

MŰANYAGOK FELDOLGOZÁSA, ADDITÍV TECHNOLÓGIÁK

Fröccsöntés: forrócsatornás újdonságok

Egy adott terméknél a megfelelő technológia kiválasztásához fontos mérlegelnünk a hideg- és a forrócsatornás fröccsöntő szerszámok előnyeit és hátrányait. Az új forrócsatorna-rendszerek fejlesztései a feldolgozható anyagok körének kiszélesítését, a minőség javítását és a gazdaságosság növelését célozzák.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; fröccsöntő szerszámok; forrócsatornás rendszerek; biopolimerek.

A hideg- és a forrócsatornás fröccsszerszámok összehasonlítása

Azt követően, hogy az első fröccsöntött termékek megjelentek a 19. század végén, a fröccsöntött műanyagipari termékek forradalmasították a műanyagipart. Noha a fröccsöntés, és ezen belül a fröccsöntő szerszámok terén napi szinten találkozhatunk újabb és újabb fejlesztésekkel, a fröccsöntő szerszámokat jelenleg mégis két fő kategóriába sorolhatjuk: *hidegcsatornás és forrócsatornás szerszámok*. Ezek mindegyike rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal, a helyes választáshoz ezért alaposan mérlegelnünk kell, hogy az adott projekthez melyik megoldást válasszuk.

A hidegcsatornás szerszámok általában két, vagy három szerszámlapot tartalmaznak, amelyeket a szerszámalap köt össze. A fröccsöntő gépből kilépő forró műanyagömladék a fűvókából belép a szerszám részét képező beömlőcsonkba (anguszba), amelyből az anyag oldalirányban szétoszlik az elosztócsatornában, amelyek az egyes szerszámüregekhez (vagy nagy termékeknél a különböző beömlési pontokhoz) szállítják az anyagot. Ezek az elosztócsatornák nem fűtöttek, ezért az ömladék áramlásának befejeztével (a beömlő csonkkal és a gáttal együtt) lehűlnek a szerszám hőmérsékletére és megdermednek.

A fröccsciklus végén a terméket „kidobják” a szerszámüregből, a két szerszámlapos szerszámoknál a beömlőcsonk és az elosztócsatornák a termékhez vannak csatlakozva a beömlési pontokon (a gátaknál), ezért ezeket kézzel, vagy robotokkal le kell választani. A három szerszámlapos szerszámoknál ez automatikusan történik a beömlőcsonk és az elosztócsatornák egy külön szerszámlapon maradnak, amikor a szerszám a ciklus végén szétnyílik.

Az anyagveszteség csökkentése érdekében a beömlő csonkot és az elosztócsatornákat mindkét esetben le lehet darálni és a darátumot vagy visszavezetik az adott termék gyártásába az eredeti anyaggal összekeverve, vagy külön, más célra hasznosítják.

A forrócsatornás szerszámoknál a beömlő csonkot és az elosztó csatornákat fűtik, hogy a ciklus során a bennük lévő anyag ne dermedjen meg. A forrócsatornákból az anyag külön (fűtött) fűvókákon át áramlik be a hűtött szerszámüreg(ek)be.

A forrócsatornás rendszerek két fő típusát különböztetjük meg: vannak a külső és a belső fűtésű rendszerek. A külső fűtésű megoldást a hőmérséklet ingadozásaira érzékeny műanyagoknál használják, a belső fűtésű rendszerek jobb ömledékáramlási kontrollt biztosítanak. Olyan megoldás is van, amikor a forró csatornákat nem fűtik, csupán nagyon jó hőszigeteléssel látják el, hogy a ciklus során olvadt állapotban maradjon bennük a polimer. Ezt a megoldást általában a kis hővezető képességű, részben kristályos anyagoknál használják.

A hidegcsatornás szerszámok előnyei:

- olcsóbb, mint a forrócsatornás megoldás,
- kisebb karbantartási igény,
- nagyon sokféle anyaghoz használható,
- flexibilisebb, mint a forrócsatornás változat,
- könnyebb az utólagos változtatásokat elvégezni.

