

LSR termékek versenyképességének javítása

Az LSR alapanyag-gyártók új rendszereket vezetnek be a piacra, amelyek jelentősen megkönnyítik a feldolgozást és/vagy lehetővé teszik egyes technológiai lépések elhagyását. Lerövidítik a ciklusidőt, miáltal javul a termelés gazdaságossága. Az adagoló és feldolgozó gépek gyártói is számos újítással javítják az LSR termékek gyártásának versenyképességét. A Nyílt Platformú Kommunikációs Uniformizált Architektúra (OPC UA) interfészek valós idejű kommunikációt bonyolítanak. Az LSR optikai tulajdonságai a világítástechnikában is jól hasznosíthatók.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; LSR; PMMA; PC.

A folyékony szilikon gumi (LSR) felhasználási köre gyorsan bővül. E hőre „keményedő” rugalmas műanyagot elsősorban olyan területeken alkalmazzák, ahol hajlékonyságra, jó hideg- és hőállóságra, tartósságra, átlátszóságra és tisztaságra és a szerszámból történő könnyű kidobásra van szükség. Az LSR alapanyag-gyártók rendszereket vezetnek be a piacra, amelyek jelentősen megkönnyítik a feldolgozást és különféle technológiai lépések elhagyását, a ciklusidő lerövidítését teszik lehetővé, miáltal javul a termelés gazdaságossága. Az adagoló és feldolgozó gépek gyártói is számos újítással emelik az LSR termékek gyártásának versenyképességét. Az általuk egyre inkább alkalmazott nyílt kommunikációs protokollok megkönnyítik a gépek vezérlését és csatlakoztatásukat az üzem többi részegységéhez.

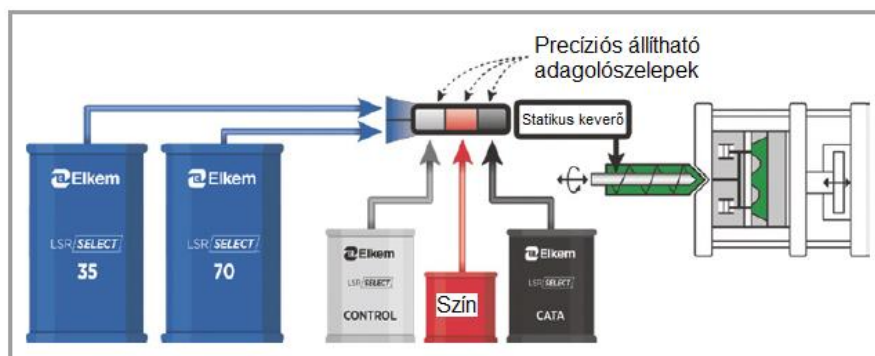
Új LSR termékcsaládok

Az Elkem Silicones cég 2018-ban dobta piacra új, *LSR Select* márkanéven forgalmazott LSR rendszerét, amely a korábbi, általánosan elterjedt kétkomponenses megoldásoktól eltérően háromkomponenses rendszer. A hasonló elven működő *Silbione* termékcsaládjuk az orvosi, gyógyászati alkalmazások követelményeit elégíti ki.

Az *LSR Select* egy alapkomponeusból áll, amelyhez a feldolgozó gépben keverik hozzá a „*Cata*” platina katalizátor mesterkeveréket és a „*Control*” elnevezésű térhálósító szert. A keverő berendezés kialakítása az 1. ábrán látható. E megoldás eredményeképpen a ciklusidő lerövidül, és alacsonyabb térhálósítási hőmérsékleteken lehet dolgozni. Emellett, a *Cata* és főleg a *Control* adagolási arányainak változtatásával egyetlen alapkomponeus használatával különböző fizikai tulajdonságú LSR termékeket lehet készíteni.

Az *LSR Select* rendszer használatával a ciklusidő általában 15-40%-kal csökkenthető, de akár 60% is elérhető, a gyártott terméktől függően. Így például egy feldolgozó üzemben a hagyományos kétkomponenses LSR helyettesítésénél az eredeti 135 °C szerszámhőmérséklet használata mellett a korábbi 50 másodperces ciklusidőt 25 másodpercre csökkentették.

A cég LSR Select termékcsaládjának alapkompone ns típusai 1 % *Control* térhálósítót tartalmaznak, ajánlott feldolgozási hőmérsékletük 177°C. Az egyes típusok összekeverhetők. Az 1. táblázatban a 20, 35, 50 és 75 Shore A keménységű kompozíciók tulajdonságai láthatók.



1. ábra Az Elkem cég LSR Select típusainak keverésével elérhető a kívánt keménység. A *Control* komponens a térhálósítási kinetikát szabályozza.

