

Műanyag optikai elemek gyártása

Az optikai elemek hagyományos anyaga az üveg, amelyet ma már számos terméknel a műanyagok váltanak fel. Mivel az alkalmazások gyorsan bővülnek, szükség van olcsó, termelékeny gyártástechnológiákra. Az átlátszó műszaki műanyagok egyre jobban megfelelnek az optikai és elektrooptikai ipar által támasztott követelményeknek.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; mikrofröccsöntés; speciális fröccsöntési technológiák; optika; elektrooptika; polikarbonát; poli(metil-metakrilát); poliamid; LSR; cikloalifás poliolefinok.

Az optikai- és az elektrooptikai ipar a 21. század egyik leggyorsabban fejlődő húzóágazata, melynek árbevétele világviszonylatban 2015-re várhatóan eléri a 439 milliárd EUR értéket. E gyors fejlődést egyrészt a már ma is létező alkalmazások egyre javuló tulajdonságú és egyre olcsóbban előállított termékei, másrészt számos új alkalmazási terület megjelenése okozza. Az ilyen termékek újabban megjelennek a gyártástechnológia, a képfeldolgozás és mérés technika, a gyógyászat és az élettudományok területén, és egyre jobban hódítanak a világítástechnikában is.

Az optikai termékek előállítása szorosan összekapcsolódik az átlátszó, hőre lágyuló és térhálós műanyagok mind nagyobb arányú felhasználásával. E műanyagok ugyanis számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek a klasszikus szerkezeti anyagnak számító üveghez képest. Így például

- formakialakításuk jóval szabadabb,
- több funkció (pl. szerelhetőség és pozicionálás) integrálása lehetséges egy darabban,
- gazdaságosabb tömegtermelés, különösen a bonyolultabb geometriáknál, mint pl. az aszférikus és Fresnel struktúrák,
- kisebb tömeg,
- jó ütésállóság.

Hátrányuk a kisebb hőállóság és karcállóság, bár ez utóbbit különféle bevonatokkal jelentősen javítani lehet. A fenti anyagjellemzők következtében az olcsó optikai és elektrooptikai alkalmazásoknál már eddig is gyakran kiszorították a műanyagok az üveget, de újabban egyre inkább alkalmazzák őket a legigényesebb alkalmazási területeken is.

A műanyag optikai elemek tipikus felhasználási területei a gépkocsik eső- és fény szenzorai, a különböző display- és kameraelemek, az orvosi diagnosztika és vilá-

gítástechnika vagy a szupermarketek pénztárainál használt vonalkódeolvasó szkenne-
rek. A leggyakrabban alkalmazott műanyagfajták a poli(metil-metakrilát) (PMMA) és
a polikarbonát (PC). A műanyagok térhódítását jól jellemzi, hogy a polikarbonát vi-
lágpiaci felhasználása (a blendekhez használt mennyiséget is beleszámítva) az 1990-
ben mért 700 ezer tonnáról 2011-re közel 4 millió tonnára nőtt. Magas hőállóságuk, jó
kémiai ellenállásuk és kis sűrűségük miatt a cikloalifás poliolefinok (COC) is egyre
több területet hódítanak meg.

Az optikai célokra leggyakrabban alkalmazott műanyagok e területen fontos tu-
lajdonságait az 1. táblázat szemlélteti.

1. táblázat

Az optikai célokra leggyakrabban használt műanyagok jellemzői

Műanyag	Törés- mutató	Fény- áteresztés %**	Abbee- szám	Sűrűség g/cm ³	Charpy ütésállóság kJ/m ²	Vicat B lágyuláspont °C
PMMA	1,49	92	59	1,19	20	110
PC	1,587	88	28–30	1,2	nem törik	130
COC	1,53	91	56	1,02	20	140
Amorf PA	1,54	90-93	39	1	nem törik	130
Szerves szemüveg- anyag	1,5–1,74	–	32–58	1,3–1,37	–	–
LSR*	1,41	9495	49,9–51,4	0,99–,05	–	>150***

* LSR: az angol Liquid Silicon Rubber azaz a folyékony szilikongyanta rövidítése.

** Próbatelvéstvastagság 2 mm a PMMA kivételével, ahol ez >100 mm.

*** Max. alk. hőmérséklet.

A térhálós szerkezetű műanyagok közül az újabb szerves szemüveglencsék anya-
gai nagy törésmutatóval rendelkeznek, ami lehetővé teszi az azonos dioptriaszám eléré-
sét kisebb vastagsággal, azaz esztétikusabb és kisebb tömegű, könnyebben hordható
szemüvegek állíthatók elő. Az LSR gyanták kitűnő átlátszóságuk mellett nagy (>200 °C)
hőállósággal és UV állósággal is rendelkeznek, gumyszerűen rugalmas anyaguk révén
még kis alámetszések esetén is könnyen eltávolíthatók a fröccsszerszámból, ami egysze-
rűbb és ezért olcsóbb szerszámkiakítást tesz lehetővé bonyolult alakzatoknál is. Jelen-
leg elsősorban a LED előtétlencsékhez alkalmazzák az LSR anyagokat, de várhatóan a
napelemek fénykoncentráló szekunder optikáihoz is alkalmazhatók lesznek.