Hátrányok:

- az elosztó csatornarendszert kézzel/robottal le kell választani,
- az elosztó csatornákat és a beömlő csonkot reciklálni kell,
- hosszabb ciklusidők a forrócsatornához képest.

A forrócsatornás szerszámok előnyei:

- rövidebb ciklusok,
- a beömlőcsonk és az elosztó csatornák utólagos feldolgozása elmarad,
- csökkenti az anyagvesztést,
- nincs szükség az elosztó csatornák kézi/robot általi eltávolítására,
- növeli a gyártás automatizálhatóságának hatékonyságát,
- nagy termékeknél előnyös.

Hátrányok:

- drágább,
- belső, vagy külső hőforrás szükséges,
- nagyobb karbantartási igény.

Forrócsatornás fejlesztések

A forrócsatornás rendszerek egyre fontosabb technológiává váltak. Az ilyen rendszereket gyártó cégek olyan termékeket fejlesztettek ki, amelyek bővítik a feldolgozható anyagok körét (pl. biopolimerek) vagy növelik a szerszámalkalítás flexibilitását, vagy éppen a gyártás gazdaságosságát javítják. De vannak olyan fejlesztések is, amelyek például a rendszer tisztíthatóságát javítva csökkentik a karbantartási költségeket. Természetesen a Covid 19 okozta válság hatása it is érződik, de egyes fejlesztések éppen a vírus elleni védekezést segítik.

A Mold-Masters cégnél úgy látják, hogy a fejlesztéseik a folyamat jobb kontrollját célozzák, javítják a termékek minőségét és a gyártás egészének gazdaságosságát. A pandémia következtében bővültek a gyógyászati és a csomagolótechnikai alkalmazások, míg az általános, fenntarthatósági szemlélet terjedésével előtérbe kerültek a bioműanyagok, noha ezeket hő- és nyírás-érzékenységük miatt nem könnyű feldolgozni, és a legtöbb műanyagfeldolgozónak nincsenek is ezekkel tapasztalatai. Ezért az ilyen irányú forrócsatorna rendszerek fejlesztései a jövőnek szólnak, amikor a piac megéri ezek alkalmazására.



1. ábra A Mold-Masters cég Accu-Valve GX terméke

A jelenleg piacra dobott új termékek közé tartozik az *Accu-Valve GX* prémium hengeres gátlezáró szelep (1. ábra). A zárótüskét körkörösén megvezetik, hogy egész pontosan tudják pozicionálni a gát közvetlen környezetében. Alkalmazásával minimális lesz a gát és a zárótüske kopása, a nagy méretpontossággal elkészített termék hosszú, akár több millió cikluson át kitartó élettartamot ígér. Az *Accu-Valve* három verzióban kapható: az *MX* típus javított kitöltési egyensúlyt biztosít, a *CX* a gyakori színváltásoknál előnyös, míg *GX* a karbantartást egyszerűsíti.

A vállalat *MasterShield* technológiája a szivargások meggátlására szolgál, amelyet most standard-

biztosítva. Használata különösen a hideg indításoknál és az esetleges túlhevítéseknél bizonyul különösen hasznosnak. A *MasterShield* emellett nagyobb mozgásteret, lazább toleranciátartást ad a szerszám lapok gyártóinak is.

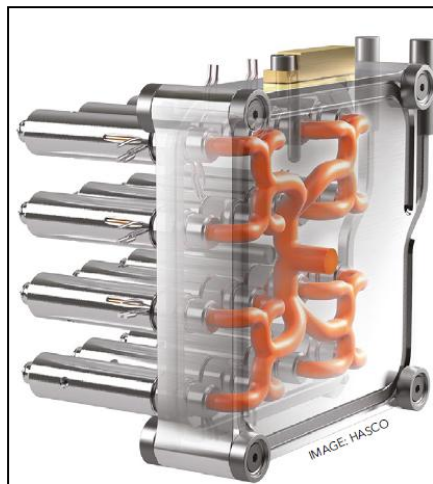
ként kiterjesztettek valamennyi forrócsatornás alkalmazásra, ahol egy rugós kialakítás előterheli a fűvókát az elosztórendszerhez, ezáltal jobb tömítést

