

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

Folyékony komponensek extruderbe adagolása

A folyékony adalékok alkalmazásának a műanyag-feldolgozásban számos előnye lehet, de jó, ha a feldolgozó tisztában van azzal, hogyan kell őket kezelni. Mindenekelőtt a kompaundálásakor alkalmazott adagoló kiválasztásakor érdemes szakértővel konzultálni. Ma már több cég gyárt ilyen adagolókat, és ezek sokféle változata közül lehet az optimálisat kiválasztani.

Tárgyszavak: kompaundálás; extrudálás; folyékony adalékok; betáplálás; folyadékadagolók.

Kompaundálás folyékony adalékokkal

Kompaundálásakor ugyan a legtöbb adalékot szilárd formában táplálják be az extruderbe, vannak olyan esetek, amikor célszerűbb folyékony adalékokat alkalmazni. A folyadékok könnyebben bekeverhetők és jobb hatásfokkal diszpergálódnak, reaktív folyamatokban pedig gyorsabban játszódnak le velük a kémiai reakciók. Folyékony adalékok alkalmazásakor azonban sokkal több szempontot kell figyelembe venni, és sokkal gondosabban kell kiválasztani a gyártórendszer elemeit is, különösen a folyadék adagolórendszerét.

A Brabender cég stratégiája

A kompaundálás adalékai lehetnek lágyítók, térhálósítók, színezékek, de lehetnek polimerizálható monomerek is. A Brabender Technology egyik vezetője szerint az ilyen monomereken alapuló reaktív folyamatokat gyakran alkalmazzák termoplasztikus poliuretán elasztomerből (TPU) gyártott termékekhez. Alkalmazásukkor különös gondossággal kell figyelni az összetevők adagolására és az optimális hőmérséklet betartására. Ilyen esetben nagyon megbízható terhelést mérő cellákat, a fűtőszalagok és a folyékony adalék hőmérsékletét folyamatosan mérő eszközöket kell használni a rendszerben.

A Brabender cég képviselője szerint a folyékony adalékoknak bizonyos eljárásokban és bizonyos receptek szerinti gyártásban komoly előnyei lehetnek. Könnyebben keverednek a többi komponenssel az extruderben, gyorsabban játszódnak le velük a reaktív folyamatok, adagolásukat nyomással lehet segíteni, felmelegítve is adagolhatók az extruder hengerének különböző pontjain.

A folyékony adalékok viszkozitása széles tartományban változhat. 20 °C-on a víz viszkozitása 1 millipascal.secundum (mPa.s), a grape fruit gyümölcsléé 2–5, az olívaolajé 100, a mézé 10°000, a kátrányé 100°000 mPa.s. Ezek az értékek a hőmérséklettől és a nyomástól függően erősen változhatnak. Emiatt a Brabender cég nem is kínál szabványos adagolószoroza-

tokat, ehelyett megrendelői számára egy alaprendszerre építi fel az adagolót annak igényei szerint.

A Brabender cégnél gyártott valamennyi folyadékadagoló rendszer egyedi darab, amelyet valamilyen speciális anyag extruderbe táplálására készítettek el. A legfontosabb lépés a megfelelő szivattyú kiválasztása. Ehhez ismerni kell az adagolandó folyadék sűrűségét, különböző hőmérsékleteken mért viszkozitását, az elvárt dóziskapacitást, a beállítási tartományt, a gyártási folyamat hőmérsékletét, az ellennyomást és a kívánt pontosságot. A viszkozitástól és az ellennyomástól függően leggyakrabban dugattyús membránszivattyút választanak.

A következő lépés a mérőrendszer kiválasztása, amely lehet súlycsökkenésű adagoló (loss-in-weight-feeder) vagy Coriolis áramlásmérő. Ha a folyékony adalékot melegen táplálják be a feldolgozó gépbe, a melegítéshez két lehetőség kínálkozik: meleg víz vagy olaj – ehhez külön hőmérséklet-ellenőrző rendszert kell beépíteni –, ill. villamos fűtés, amelyhez jól szigetelt fűtőszalagokat alkalmaznak.

A Brabender cég azt ajánlja, hogy a folyékony adalékot levegőfúvókával juttassák be a mérést végző, rugalmas ki- és bemenő kapcsolattal rendelkező etetőtölcsér mérlegtányéjába.