1. táblázat

LSR Select típusok tulajdonságai

Tulajdonság	ASTM	LSR Select, Shore A			
		20	35	50	70
Megjelenés	TP 038	Víztisza	Víztisza	Víztisza	Víztisza
Fajsúly	TP 013	1,09	1,10	1,11	1,13
Shore A keménység	D2240	21	34	50	69
Húzószilárdság [N/mm ²]	D412	8,9	8,1	8,5	7,8

A térhálósítási folyamat jobb tarthatósága következtében jelentősen javul a termékek minősége, és csökken a selejtarány. Elkerülhetők a beégések, a felületi „narancsbőr” hatás és a légbuborékok, csökken a sorjaképződés. Emellett ugyanazzal az LSR alapkompone nssal 20–70 Shore A keménységű termékek gyárthatók, míg a szerszámhőmérséklet akár 80 °C-ra is levihető. Ez utóbbi főleg az LSR mellett egy másik, hőre lágyuló műanyagot is használó, kétkomponensű fröccsöntésnél előnyös, mivel a hagyományos LSR feldolgozásához szükséges magas hőmérsékletet az olcsóbb hőre lágyuló műanyagok nem képesek elviselni.

További előny, hogy az *LSR Select* alkalmazásával lerövidül, és kevesebb hulladékot termel a termelés indítási és leállási folyamata, mivel nincs szükség a rendszer hosszadalmas átöblítésére.

Az Elkem az adagoló berendezéseket gyártó Elmet céggel működött együtt az új LSR típuscsalád feldolgozására alkalmas berendezés kidolgozásában. Az Elmet jelenleg opcionális hardver/szoftver csomagot kínál a már létező *Top 5000 P* adagoló rendszeréhez, hogy az képes legyen feldolgozni az *LSR Select* anyagokat. Az USA-ban már több vállalat használja ezt

a megoldást, és várhatóan európai feldolgozók is hamarosan megvásárolják. Az Elkem/Elmet együttműködés nem kizárólagos, a lehetőség más adagoló berendezések gyártói számára is nyitott.

Egy másik jelentős LSR gyártó, a német Wacker fejlesztéseivel az utókezelés elhagyhatóságára fókuszált. Néhány, a hagyományos kétkomponensű folyékony szilikon gumiból fröccsöntött termékeknél szükség van a darabok utólagos hőkezelésére. Erre vagy azért kerül sor, mert bizonyos alkalmazásoknál a termék – illékony komponensei miatt – nem elégíti a hatósági előírásokat (pl. bébi cumiknál, gyógyászati és élelmiszerekkel érintkező termékeknél), vagy pedig jobb mechanikai jellemzőkre van szükség.

Az utóhőkezelés egy jól szellőztetett, általában 200 °C-os kemencében, több órás időtartamig történik. Ez a folyamat drága, idő- és munkaigényes, mivel a be- és kirakodás általában kézzel történik. Ugyanakkor a rövid ciklusidejű fröccsöntés és a termékek csomagolása teljesen automatizált lehet.

A Wacker által pár éve bevezetett *Elastosil LR 5040* típusoknál azonban már nincs szükség utóhőkezelésre. Az e termékcsaládból gyártott darabok kielégítik az illékony alkotóelemre vonatkozó hatósági előírásokat, és nagyon jó mechanikai jellemzőkkel rendelkeznek. E típusok jelenleg a 30–70 Shore A keménységi tartományban kaphatók, köztük egy Shore A 45 típusal, amely kielégíti a csecsemők által használt eszközökre vonatkozó előírásokat. Az ebbe a típuscsaládba tartozó anyagok nagyon tiszták, amit optikai megjelenésük is kiemel: áttetszőek kékes színárnyalattal. Emellett, az utólagosan hőkezelt termékeknél a tárolás során megjelenő besárgulás itt teljesen elmarad.

Az *LSR 5040* típusok tépőszilárdsága az *ASTM D 624 B* szerint (hőkezelés nélkül) eléri a 40–45 N/mm értéket. Összehasonlításképpen, pl. az 50 Shore A keménységű *Elastosil LR 3003* típus tépőszilárdsága hőkezelés nélkül csak 24 N/mm, amelyet 200 °C-os 4 órás hőkezeléssel 30 N/mm-re lehet növelni.

A berendezésgyártók fejlesztései

Az Arburg cég LSR szakértője szerint *a szilikon gumit feldolgozó üzemek egyre inkább kulcsra kész megoldásokat és nem egyedi fröccsgépeket igényelnek*. Ezért az Arburg számos vállalattal kooperálva igyekszik ezeket az igényeket kielégíteni.