A *TempMaster M3* kontroll platform magába foglalja a *TC-Connect Technology-t* és az *APS-AI-t*, hogy leegyszerűsítse a fröccsöntő gyártócellát, csökkentve a költségeket és növelve az eljárás képességeit. Alkalmazásával nincs szükség a hagyományos T/C kontroll kábelekre, ami jelentős megtakarítás pénzben, súlyban és rendetlenségben a cellán belül. Egy új eBox kialakítást használ, amely a szerszámhoz kapcsolódik. Egyetlen könnyű adatkábelt használ, amely összeköti az eBox-ot és az M3 kontroll egységet. A forrócsatornás rendszer kapcsolási áramkörei változatlanok maradnak. A rendszer kompatibilis a régebbi forrócsatornás verziókkal is. A *TempMaster* egy nagy kapacitású 4z-15A moduláris kontroll-kártyát használ, amely 50%-kal csökkenti a felhasznált kártyák számát. Alapterületét tekintve 47%-kal kisebb elődjénél és 64%-kal kompaktabb.

A HRSflow vállalat új, fejlett megoldásokat alkalmaz forrócsatorna rendszereinél, amelyeket úgy alakítottak ki, hogy javítsa a termék minőségét a kaszkád fröccsöntésnél. Ez magába foglalja a nemrég piacra dobott *HyFlow* technológiát, amit a hidraulikusan mozgatott oszlopokhoz alkalmaznak, amelyek nyitási és zárási sebessége, és az összes kidobó tüske pozicionálása precízen állítható a hidraulikaolaj áramlási sebességével. A rendszert vezérlő egység felhasználóbarát, amely külön képes szabályozni a kidobó tüskék mozgását. Be lehet állítani az egyes fűvókák nyitási- és zárási sebességét is. Ez lehetővé teszi az ömledék áramlásának olyan ellenőrzését, hogy a kaszkád fröccsöntés homogén szerszámkitöltést eredményez, hirtelen nyomásesések és az ezekkel kapcsolatos felületi hibák nélkül.

A *Hyper-GF* forró csatornás rendszerek ma már olyan változatban is beszerezhetők, ami alkalmas az erősen koptató hatású hőre lágyuló műanyagömledékek feldolgozására is. Használhatók hozzá a Ga és Aa fűvókák is. A rendszert a koptató hatások (pl. üvegszál-erősítésű műanyagok feldolgozása) ellen speciális acélok alkalmazása és optimalizált folyási csatorna kialakítás védi.

A HRSflow részt vesz egy pilot projektben is a műanyag fóliákat gyártó Kurz céggel együtt, amelynek célja a *FlexFlow Evo* forrócsatornás rendszer olyan, elektromos szervomotorokkal működő szelepes gát mozgatása, amelynél a műanyagömléket a szerszámba helyezett, megvilágítást kapó dekoratív fóliák hátoldalára fröccsöntik. Siker esetén új dekoratív és funkcionális termékkonstrukciók válnak lehetővé, például a gépkocsik belső terében. A fóliát el lehet látni kapacitásérzékelő tulajdonságokkal, ami lehetővé teszi az érintéssel történő működtetést. A szelepek szervomotoros működtetése javítja a fröccstermékek minőségét is.



2. ábra A Hasco cég *Streamrunner* ömlédekelosztó rendszere

Az elosztó minden részén egyenletes folyás gyorsabb színváltásokat tesz lehetővé, és nagyon kompakt kialakítást eredményez, akár 18 mm-es távtartású csatlakozásokkal a sokfészkés szerszámoknál. A szivárgásmentes elosztó magassága 26 mm, amely lényegesen kisebb, mint versenytársaié.