Be kell iktatni egy megfelelő tömlőt az adagolóegység és az extruder közé is. Ennél figyelembe kell venni a benne fellépő nyomáscsökkenést, amely függ a tömlő hosszától.

Az adagoló alapegység része egy töltőszelep, (amelyet úgy terveztek, hogy meggátolja a csöpögést), és egy-egy rugalmas befogadó edényt és gravimetriás erőmérő cellát tartalmazó kompenzátor van elhelyezve a bemérő egység előtt és mögött. A szivattyút az alsó kompenzátorhoz kell csatlakozni.

A *Coriolis* rendszer egy speciális adagolóeszköz, amellyel egy nagyon pontos áramlásmérőt közvetlenül építenek be a folyékony adalékot szállító csőbe. Ezt főképpen olyankor alkalmazzák, amikor óránként több mint 1000 liter folyadékot használnak fel, és ahol megéri a Coriolis technológia a jóval drágább eszközeit megvásárolni.

A Brabender cég nagyon fontosnak tartja a megfelelő szivattyútípus kiválasztását. Dugattyús membránszivattyút általában kis viszkozitású anyagok adagolására használnak. Ezekben a dugattyú vákuumot hoz létre, amely megemeli a membránt, és lehetővé teszi, hogy a folyadék egy fúvókán keresztül bejusson az adagoló belsejébe. Ellenirányú mozgásakor a membrán bezáródik, a folyadékot pedig a kivezető fúvókába löki. Az ilyen szivattyú előnye, hogy az adalék nem érintkezik sehol az adagoló hajtórendszerével, emiatt sem olajjal vagy más anyaggal nem szennyeződhet. Ez nagyon fontos a higiénikus anyagok kezelésekor.

Az ilyen szivattyúk hátrányos tulajdonsága viszont, hogy a befolyás és a kifolyás közötti átkapcsolás a folyadék áramlását pulzálóvá teszi. Emiatt a pulzálásra érzékeny anyagok kezelésekor a pulzálást csökkenteni kell. Ehhez beépítenek egy gáztartályt, amely membránnal van elválasztva a folyadéktól. Szivattyúzaskor minden egyes adag betáplálásakor a folyadék egy részét a pulzálást csökkentő tartályba irányítják, majd a betáplálás alatt ugyancsak az adagolóba vezetik. Ez által kiegyenlítik a pulzálást.

Ha a gyártási folyamatban teljesen ki kell zárni a pulzálást, több szivattyúfejet vagy belső kapcsolós szivattyút alkalmazhatnak. Választhatnak fogaskerekes szivattyút is, de ezzel legtöbbször nagy viszkozitású folyadékokat továbbítanak. Az ilyen szivattyúk megbízhatóak nagy nyomás alatt és magasabb hőmérsékleten is, és pontosan adagolnak kis áramlási sebesség mellett, de nagy áramlási sebességgel is jól dolgoznak. A Brabender cég szorosan

együttműködik a szivattyúgyártókkal, és minden egyes alkalmazáskor az optimális típust igyekszik beépíteni adagolórendszerébe. Esetenként progresszív üreges szivattyút, dugattyús szabályozó szivattyút, perisztaltikus szivattyút is alkalmaznak.

Az folyadékot adagoló rendszerek másik alapvető része a fűtőmechanizmus. A folyadékok adagolásakor döntő fontosságú a hőmérséklet, mert ettől függ a folyadékok fizikai állapota és főképpen a viszkozitása. Számos olaj pl. magas hőmérsékleten erősen folyékony lesz, egyes vegyületek bomlásnak indulhatnak, és vannak olyanok is, amelyek túlhevítéskor robbanásveszélyessé válnak.

Víz vagy termikus olaj alkalmazása ott ajánlható, ahol más folyamatokban felszabaduló hőt lehet hasznosítani. Ez különösen jó megoldás a robbanásveszélyes anyagokat kezelő üzemekben. A villamos fűtés is alkalmas lehet, feltéve, hogy minden egyes komponenst egyedi ellenőrzéssel látnak el.

Bármelyik megoldást választják, annak illeszkednie kell a speciális alkalmazás sajátosságaihoz. A lehűléskor gyorsan kristályosodó folyadékokat mindvégig, de különösen az ún. holt zónákban melegen kell tartani. Ha erről nem gondoskodnak, a folyadék „befagyhat” a csőrendszerbe és eltömi azt. A folyékony maleinanhidriddel pl. ez könnyen megtörténik, és ha megszilárdul, melegítéssel nem lehet újra megömleszteni.