Általános tendencia, hogy például a gyógyászati szektorban egyre kisebb, mikroalkatrészekre van igény. Ezért egy mikro LSR termékeket készítő gyártócellát fejlesztettek ki, amely flexibilisen képes precíziós szilikon alkatrészeket gyártani. Ezt a 2018 évi Fakuma rendezvényen már bemutatták be. Központjában egy elektromos meghajtású *Allrounder 270 A* fröccsöntő gép áll, amelynek záróereje 350 kN. Része még öt mikro injektáló egység és egy négyfészkés szerszám, egy pneumatikus tű típusú fúvóka lezáró megoldással a Rico cégtől. A bemutatón 20 másodperces ciklusidővel mikroadagoló szelepeket gyártottak, amelyek tömege 0,038 g volt. Az utóhőkezelést nem igénylő LSR előkeverését egy 290 ml-es patronban végezték. Betápláló egységét egy hűtött sárgaréz hengerben helyezték el, amelyet a vízszintes fröccshengerhez képest 45 fokban megdőntve helyeztek el. Speciális LSR csigát alkalmaztak egy önzáró 8 mm átmérőjű visszacsapó szeleppel. A hengerben a szilikon folyamatosan halad előre, ami a tartózkodási időt optimalizálja a dugattyús befröccsöntéshez képest. Az LSR nyomását egy beépített szenzorral folyamatosan érzékelik, az Arburg szabályozó rendszerének képernyőjén megjelenítve.

A KraussMaffei (KM) is bemutatta új, LSR feldolgozásra készült *PX 25-55 SilicoSet* berendezését. A 250 kN záróerejű berendezést olyan precíziós alkatrészek fröccsöntésére ajánlják, mint amilyenekre az órákban, fogaskerekekben és sebességváltókban van szükség. A bemutatón, 14 másodperces ciklusidővel, 0,15 grammos, bonyolult alámetszéses kialakítású tömítőgyűrűket gyártottak (2. ábra). Ehhez a KM egy új plasztikáló egységet fejlesztett ki, amely 12 mm-es csigával és egy rugós működtetésű visszacsapó szeleppel dolgozik. A konzolos záróegység alatt helyezték el a vákuumszivattyút és a többi perifériát. A piciny alkatrészek kiemeléséhez saját gyártású, komplex kialakítású megfogó egységet a Krauss Maffei Automation cég készítette.



2. ábra A Krauss Maffei *SilicoSet* technológiájával fröccsöntött LSR tömítések

A Dr Boy vállalat is szilikon tömítőgyűrűk gyártásával mutatta be 10 tonnás *Boy XS* fröccsöntő gépét, amelynél az LSR-t UV besugárzással térhálósítják, felmelegítés helyett, ami károsíthat egyes apró alkatrészeket.

Mivel az LSR feldolgozásnál több külső egység összehangolt működésére van szükség, mint a normál fröccsöntésnél, nagyon fontos ezek összehangolt kommunikációja. Ezért a berendezésgyártó vállalatok egyre gyakrabban használják az *OPC UA-t* (Nyílt Platformú Kommunikációs Uniformizált Architektúra), hogy egyszerűsítsék az adatok összegyűjtését és ellenőrzését egy rendszeren belül a sok-

féle komponens rendszerhez. Így például az Elmet cég is bemutatta a *Top 5000 P* LSR adagoló rendszeréhez használt *OPC UA* interfészt. Az adagoló így valós időben tud kommunikálni a fröccsöntő géppel. Az Arburg 2019. márciusi Technológiai Napok rendezvényén két LSR alkalmazásnál is használták az *OPC UA* megoldást a perifériáknál. A bemutatón az Arburg *Allrounder 370 A* fröccsgépe LSR névtáblákat gyártott, amelyeket lézerrel feliratoztak, míg az *Allrounder 470 A* flexibilis sütőformákat fröccsöntött. Az egyik LSR adagoló rendszert a Reinhardt Technik, a másikat a 2KM cég készítette, és ezek mindegyikét integrálták az Arburg szabályozó rendszerébe. Így input paraméterekként megkapták az anyagnyomást, a szín- és adalék-beállításokat, illetve a maradék futtatási időket, miközben a kommunikáció világosan, átláthatóan zajlott.

A Wittmann Battenfeld szintén *OPC UA* kommunikációt alkalmaz számos, az LSR feldolgozásnál végzett továbbfejlesztésnél, mint az LSR adagoló szivattyú integrációja a fröccs-gép szabályozó rendszerébe. *Így ma már bármely kereskedelmi forgalomban kapható LSR adagoló és szivattyú hozzákapcsolható a fröccsöntő gépeikhez.* A cég emellett újragondolta a csigakiképzést is, ahol egy új tömítést használnak a szár végén a csigacsatlakozás előtt, lecsökkentve ezáltal az LSR szivárgás kockázatát a meghajtás irányába. A visszacsapó szelep újabb nagyobb áramlási keresztmetszetű, továbbá gyorsabb és precízebb zárást biztosít, ami sokat javított az adagsúlyok precizitásán.