A komplex geometriájú fröccstermékeknel az alámetszések és rekeszek nem teszik lehetővé az egyszerű és egyúttal roncsolásmentes kidobást, ezért a szerszámba önállóan mozgatható kihúzható „magokat” kell beépíteni. Az ilyen megoldásokat támogatja a cég *Z18185* márkanévű egysége, ami új szerszám kialakítási megoldásokat is lehetővé tesz. A mozgatás módja lehetővé teszi, hogy a kihúzható, alakos betéteket úgy építsük be, hogy nincs szükség komplex és nagy térigényű furatokra a ferde oszlopokhoz, és emellett nagy erőnyelést is biztosít. Az ilyen mozgatható betétek használt anyagok az *1.2343* és a *1.2360* jelzésűek, amelyek eltérő keménységűek és amelyeket egyedi kontúrral lehet ellátni. A betétek DLC bevonata jó siklási tulajdonságokat kölcsönöz, alacsony karbantartási igényekkel párosulva.

Az amerikai Barnes Csoport egyik stratégiai üzlet egysége, a Molding Solution kibővítette fűvóka portfólióját. *Thermoplay* elnevezésű termékük egy új, termikus oldalgát fűvóka (*3. ábra*), amely kiegészíti korábbi oldalgát fűvókájukat a Manner cégtől, amely szintén a Barnes Csoport tagvállalata. A *Thermoplay* új, nyitott oldalgát fűvókáját radiális, vagy lineáris kivitelben (*TFS-Radiales TFS-Linear*) lehet beszerezni. Az ilyen fűvókák használata különösen akkor előnyös, ha a beömlés helye esztétikai okokból igényes kivitelű, kell, hogy legyen, illetve az olyan termékeknel, ahol a beömlési pontnak optimálisan oldalt, a szerszám nyitási irányára merőlegesen kell elhelyezkednie. Ilyen termékek például az injekciós fecskendők, kupakok, tubusok, egyes gyógyászati eszközök, továbbá bizonyos csomagolási, elektronikai és műszaki alkatrészek is.



3. ábra
A Thermoplay
oldalát fűvókás
megoldása

A *TFS-Linear* 2+2, vagy 4+4 párhuzamos fűvókavégződéssel van felszerelve, az injektálási pontok közötti minimális távolság 16 mm. Az ilyen rendszerek jól használhatók PP, PE-HD, HIPS, PMMA, POM és PC feldolgozására. A *TFS-Linear* el van látva a hőtágulást kompenzáló rendszerrel is. A fűvókahegy és a szerszámfészek közötti, hengeres tömített szakasz maximális megbízhatósággal működik a beinjektálásnál. Mind a lineáris, mind pedig a radiális rendszert könnyen, gyorsan lehet beépíteni és kivenni. A fűvókahegyek cserélhetők, karbantarthatók hideg állapotban, a szerszám levétele és szerszámlevétele nélkül. A közvetlen oldalát megoldás beömlő csomagtól nélküli kivitel tesz lehetővé.

A Barnes Csoportgy másik tagja, a Synventive Molding Solution cég a Covid-19 járvány közben dolgozott ki egy új koncepciót olyan védőmaszkok előállítására, amelyek szinte azonnal elérhetők és jó alapvédelmet biztosítanak az orrnak és a szájnak. A maszk három komponensből tevődik össze: egy cserélhető védő nemeze, két újra használható rögzítő csipet és egy állandó használatú gumiszalag.

Az olyan szelepes-gát alkalmazásokhoz dolgozott ki megoldást az Incoe cég, ahol több olyan fűvókát kell pozicionálni nagyon kis térben, amelyeket szimultán kell nyitni és zárni. Pneumatikus működtetésű *MultiPin* gát-szelep mozgató egységük két méretben érhető el és egy sor termékhez lehet ezeket felhasználni. Az új termék a PE pneumatikus egységeken alapul és úgy alakították ki, hogy a (keskeny) DF 5 és DF 8 fűvóka szériához illeszkedjen. A *MultiPin* mozgatók támogatják az összeköttetést a négy fűvóka gát-szelep és a hengeres szelepvég túske (ZTT) között. Az új megoldás előnye a gyors csatlakoztathatóság, ami megkönnyíti a beszerelést és a karbantartást. Egyetlen csavarral valamennyi szelepvég biztonságosan rögzíthető, vagy kioldható egyszerre.