A leírtak könnyen érthetővé teszik, hogy a Brabender cég miért véli azt, hogy *a kompaundáláshoz használt folyadékadagolókat szinte lehetetlen „szabványosítani”*. A folyadékadagolók kb. 90%-a egyedi termék. Az etetőtölcsérnek, a csőrendszernek, a fűtésnek, az adag kimérésének vagy az áramlási sebességet mérő eszköznek, továbbá a szivattyúnak együtt és külön-külön az adagolandó folyadék tulajdonságaihoz kell illeszkednie. Ugyanez vonatkozik a szelepekre és a kompenzátorokra. Vannak csak inert nitrogénatmoszférában feldolgozható anyagok, és robbanásveszélyes (ATEX) zónák, amelyeket az ilyen környezetben alkalmazott adagolók tervezésekor ugyancsak figyelembe kell venni.

A talajvíz tisztaságának megőrzése ugyancsak fontos kötelesség, ezért gyűjtőtálcákról is kell gondoskodni, amelyek az adagolóból származó anyagokat felfogják. Ha tisztításukhoz a gyártási folyamatot nem lehet leállítani, célszerű két adagolót beszerezni, amelyeket tisztításakor felváltva használnak.

A Brabender cég a folyékony adalékok extruderbe tápláló eszközeinek tervezése előtt mindenkor részletesen tájékozódik arról, hogy milyen anyagot vagy receptúra szerint elegyet szándékoznak azokban kezelni, és folyamatosan kommunikál a megrendelővel és a szállítóval, hogy adagolójával az alkalmazott technológiához optimális eszközt tudja elkészíteni. Ennek alapján választja ki az adagoló anyagait is. A rozsdamentes acél és a poli(tetrafluor-etilén) (PTFE vagy Teflon) jól felhasználható, tartós anyag, de tömítésekhez és más elemekhez további anyagokra is szükség van, és ezeknek is ellen kell állniuk a továbbítandó folyékony adaléknak. Speciális anyagok kellenek pl. a mobil laboratóriumi adagolókhöz, az érzékeny erőmérő cellákat tartalmazókhöz vagy a környezeti rezgések hatástalanításához.

A korszerű adagolórendszerek ára az egyre összetettebb és bonyolult műszaki igények miatt növekszik. A Brabender ezért kifejlesztett egy viszonylag olcsó változatot, az FDDW-M-P jelű adagolót. Itt a folyadék súlyát mérő etetőtölcsért közvetlenül az erőmérő cellák fölé helyezik el, és a szivattyú egy állványra szerelve a tölcsérbe juttatja a folyadékot (*1. ábra*). Ezen az eszközön nincsenek tömlők, könyökök, a folyadék alul kifolyik a tölcsérből. Ez a megoldás jelentősen csökkenti az adagoló árát, különösen, ha a folyadékot melegíteni kell.



1. ábra Brabender cég *FDDW-M-P* elnevezésű folyadékadagolója

A Coperion-Tron cég folyadékadagolói

A szilárd halmazállapotú adalékokat sokkal egyszerűbb adagolni, és nagyon sok adalékot lehet szilárd állapotban megvásárolni. Némelyek azonban csak folyékony halmazállapotban léteznek, pl. az olajok vagy a szilikonok. Ezekhez kínál integrálható szivattyúkat a Coperion-Tron, amelyekkel ilyen anyagokat, vagy egyszerű volumetrikus szivattyúval nem kezelhető folyadékokat lehet adagolni.

A Coperion cég egyik képviselője rámutatott néhány olyan hibára, amely a folyadékok betáplálásakor gyakran – és néha váratlanul – előfordul. A folyadékokat ugyanis a szilárd adalékoktól eltérően nem lehet összenyomni, de gravimetriásan és volumetriásan is lehet őket adagolni. De ha áramlási sebességük és a rájuk ható nyomás növekszik, folyóképességüket nehéz előre kiszámítani, mert a szivattyúban visszafelé csúszhatnak, a folyadékáramban űr képződik, és a

szivattyúfejből nem az előírt folyadékmennyiség áramlik ki. Az adagolóba ezért egy második mérőeszközt is be kell iktatni. Mivel az áramlásmérők nem elég megbízhatóak, a második méréskor célszerű a tömeget ellenőrizni.

