tartalmaznak, amelyeket gyakran kell cserélni. A váltóáramú motorok drágábbak, teljesítménytartományuknak csak 20-80%-a hasznosítható, de kisebb a karbantartási igényük.

Egy svájci cégnél (K-Tron Schweiz AG, Niederlenz) kétféle kalcium-karbonát beviteléhez alkalmas adagoló kiválasztásához végeztek számításokat. A 24806 jelzésű minta 99%-ban tiszta  $\text{CaCO}_3$ , rázósűrűsége lazán  $0,301 \text{ kg/dm}^3$ , összenyomva  $0,398 \text{ kg/dm}^3$ . A 26365 jelű minta 95%-a  $\text{CaCO}_3$ , rázótömege lazán  $1,378 \text{ kg/dm}^3$ , összenyomva  $1,474 \text{ kg/dm}^3$ . Szemcseméret-eloszlásukat a 2. ábra mutatja. Az átfolyási sebességet mindkét töltőanyagra  $454 \text{ kg/h}$ -ban határozták meg.

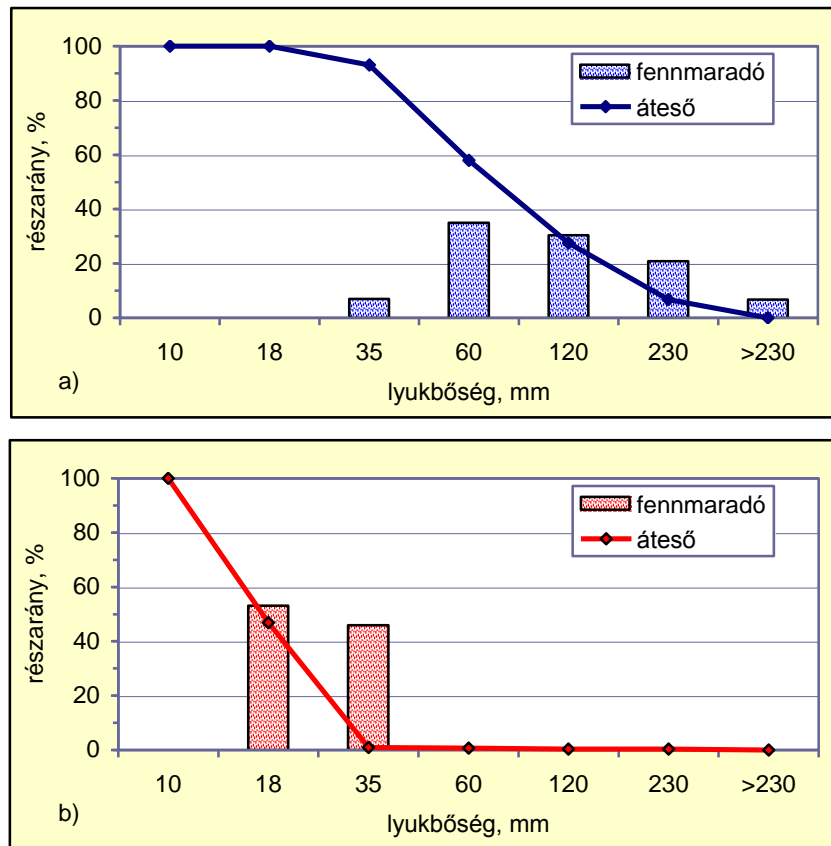
A tölcsernagyág meghatározásához (80%-os feltöltéssel és óránként 12 utántöltéssel számolva) a következő képletet használták:

$$\text{tölcserkapacitás} = \text{átfolyási sebesség} / (\text{rázósűrűség} \times 0,80 \times 12)$$

Ennek alapján a 24806-os mintához szükséges tölcserkapacitás  $157,55 \text{ dm}^3$ , azaz egy 160 literes tölcserre van szükség.