A *MultiPin* mozgató egységek standardizált adapter lemezei befogadják a 2,3 és 4 gát-szelepet, a szeleptúske mozgása 6,5, vagy 8,5 mm lehet. A méretektől, a fűvóka sorozattól és a kapcsolt gát-szelep fűvókáktól függően a fűvókák közötti távolság 25–63 mm lehet.

Az Incoe egy új, elektromos gát-szelep hengert is kifejlesztett, amely közvetlenül a szeleptúske mozgatója, és így az ömledékelosztón helyezkedik el. Az új termék kompakt és könnyen karbantartható. A kompakt elektromos meghajtó működését az ömledékelosztón egy speciális, hőmérséklet által szabályozott adapter egység teszi lehetővé.

Forrócsatornás rendszerek kis fröccsgépekhez

Az Ewikon cég kifejlesztette *L2X-Mikro* elnevezésű, nagyteljesítményű forrócsatornás rendszerét, amely alkalmas a kis fröccsgépek kisméretű szerszámjaihoz. A szelep-gátas megoldással akár 0,05 g tömegű termékek is gyárthatók. A rendszer szinkronizált szerszámlemez technológiát alkalmaz a szeleptúskek szimultán mozgatásához. A meghajtó technológia kompakt kialakításának köszönhetően, amelybe az összes komponens a lehető legkisebb térigényrel épült be, könnyen integrálható a kis fröccsgépekhez általánosan használt szerszám méretekhez.

A fejlesztés során nagy figyelmet fordítottak arra, hogy a berendezés magasabb hőmérsékleteken is működhessen, így a tömeg műanyagok mellett a szűk technológiai ablakú, magas olvadáspontú műszaki műanyagok feldolgozására is alkalmas lett. Ennek érdekében a fűvókavégeket erős, közvetlen fűtéssel látták el. A szivárgásmentes fűvóka külső átmérője csupán 10 mm, az ömledékáramlási csatorna átmérője pedig 3 mm. A teljesen kiegyensúlyozott ömledékelosztó mérete 55 x 55 mm. A kis méretek következtében kicsi lett az ömledék folyási úthossza és az egységben tartózkodó ömledék térfogata is, ami különösen a hőérzékeny anyagok feldolgozásánál fontos tényező. Több ilyen rendszer összekapcsolásával nagyobb, sokfészkes szerszámok is kiszolgálhatók.

Az FDU Hotrunner céget nemrég alapították, céljuk, hogy továbbfejlesszék és értékesítsék *Flat Die Unit (FDU)* elnevezésű forrócsatornás rendszerüket. A technológiát eredetileg a Haidlmair Csoport vállalatai fejlesztették ki egy szinergetikus fejlesztő projekt keretében. Az FDU segítségével a műanyagömledék egyenletesen áramlik be a szerszámüregbe egy meghatározott méretű, keskeny nyíláson át, ahelyett, hogy egy tágáton át töltené ki azt. Használat különösen poliolefinek esetében előnyös.