A nagy viszkozitású folyadékok nehezen folynak, ilyenekhez a Coperion gyakran fogaskerék-szivattyút alkalmaz, mert ez lineáris folyást eredményez. Bizonyos anyagokhoz azonban ez a cég is dugattyús membránszivattyút választ. Erősen viszkózus anyagok kezelésakor megoldás lehet a folyadék melegítése. A fűtőrendszert be lehet építeni az etetőtölcsérbe is, ahol a folyadék viszkozitása csökken, és könnyen beadagolható az extruderbe.

Folyadékok betáplálásakor minden újabb alkalmazáskor speciális igények merülhetnek fel. A Coperion-Tron súlycsökkentésű új moduláris adagolói (Loss-in-Weight Liquid Feeders) (2. ábra, bal oldali kép) könnyen kombinálhatók különböző szivattyúkkal és tartályokkal, hogy a speciális alkalmazáshoz összeállítsák az ideális eszközt. A vásárlókat szinte minden folyadékadagoló tervezésébe bevonja, hogy ki tudja elégíteni a betáplálás kívánt sebességére, a gyártási folyamatba illeszthetőségre és a folyadék tulajdonságaihoz alkalmazkodásra vonatkozó igényeket. Az új moduláris felépítési elv korszerűsíti és egyszerűbbé teszi az alkalmazást, csökkenti az átállási időt, továbbá a kezdeti beruházás költségeit is. A moduláris felépítés miatt az egyes elemek csereszabatosak, ezért kevesebb etetőtölcsérre és más elemre van szükség, csökken a karbantartásra fordított idő, sőt a raktározáshoz is kisebb helyre van szükség.

A cég moduláris adagolói megbízható gravimetriás adagolással működnek, és folyamatos vagy szakaszos adagolásra is képesek. A szivattyú a betáplálendő adagot a beadagolás területén kívül méri le.



2. ábra A Coperion-Tank moduláris felépítésű súlycsökkentésű (loss-in-weight) folyadék-adagolója (bal oldali kép) és annak fűtött és hőszigetelt változata (jobb oldali kép)

A moduláris felépítésnek köszönhetően a felhasználó folyadékadagolóját maga is könnyen módosíthatja úgy, hogy az megfeleljen az alkalmazott gyártási folyamat paramétereinek. A moduláris adagoló alapja lényegében egy tartókeret, amelyre ráépíthetők a gyártási folyamathoz legjobban illő elemek, elsősorban az optimális szivattyú. A *Smart Force Transducer (SFT)* nevű technológiában egy vibráló huzalos eljárást alkalmaznak, és egy speciális mikroprocesszorba telepített algoritmus szavatolja az adag bemérésének pontosságát. A tárolótartályt a mérlegtányérra építették.

A standard tartályok térfogata 7,5–7000 liter között lehet, de a felhasználók ennél nagyobb tartályokat is alkalmaznak. A tartályt és a szivattyút rugalmas tömlő köti össze. Az alkalmazás igényeinek megfelelően hőszigeteléssel és fűtéssel is kiegészíthetik az adagolót (2. ábra jobb oldali képe.). Az adagoló robbanásbiztossá (APEX) is tehető.

A Coperion céget már számos kompaundáló cég vonta be olyan gyártófolyamatának fejlesztésébe, amelyben folyékony adalékot alkalmaznak. A folyékony komponenst – pl. az antisztatizáló adalékot – számos kompaundáló eljárásban kellő nyomással a már megömlött polimerbe táplálják be, hogy elkerüljék annak degradálódását. A cég egy britanniai ügyfelének azonban olyan speciális eljárást fejlesztett ki, amellyel térhálósítót és katalizátort atmoszferikus nyomással tudnak bevinni egy habosított síklemez gyártása közben.

A cég tovább folytatja bemérő és ellenőrző technológiájának fejlesztését, és még intenzívebbé teszi a szivattyúgyártókkal eddig is szoros kapcsolatát, hogy a lehető legkönnyebbé és legjobban megbízhatóvá tegye a kompaundálóknak a folyékony adalékok alkalmazását.

A Riverdal Global folyékony színezékeinek adagolása

A folyékony festékeket és más adalékokat gyártó Riverdal Global termékeinek alkalmazását megkönnyíti azok rugalmas adagolása. Ezek a festékek a polimert feldolgozó technológia bármelyik szakaszában betáplálhatók az extruderbe. Bevihetők keverőbe is, amelyben a granulátummal előkeveréket készítenek. Egy 0,5 inch (1,27 mm) átmérőjű csigás adapterrel bevezethetik közvetlenül az etetőtölcsérbe, de később az extruder hengerén keresztül is bárhol bejuttathatják az ömledékbe.