A kalcium-karbonát a tölcserben könnyen összetömörödik és üregeket képez vagy beboltozódik. Ezért ajánlatos folyást segítő eszközt, pl. keverőt alkalmazni. Alternatív megoldásként jótékony hatása lehet a K-Tron (Schweiz) AG *ActiFlow* márka-

néven szabadalmaztatott vibrátorának, amely úgy rázza finoman a tölcserűt, hogy az eszköz nem érintkezik közvetlenül a tölcserűben lévő anyaggal. Ezért elsősorban gyógyszeripari alkalmazásra ajánlja. Ilyen vibrátort tartalmazó tölcserűt mutat a 3. ábra.



2. ábra A 24806 (a) és a 26365 (b) jelű  $\text{CaCO}_3$  szitaelemzéssel mért részecskeeloszlása (az adott lyukbőségű szitán fennmaradó és áteső részecskék részaránya)



3. ábra A K-Tron (Schweiz) AG ActiFlow vibrátorral összeépített adagolótölcsére



4. ábra A K-Tron (Schweiz) AG BSP adagolója a tölcserű alatt

Másik újdonsága a K-Tron-nak az ún. *Bulk Solid Pump* (BSP) típusú adagoló, amely nem tartalmaz csigát vagy vibrátort. Az adagolóban egy függőlegesen forgó tárcsa közvetlenül a tölsérből löki ki a bekeverendő anyagot, amely lehet bármilyen szemcsés termék (4. ábra). Az adagolás a gyártó szerint folyamatos, pontos, megbízható.

A  $\text{CaCO}_3$  az adagolócsigára is rátapadhat. Ezért ennek a töltőanyagnak az adagolására egy irányba forgó kétcsigás adagolót ajánlanak, amelynek öntisztuló képessége van.

Számításaik és meggondolásaik alapján a két különböző  $\text{CaCO}_3$  minta adagolására optimalizált adagolórendszerek jellemzőit az 1. táblázatban foglalták össze. Természetesen más paraméterekkel is lehet kalcium-karbonátot eredményesen műanyagba bevinni. Az adott helyen legcélszerűbb eljárás a helyi adottságoktól, a rendelkezésre álló pénztől, a tervezett bővítéstől is függ.

1. táblázat

A 24806 és 26365 jelű kalcium-karbonát minta adagolásához optimálisnak ítélt adagolóberendezés paraméterei 454 kg/h átfolyási sebesség igénye mellett

Az adagoló jellemzői	24806	26365 jelű $\text{CaCO}_3$
Adagolómodell jele	K2-ML T60	1. K2-ML-S60 2. K2-ML-T35 3. K-ML-BSP135
Tölsér nagysága	160 l	50 l
Tölsér formája	aszimmetrikus	aszimmetrikus
Függőleges keverőmű	igen (kivéve ha <i>AntiFlow</i> rendszert használnak)	nincs
Vízszintes keverőmű	igen	igen
<i>ActiFlow</i>	opcionális	nem
Csigaszám	2	1 vagy 2 vagy BSP
Csigaforma	konkáv	kettős (teliszárnyas vagy spirálos) egy csiga (teliszárnyas)
Hajtás	egyen vagy váltóáramú	Egyen vagy váltóáramú BSP léptetőmotor

## Magas töltőanyag-tartalmú kompaundok granulálása

Németországban az Ensinger GmbH (Nufringen) 1966-ban az első cégek között kezdett foglalkozni a nagy teljesítményű hőálló műszaki műanyagok feldolgozásával. Ma ezek formázása (félkész profilok extrudálása, bonyolult formadarabok fröccsöntése) már (majdnem) rutinmunka. A cégnél kompaundokat is készítenek, a belőlük gyártott granulátumokat részben saját üzemükben használják fel, részben más feldolgozóknak adják el.