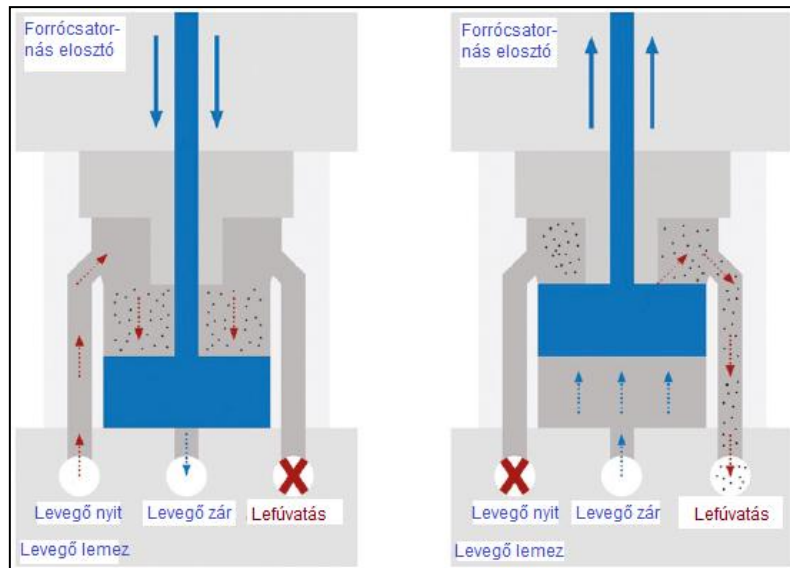
Az FDU használatával számottevő ciklusidő- és fröccsnyomás csökkenést lehet elérni, ami növeli a termelékenységet. További előnye az utónyomás optimális kihasználása, a rövidebb hűtési idő és a nyíróhatások csökkentése, mindez pedig javítja a termék minőségét. Az FDU alkalmas reciklátumok feldolgozására is. A beömlő nyílás keresztmetszete a szokásos megoldások többszöröse, így eltömődése, a reciklált anyagokban található, gélesedett csomók következtében, nem szokott előfordulni. A kis nyírófeszültségek miatt, alkalmazásával érzékeny anyagok és töltött rendszerek is jól feldolgozhatók.

A forrócsatornás rendszerek tisztítása

A SIPA cég kifejlesztette *XActive-Cleaning* eljárását, amellyel a PET előformák gyártásánál eltávolítják a port a forrócsatornás rendszerből. Ugyanis a mechanikai és elektromos problémák mellett a forrócsatornás rendszerek egyik fő ellensége a por. A gyártás folyamán PET por rakódik ki a mozgató egységek hengereinek belsejében. Eleinte ez a por nem okoz gondot, de ahogy felgyűlik, gátolja a dugattyúk mozgását, és végső soron rontja a termékek minőségét. Ha nem távolítják el, ellehetetleníti a gyártást.

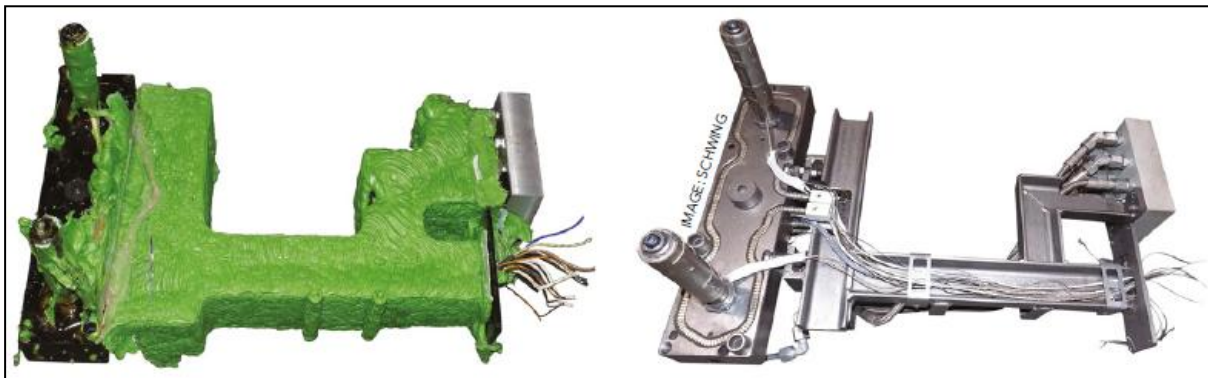
A SIPA olyan megoldásokat fejlesztett ki, amelyek alacsony szinten tartják a por lerakódását, különösen abban az esetben, amikor eredeti PET anyagot dolgoznak fel. Azonban, az egyre igényesebb minőségi előírások és a reciklált PET használatának kényszere komplikálja a helyzetet. Ezért egy egyszerű, de hatékony megoldásra törekedtek. A cél az volt, hogy az alkatrészek mechanikai kopása miatti karbantartási leállásoktól eltekintve, folyamatosan tudjanak dolgozni, 5 millió cikluson át, ami 7 másodperces ciklusidővel számolva 10 000 óras, leállás nélküli termelést jelent.