3. ábra A Riverdal cég újra tölthető *Pump In Drum* folyadékadagolója

A folyékony festékek és más adalékok előnye, hogy amint találkoznak a polimerrel, azonnal elkezdnek diszpergálódni, a szilárd adalékoknak ezzel szemben hőre és nyíró hatásra van szükségük, hogy tökéletesen elkeveredjenek az ömledékben. Ezért általában a szilárd festékekből a kelletténél gyakran többet visznek be, hogy elérjék a kívánt színerősséget.

A cég gravimetriás mérőrendszerével (*RGS Gravimetric System*), és a festéktartályba beépített szivattyús technológiával (*PIAD, Pump In A Drum*) a festék adagolása nagyon egyszerű (3. ábra). Az RGS adagoló üzemeltetéséhez csak elektromos áramra és levegőellátásra van szükség. Az adagolót nem kell kalibrálni, a gépkezelő csupán betáplálja az adagoló kezelőegységébe az extruderen áthaladó polimer sebességét (kg lbs/h-ban vagy kg/h-ban), továbbá a festék sűrűségét (ez rá van írva a festéket tartalmazó tartály címkéjére). Az RGS automatikusan beállítja a festéket szállító extrudercsiga előírt adagolásához illeszkedő forgási sebességet akár folyamatos, akár szakaszos technológiával dolgoznak.

A Riverdal szerint technológiájuk optimális eljárás a kompaundok előszínezésére és a nagy mennyiségben bekeverendő adalékok bevitelére a henger etetőtölcsértől távolabbi szakaszában.

Melegen ajánlják ezt a technológiát a hulladékból visszanyert polimerek regranulálásakor bekeverendő és a regranulátum minőségét javító adalékok bevitelére is. Saját tapasztalataik szerint az így kezelt regranulátumok elérik a friss polimer fizikai tulajdonságainak 99%-át. Az adalékok a regranulátumok folyóképességét is növelik, és ezek ettől akár fröccsöntéssel is feldolgozhatóvá válnak.

A cég számos kompaundálónak szállít folyékony festékeket, és azok azt állítják, hogy ezekkel gyorsabb a színcsere, a színezék kevésbé tapad rá a csigára, és könnyebb, tisztább és biztonságosabb számukra az alapanyagok feldolgozása, mint a szilárd adalékokkal volt.

A *Plastics Technology* szakfolyóirat 2020 októberében rendezett Tech Days webkonferenciáján a Riverside Global cég elnöke azzal kezdte előadását, hogy bármilyen színű is legyen egy műanyag termék, mindenképpen „zöldebb” lesz, ha folyékony festékekkel színezték. Emellett a termék színezésének költségei 50%-kal csökkennek, mert az ilyen színezékek egyenletesebben oszlanak el az ömledékben, növelik annak előrehaladási sebességét,

azaz a termelékenységet, és csökkentik a ciklusidőt. A folyékony színezékeket alkalmazó feldolgozókat a közvélemény ma a „zöld” feldolgozók közé sorolja. Ennek több oka van:

Kevesebb pigmentet használnak. A folyékony színezékekben ugyanis kevesebb (akár 30%-kal) a pigment, mint a granulált mesterkeverékekben. Ennek oka, hogy a folyékony hordozóban a színezőanyag könnyebben és gyorsabban diszpergálható, és a hordozó folyadéknak feldolgozást segítő hatása is van. Emellett a folyékony színezék már a betáplálás folyamata alatt bevonatot képez a polimergranulátum felületén, emiatt diszpergálása – ellentétben a granulált mesterkeverékével – még a polimer megömlése előtt megkezdődik. A Riverdale cég testvérvállalata, a Miguira Products a folyékony festéket olyan adagolóval ellátott tartályokban szállítja, amelyekből nem térfogatosan, hanem gravimetriásan adagolják a színezéket, amivel 10%-ot tudnak megtakarítani. Ennyi pigmenttel kevesebb kerül bele a visszaforgatott (vagy vissza nem forgatott) hulladékba, és újrafeldolgozáskor nem kell a terméket túlszínezni, hogy elfedje a korábbi pigmentek színét.