A kínai Chinaplas rendezvényen bemutatják az autóiipari szektorhoz az *EcoPower 160/350* fröccsgépüket, amelynek záróereje 1600 kN.A, és a gépet az osztrák Nexus cég LSR technológiájával kombinálták. A fröccsegység új kialakítása megkönnyíti az LSR betáplálást és a keverést végző elemek integrálását. A berendezés egy 32 fészkes, teljesen automatizál szerszámmal konnektor tömítéseket fog gyártani, amelynek a felügyeleti rendszerét a Nexus szállította. A szerszám hideg elosztó csatornákkal működik, tús lezáró szerkezettel. A darabok kivétele is teljesen automatizált.

Az Engel képviselője szerint a gépkocsik világító rendszerei, és velük együtt a gyártási folyamatok folyamatosan és gyorsan megújulnak. A nagyszériás gyártás költséghatékony

módszereket igényel, így az LSR lencsék egyre nagyobb szerephez jutnak. E területen teljesen automatizált és utólagos műveletek nélkül alkalmazható eljárásokra van szükség.

A Fakuma rendezvényen az Engel az ACH-Solution és a Dow Silicones cégekkel közösen, Európában először mutatta be, nagyon igényes geometriájú *LED lencsék* előállítására szolgáló integrált, költséghatékony eljárását. Néhány gépkocsi modell fényszóróinak lencséihez már korábban is gyártottak LSR lencséket. *Az LSR lencsék azonban fokozatosan bevonulnak az utcai és épületeken belüli világítótestek területére is.* A jelenleg elterjedten használt akrilát (PMMA) és polikarbonát (PC) anyagokhoz hasonlóan a szilikon is jelentős súlycsökkentést jelent az üveghez képest. Azonban a szilikon hő- és vegyszerállósága jobb, mint a PMMA és PC termékeké.

A nagymértékben átlátszó LSR típusok kiválóan ellenállnak olyan környezeti hatásoknak, mint az napsugárzás (UV), és -40 °C -tól $+200\text{ °C}$ -ig használhatók. Ezen túlmenően flexibilitást, nagy formaszabadságot is biztosítanak a termékek kialakításánál. A bemutatón a *Dowsil MS-1002* alapanyagot használták, amelyet kifejezetten fröccsöntéshez fejlesztettek ki. A térhálósítás sebességét arra optimalták, hogy sima és kemény, a hőre lágyuló műanyagokéhoz hasonló felületű LED lencséket készíthessenek. A lencsék a gyártócellából beszerelésre készen léptek ki. Egy kétfélszkes szerszámban hideg elosztócsatornákkal dolgoztak, a szerszámot egy ACH gyártmányú *Servoshot* elektromos hideg fúvóka ellenőrző rendszerrel látták el, ami lehetővé teszi a félszkek külön-külön ellenőrzését. Az LSR adagolását egy *MaxiMix G2* adagolóval biztosították, amelyet az ACH cég tervezett és gyártott le. A teljes löketség 16 g, a ciklusidő 50 másodperc körüli volt. Az egész rendszert az Engel *CC300* vezérlőpanelje irányította.

Az LSR világítástechnikai alkalmazása

Az osztrák Bartenbach GmbH már több, mint 30 éve foglalkozik világítástechnikai eszközök fejlesztésével és értékesítésével. Most egy LSR fröccsöntésben járatos partnerével, a szintén osztrák Starlim Spritzguss GmbH-val együttműködve kifejlesztették az *RJM Mixing Dome* (keverőbúra) rendszert. A LED fényforrás fényét minden irányba egyenletesen elosztó búra 0,64 g súlyú és 36x30x4 mm nagyságú. A DowDuPont cég *Dowsil MS-1002* LSR anyagából készült *vékonyfalú búra átlátszósága az üvegével vetekedik.* Hasonló termékeket korábban már készítettek PMMA és PC alapanyagokból, azonban az LSR jobban rátapad a fényforrásra és rugalmassága folytán tömítési feladatokat is ellát. *Mivel az LSR kiváló UV- és hőállósággal rendelkezik, hosszú időtartamú működés után sem sárgul be.*

A teljesen automatizált fröccsöntést egy 800 kN záróerejű Engel fröccsöntő gépen végzik, 35 másodperces ciklusidővel. Egy prototípus szerszámot követően a termeléshez négyfélszkes szerszámot készítettek. Az LSR flexibilitása lehetővé teszi a fény egyenletes elosztását biztosító mikroprizmás kialakítás létrehozásához szükséges kisebb alámetszések ellenére a darabok probléma nélküli kiemelését.

Összeállította: Dr. Füzes László

Mapleston P.: Finding a cure with liquid silicone rubbers = Injection World, www.injectionworld.com, 2019. április, p. 33–40.

Steiner S.: Zielgenau Ausleuchtung mit hochtransparentem Silikon = Kunststoffe, 7. sz. 2019. p. 42–43.