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)



Speciális célokra szánt nagy teljesítményű kompaundjaik között van olyan, amelybe fémrészecskékhez kötődő és detektálható anyagot kevernek. Ebből a kompaundból élelmiszeripari feldolgozógépekhez készítenek alkatrészeket. A gépekből kilépő élelmiszereket fémdetektorral ellenőrzik, és ha „fémszennyezést” észlelnek, a szennyezett élelmiszert kiselejtezik.

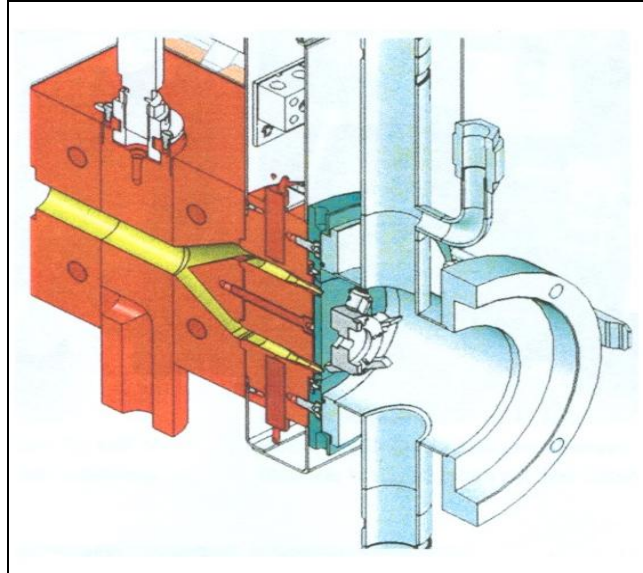
Poliamid (PA), polikarbonát (PC), poli(fenilén-szulfid) (PPS), poli(éter-éterketon) (PEEK) és polipropilén (PP) alappolimerből gyártott hővezető kompaundjaiknak van villamosan szigetelő és villamosan vezető változata. A szigetelő tulajdonságot 60% por alakú kerámia töltőanyag, a vezető tulajdonságot grafit, korom, szén-szál vagy fémrészecskék bevitelével érik el. Az előbbieket az elektronikai iparban hűtőtestek, az utóbbiakat felületek hőcserélőinek gyártására alkalmazzák. Optimált vezetőképeségű kompaundjuktól PEM (polimer-elektrolit-membrán) tüzelőanyag-cellák bipoláris lemezeit fröccsöntik. Ez a kompaund több mint 80 % (m/m) szenet tartalmaz, ami 35–50 % (V/V) töltőanyagot jelent. Alappolimerje alacsony üzemi hőmérsékletre PP, magas üzemi hőmérsékletre PPS. Magas részarányban üreges mikroüveggyöngyöt tartalmazó keverékeikből könnyű formadarabokat gyártanak. A cég választékában magas hőmérsékletnek ellenálló, módosított tribológiai tulajdonságú műanyagok is vannak; ezek a szokásos erősítőanyagok mellett súrlódást csökkentő poli(tetrafluor-etilént) (PTFE), grafitot vagy szilikonolajat is tartalmaznak.

A nagy mennyiségű grafitot vagy kerámiaport tartalmazó műanyagok hővezető képessége jelentősen megnő, de a keverék egyúttal merevvé válik. Amikor a magas töltőanyag-tartalmú zsinór kilép az extruderből, és azt a szokásos módon vízfürdőben lehűtik (jó hővezető képessége miatt gyorsabban hűl le, mint a 10–30% töltőanyagot tartalmazó kompaundok), törékennyé válik, mielőtt eljutna a granulálóhoz. Az ilyen keverékek granulálásának megoldása érdekében az Ensinger cég az ausztriai Econ GmbH-hoz fordult, amelynek van egy szabadalmaztatott víz alatti granuláló eljárása, majd megvásárolta a cég *víz alatti granulálói (Econ Underwater Pelletizer)* közül a 75 kg granulátum/h teljesítményű EUP 50 típusú gépet.