A műanyag optikai elemek előállításánál számos speciális tényező játszik szere-
pet. Noha a fröccsöntés ideális eljárás nagy darabszámú, bonyolult alakú és részben
ezért több funkciót is magába integrálni képes termékek gyártására, az optikai elemek
nagy méretpontossága és nagyon sima felülete gyakran nehezen teljesíthető követel-
mény, különösen a nagy és/vagy erősen változó falvastagságú daraboknál. Fontos,

hogy az optikailag aktív részeken ne legyenek összecsapási helyek vagy zsugorodás okozta beszívódások. Ez utóbbiak elsősorban a vastag falú termékeknél okoznak problémát. A legrégebben alkalmazott módszer ilyenkor az, ha a beömlőcsonk átmérőjét megnövelik, hogy az utónyomás tovább legyen képes anyagot juttatni a lehűlés következtében összezsugorodó anyagot tartalmazó szerszámüregbe. E módszer hátránya a túl hosszú (néha 15–20 perces) ciklusidő.

A fröccsajtolás is alkalmazható, de ez csak viszonylag egyszerű geometriáknál lehet eredményes, és szintén elég időigényes.

Újabbban egyre gyakrabban alkalmazzák a *többrétegű fröccsöntést*. Ilyenkor az anyag nagyrészt az előfröccsöntött munkadarab tartalmazza, majd erre megszilárdulása után egy másik szerszámüregben további 1–2 réteget fröccsöntenek rá. E rétegek a kisebb anyagmennyiség miatt jóval kevésbé zsugorodnak, azaz kevésbé hajlamosak beszívódásra.

A legújabb eljárás az amorf műanyagok azon tulajdonságát használja ki, hogy üvegesedési (azaz megszilárdulási) hőmérsékletük (T_g) a nyomás függvénye. *A T_g értéke a nyomás növekedésével nő.* Ha tehát a szerszámüregben nagy nyomást hoznak létre, a polimer lehűléskor már magasabb hőmérsékleten megszilárdul (a vastag falú termékek belsejében is) és ezután, már szilárd testként tovább hűtve, beszívódás nélkül kivethető a szerszámából. E módszernél természetesen speciális hőmérsékletprofil szerint kell a szerszám hőmérsékletét szabályozni.

Az optikai alkalmazások gyakran speciális minőségellenőrző módszerek alkalmazását teszik szükségessé. Az ellenőrzés a nagy pontosságú szerszámok ellenőrzésével kezdődik, és kiterjed a teljes gyártási folyamat minden elemére. A darabok méretellenőrzésénél a hagyományos letapogató és érintésmentes mérőgépek alkalmazása mellett sokszor optikai mérési módszerekre is szükség van, mivel *gyakran a mikrométer tört részét kitevő pontosságra van szükség. Ilyen mérésekre az interferométerek vagy a deflektométerek alkalmasak.* Ez utóbbiak alkalmazása kisebb költséggel jár, mivel nincs szükség az interferometriánál használatos drága kompenzációs optikák elkészítésére. Segítségükkel pl. szemüveglencsénél az 1–100 dioptriás tartományban 9 mm²-es felületen egy adott síktól való 20 nm-es eltérést is ki lehet mutatni.

Gyakran van szükség optikai elemek, mint pl. *lencsék mikrofröccsöntésére*. Az ilyen rendkívül apró (kb. 0,01 g-os) lencséket ugyanakkor nagy méretpontossággal és tisztasággal kell tömegesen gyártani és az összeszerelő üzemben mozgatni. Mindez nagy kihívást jelent mind a szerszám gyártója, mind a műanyag-feldolgozó üzem szakemberei számára, hiszen a kontúrok méretpontossági igénye időnként már a nanométeres tartományba esik.

A fenti feltételeket csak ún. tisztatérben és csak teljesen automatizált gyártó és az azzal integrált, robotizált anyagmozgató rendszerrel lehet biztosítani. Az ilyen kisméretű és méretpontosságú fröccsszerszám elkészítése is speciális szaktudást és felszerelést igényel, ezért a mikrofröccsöntésre szakosodott cégek gyakran saját szerszámgyártással is rendelkeznek.

Általában szükséges a kis fröccstérfogatok pontos adagolását lehetővé tevő speciális, szervomotoros fröccsgépet, a roboto(ka)t és az anyagmozgató rendszert gyártó

szakemberek szoros együttműködése és párbeszéde a műanyag-feldolgozó cég szakembereivel. Az ilyen célra felhasznált alapanyag granulátumának teljesen tisztának, por- és szálmentesnek kell lennie, a granulátum minőségellenőrzése és gyártásra történő előkészítése is szerves része a technológiai folyamatnak. A fröccsöntött darabokat a robot veszi ki egyenként a szerszámüregből és helyezi rá a speciális hordozótálcára. A sztatikus feltöltődés ellen ionizátorokkal lehet védekezni. A sztatikus töltések elvezetése után a tálcát fedővel lezárva elkerülhető a fröccsdarabok szennyeződése az összeszerelést megelőző anyagmozgatás során.

Összeállította: Dr. Füzes László

Drummer D.; Ranft F.; Wildner W.: Kunststoffe in optischen Systemen = Kunststoffe, 102. k. 10. sz. 2012. p. 20–24.

Klaus W.: Kunststofflinsen im Grenzbereich spritzgießen = Plastverarbeiter, 2012. december www.plastverarbeiter.de.