A SIPA megoldásánál sűrített levegővel – amivel egyébként is mozgatják a forrócsatornás szeleptüskéket – fújják ki a lerakódott port (*4. ábra*). Egy összetett szeleprendszer által vezérelt levegő-áramlással ciklusonként fújják ki a lerakódó porrészecskéket. Mód van azonban egy erőteljesebb tisztítási üzemmódra is, amelyet általában 40 000 ciklusonként használnak. Ez a folyamat azonban csak néhány tized másodpercig tart, ezért nem rontja a termelékenységet.



4. ábra A SIPA cég XActive-Cleaning rendszere a por eltávolításához a PET előgyártmány feldolgozásánál használt forrócsatornás rendszerekből

Az XActive-Cleaning tisztítórendszert használó forrócsatornás szerszámok lemezeiben plusz csatornákat kell kialakítani, illetve további levegő csatlakozásokat. A hengerek, amelyek a szelep elmozdulásokat működtetik, speciális kialakításúak, és a por a csőrendszer végén egy gyűjtődobozba kerül. A fröccsöntő gépen nincs szükség semmilyen változtatásra, ezért a rendszer géptől független.



5. ábra Egy forrócsatorna rendszer elosztója hőre lágyuló műanyag maradékokkal borítva (balra), ugyanez a Schwing Technologies termikus eljárásával megtisztítva (jobbra)

A Schwing Technologies cég környezetbarát termikus tisztító eljárásokat dolgozott ki a forrócsatornás rendszerek elosztóinak tisztítására, elsősorban az autóiipari termékeket gyártó szerszámokra gondolva. Különböző méretű és konfigurációjú rendszereik vannak, amelyek a tisztításhoz nem használnak oldószereket, vagy mechanikai eljárásokat. Módszerükkel mind az apró fűvőkákat, mind pedig a nagyobb forró csatornákat meg lehet tisztítani a rájuk kira-

kódott műanyag maradványoktól egy energiahatékony maradványmentes termikus eljárással, amely a belső csatornáknál is hatékony (5. ábra). A rendszer jól működik a különböző adalékokat és töltő/erősítő anyagokat tartalmazó műanyagok esetében is.

A Schwing cég *Innovaclean* eljárása különösen hatékony a kisebb forrócsatornás komponensek, mint a fúvókák esetében. A PE-t és PP-t feldolgozó rendszereknél a tisztítás 1,5 óra, az üvegszállal erősített anyagoknál pedig 2-3 óra, míg a nagy hőállóságú polimereknél 5-6 óra szükséges. Az eljárás a halogéntartalmú polimereknél is használható. Az eljáráshoz forró, fluidizált homokágyba merítik a tisztítandó komponenseket, amelyeknek a forró homok átadja hőenergiáját. Az eltávolítandó műanyag maradék típusától függően a homok hőmérséklete 450-520 °C. Az eljárásnál nincs szennyvíz, vagy más hulladék, a pirolizált gázokat egy integrált utóégetőben semlegesítik. A nagyobb forrócsatornás rendszereknél az eljárás 4-8 órát is igénybe vesz, amihez természetesen nagyobb homokágy tartozik.

Összeállította dr. Füzes László

Worth L.: Injection Molds 101: Cold Runner vs. Hot Runner Molds = The Rodon Group, blog, 2018. aug. <https://www.rodongroup.com/blog/injection-molds-101-cold-runner-vs-hot-runner-molds>
Holmes M.: Material delivery: advances in hot runners = www.injectionworld.com 2020. November-December, p. 45-53