

## Integrált műanyag optikai rendszerek

*Tárgyszavak: műanyag lencserendszerek; fröccsöntés; varioterm eljárás; mikrooptikai rendszerek; funkciók kombinációja.*

## Üveg és műanyag optikai elemek

A szervesen üvegnek számos előnye van optikai alkalmazásokban, pl. a kis hőtágulás, a nagy méretállandóság, az elhanyagolható nedvességfelvétel, a felület keménysége, a merevség, a hőstabilitás, az öregedésállóság és a vegyszerállóság. *Van azonban sok olyan alkalmazás is, ahol a polimerek más előnyös tulajdonságai nem csak olcsóbbá, de egyedül lehetséges optikai közeggé teszik a műanyagokat.* Műanyagokkal valósítható meg a prototípus pontos előállítás, a mikro- és nanostruktúrák felületi leképezése, az optikai és mechanikai elemek összeépítése (integrálása) és a kis sűrűség. *A műanyag optikai elemek gyártásában a legfontosabbak a fröccstechnológiák, amelyek között ott vannak az olyan fejlett, módosított eljárások is, mint a „variotherm” (változó hőmérsékletű) vagy a 2K (kétkomponensű) fröccsöntés. Nagy felületű vagy vékony falú optikai elemekhez, ahol a fröccstechnológiák nem jól használhatók, különböző felületi dombornyomási (prézelési) és sajtolási eljárásokat alkalmaznak, amelyeknek ugyancsak vannak „variotherm” változatai. Ilyen módszereket használnak pl. az ún. Fresnel lencsék vagy a hologramfóliák előállításához.*

## Fejlett fröccstechnológiák

A *fröccs-dombornyomás* alkalmazásakor a termék felületére a fröccs-szerszámban egyenletes dombornyomást is gyakorolnak, elsősorban nagy felületű, változó falvastagságú vagy mikrostrukturált felületek kialakítása céljából.

A *„variotherm”* eljárásban az alakadó szerszámfelületet a fröccsciklus előtt felmelegítik, majd a szerszámkitöltés után lehűtik. A belépő műanyag-ömladék így kis viszkozitású marad, és a finom felületi részletek tökéletesen leképeződnek. Hátránya a szokásosnál nagyobb energiaigény és a drágább szerszám.

A vákuumfröccsöntés során befröccsöntés előtt a szerszámot vákuumozzák, ami csökkenti a levegő eltávolításával kapcsolatos problémákat. Elsősorban a mikrofröccsöntésnél alkalmazzák.

A 2K fröccsöntést szívesen alkalmazzák ott, ahol az optikát és a foglalatot azonos, de eltérően színezett műanyagból kívánják készíteni.

A csiszolt üvegoptikával szemben a fröccsöntéskor különleges eljárás-technikai megoldásokra van szükség a jó minőségű termék érdekében. Ahhoz pl., hogy a szerszámkitöltés és az utónyomás megfelelően alakuljon, a fröccsöntött darab szélének és közepének vastagsága bizonyos határok között kell, hogy maradjon. Az optikailag ki nem használt perem az optika precizitása és mechanikus kezelése szempontjából is hasznos lehet.

## **A mechanikai és optikai funkciók kombinációja**

*A műanyag optikai elemekben a különböző alkatrészeket viszonylag egyszerű összeépíteni. Az iparban (pl. optikai érzékelők gyártásakor) gyakran használnak ún. kettős lencsét, amelyek méretükben, színükben, anyagukban különböznek egymástól. A lencsé(ke)t könnyen be lehet illeszteni a tartókeretekbe. Az egyszerű mechanikai tartókon túl természetesen további, pl. pozicionáló elemeket is könnyen lehet integrálni. A műanyag optika nagy előnye, hogy tetszés szerint színezhető a látható vagy a közeli infravörös tartományban.*

## **Mikrooptikai rendszerek és felületi mikrostruktúrák**

A miniatürizált optikai elemek jelentősége folyamatosan nő. *A kisebb méreteknel a műanyagok hátránya az üveggel szemben határozottan csökken. Jobb a reprodukálhatóság, előnyösebbek a megfelelő feldolgozási és megmunkálási technológiák, mint a szervesetlen üvegek felhasználásakor. A felületek mikromegmunkálásának különösen a diffrakciós optikákban van jelentősége, mivel a műanyagfelületeken akár néhány nanométeres struktúrák is jól reprodukálhatóan alakíthatók ki.*

## **Integrált optikai „csomagok”**

Műanyagokból egyetlen egységben készíthető el pl. a megvilágító és a leképező rendszer (aszférikus lencse, blendetükör és visszaverő felület kombinációja egy egységben). Egy integrált műanyag elemet olyan nyomtatott áramkörre erősítettek fel, amely már a fényforrást és az érzékelőt is tartalmazza.