Kevesebb energiára van szükség. Mivel a folyékony hordozó folyadék megkönnyíti az ömledék előrehaladását, csökken a csigára ható forgatónyomaték, esetleg alacsonyabb hőmérsékleten lehet a feldolgozást végezni. Nem elhanyagolható előny az is, hogy az azonos színhatást adó folyékony festék mennyisége 75%-kal kisebb az ugyanilyen hatást szavatoló mesterkeverékénél, ami a szállításkor ugyancsak energiamegtakarítást eredményez. A folyékony színezékek emellett a raktárakban 80%-kal kisebb helyet igényelnek, mint a mesterkeverékek.

Csökken a lerakókba kerülő hulladék. A Riverdale Global „Visszaszállítani és Újratölteni” programja keretében a feldolgozókat arra biztatja, hogy a kiürült festéktartályokat juttassák vissza a festékgyárhoz, ahol azokat újratöltik. A visszavételkor csupán a szállítás díját kell kifizetni. Az se baj, ha a tartályban festékmaradék van, a friss festéket erre töltik rá, így abból semmi nem megy veszendőbe.

Kevesebb a gyártási hulladék. Ha folyékony színezéket használnak, fele annyi idő alatt lehet színt váltani, mint ha mesterkeverékkel dolgoznak, ami azt jelenti, hogy fele annyi anyagot kell áthajtani az extruderen, hogy azon már az új színű anyag lépjen ki. A feldolgozók gyakran nem is nagyon tisztítják a gépet, hanem addig járatják azt, amíg meg nem jelenik a kívánt színű ömledék. Ezért a gyorsabb tisztulás főképpen a fúvóformázást végzőknek előnyös, akik nagyméretű akkumulátorfejjel dolgoznak, és amelyeknek a hagyományos színes mesterkeverékekkel különösen hosszú ideig tart a színváltás. Az előadó arra is rámutatott, hogy a cég az újratölthető festéktartályokkal, a „pump in drum” rendszerrel is a hulladékot csökkenti. Óva inti vásárlóit attól, hogy megpróbálják felnyitni a teljesen zárt tartályt, mert ki akarják tisztítani. A kifolyó koncentrált festék ugyanis súlyosan elszennyezné a környezetet, és növelné a hulladék mennyiségét.

A folyékony festék növeli a megújuló forrásból származó anyagok felhasználását. A cég folyékony színezékeinek hordozóközege ugyanis megújuló növényi alapanyagból készül, és semmilyen kőszénalapú vegyületet nem tartalmaz.

A Movacolor moduláris adagolói

A Movacolor B.V. (Sneek, Hollandia) moduláris folyadékadagolóinak márkaneve *MC Liquid*. Ezek univerzális motort, volumetrikus vagy gravimetriás adagolót és többféle szabad kifolyású eszközt tartalmaznak.

Adagolóikba perisztaltikus szivattyút építenek be, ha fontos a gyors és könnyű színváltás. Az ilyen szivattyúk kihordó teljesítménye erősen függ a folyadék viszkozitásától és a folyadékot szállító tömlő minőségétől.

A fogaskerék-szivattyúk ezekre kevésbé érzékenyek. Az ilyen szivattyúkkal működő adagolóknak lehetnek volumetriás és gravimetriás adagolórendszerek is. Ezek hosszú életűek, 10 bar nyomásig használhatók, teljesítményüket a viszkozitás nem befolyásolja, és nagyon jól beváltak kis adagolási sebesség alkalmazásakor. Mono szivattyúkat (mono pump or mono progressing cavity pump) nagy adagolási sebesség igényekor építenek az adagolóba.

Az *MCLiquid* rendszer megbízható és nyomon követhető. Gravimetriás technológia alkalmazásakor nincs szükség kalibrálásra, itt 100%-os biztonsággal ellenőrzik az adag mennyiségét a nap 24 órája alatt. A gravimetriás *MCLiquid* adagolót a Movacolor cég szilárd anyagok gravimetriás adagolójába és *MCContinuous Blender* nevű keverőrendszerébe is integrálhatja.

Összeállította: Pál Károlyné

Holmes, M.: How to handle liquids? = Compounding World, 2020. július, p. 59, 60, 62, 63, 64, 65.
www.compoundingworld.com

Naitove, M.: Have you considered the sustainability benefits of liquid color? = Plastics Technology, 2020. nov. <https://www.ptonline.com/blog/post/have-you-considered-the-sustainability-benefits-of-liquid-color>