A granuláló „titka”, hogy a forró ömledéket szállító fűvóka és a hűtővízzel közvetlenül érintkező, kerek lyukakkal perforált lemez között tökéletes a hőszigetelés (5. ábra). A kettő közötti hőmérséklet-különbség akár 300 °C is lehet. Enélkül egy vagy több áramló zsinór azonnal megdermedne. A hőszigetelés azonban minimálisra csökkenti a fűvóka felől a hűtőközeg felé áramló hőmennyiséget. Ilyen módon az ömledék hőtartalma egyenletes marad, és még a nagyon jó hővezető képeségű (30 W/mK-ig) zsinórok is biztonságosan granulálhatók maradnak anélkül, hogy az extruderszármot túl kellene fűteni. Ennek a megoldásnak köszönhetően nemcsak a nagy, de a nagyon kis (0,2 W/mK) hővezető képeségű anyagok is feldolgozhatók a berendezéssel. A hőszigetelt ömledékvezetés további előnye, hogy nincs felmelegedés okozta ömledékviszkózitás-csökkenés, amelyet nyomásnöveléssel kellene ellensúlyozni; emiatt a granulátum mérete is egyenletesebb.

Mivel a hűtővízbe az extruderből nem kerül be hőenergia, a víz hűtése kb. 70%-kal kevesebb energiát igényel. A zsinórt rövidebb út után lehet granulálni, emiatt 30–50%-kal kisebb helyen lehet a berendezést felállítani. A hosszú vízfürdő elmaradása

megkönnyíti a gép kezelését. A perforált lemez és a granulátumszárító szitájának cseréje gyorsabban végrehajtható. A magas töltőanyag-tartalmú granulátum koptató hatásának ellensúlyozására az Ensinger cég a granulátumszárító rotorját keményfémbevonattal látta el.



5. ábra A forró extruder és a hideg hűtőrendszer tökéletes elszigetelése egymástól egyenletessé teszi az ömledékszínórok hőtartalmát, ezáltal megfelelő mértékű megdermedésük után lehetővé teszi a granulálást

A hathónapos tesztelési időszak alatt a cég valamennyi magas töltőanyag-tartalmú kompaundját granulálta a berendezésen. A próbaüzem az Ensinger cég teljes megelégedésével fejeződött be.

Összeállította: Pál Károlyné

Gómez, J.A.: Mineralische Füllstoffe dosieren = Kunststoffe, 101. k. 5. sz. 2011. p. 90–94.  
ActiFlow smart bulk solids activator = [http://www.whos-who-in-industry.com/view-editorial.php?directory\\_id=6&editorial\\_id=2614](http://www.whos-who-in-industry.com/view-editorial.php?directory_id=6&editorial_id=2614) letöltés 2014.04.08.

Bulk Solids Pump<sup>TM</sup> for precise feeding of free flowing bulk materials. First in the industry: positive displacement feeding technology = [http://www.ktron.com/products/-feeders/bsp\\_overview.cfm](http://www.ktron.com/products/-feeders/bsp_overview.cfm) letöltve 2014. 04.08.

Bauer, R.: Füllstoffe als Herausforderung = Kunststoffe, 102. k. 11. sz. 2012. p. 60–63.

#### *Egyéb irodalom*

*Schubert M. és társai: Auf schnellem Weg zur Keramik (Gyors eljárás kerámiák előállítására) = Kunststoffe, 102. k. 12. sz. 2012. p. 36–39.*

*A Süddeutsche Kunststoffzentrum munkatársai szilícium-karbid tartalmú kerámiát egy új eljárással, WPC pirolízisével (100 °C, nitrogén atmoszféra) állítottak elő. A WPC receptúrától függően a termékek 50% szilícium-karbidot, 19-39% szabad szilíciumot tartalmaztak.*

[www.quattroplast.hu](http://www.quattroplast.hu)