Kétkomponensű fröccsöntéssel átlátszatlan műanyagból lehet kialakítani a lencse tartóját, amely egyben blendefunkciót is betölthet. Jóval *bonyolultabb rendszerek is készíthetők egy lépésben, amelyek több műanyag lencse rögzítésén túl nyomtatott áramkört is magukba foglalnak, ezenkívül fedélként, rögzítőként stb. szolgálnak*. Ilyen optikai rendszerek egymás szoros közelében is elhelyezhetők (akár 0,2 mm távolságra is), ahol feketére színezett alkatrészek szigetelik el őket optikailag egymástól. Az ilyen bonyolultabb alkatrészek fröccsöntése 2K módszerrel főleg nagyobb darabszám esetén gazdaságosabb, mint az utólagos összeszerelés – néha viszont ez jelenti az egyedüli megoldást.

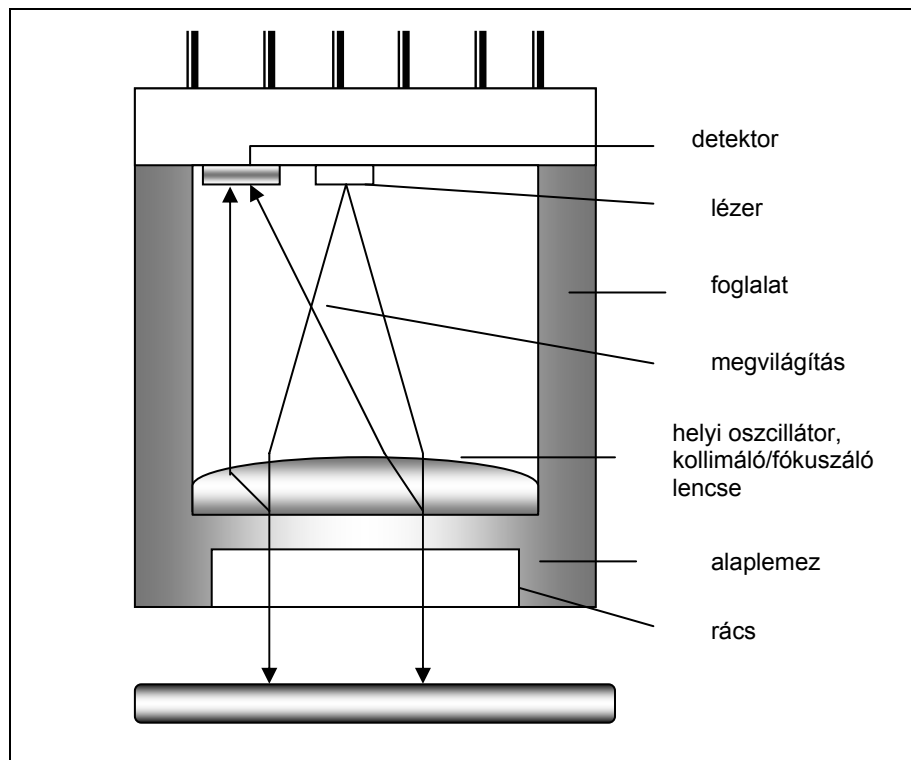
## **Optikai rétegek és bevonatok**

A műanyag optikai rendszerekben is gyakran alkalmaznak tükröző vagy részben áteresztő, részben tükröző felületeket, és nagy jelentősége van a karcállóságot javító felületkezelésnek is. Felületbevonásra alkalmazhatnak vákuumbevonást (akár tükröző, akár karcálló felületekről van szó). Hasonlóan jó eredményeket értek el karcálló lakkokkal, amelyekkel vastagabb, ezért mechanikailag jobban terhelhető rétegek alakíthatók ki. Egyenletes rétegvastagságot azonban csak egyszerű geometriájú felületeken lehet elérni. Bonyolultabb felületeken ez nem mindig sikerül, ami precíz optikai eszközöknél megengedhetetlen.

## **Példa a funkciók és rendszerek kombinációjára**

Jó példa az integrációra egy bonyolult pozicionáló érzékelőrendszer (szenzorika), amely egyébként csak több lépésben lenne előállítható. Az ipari szenzorikában számos alkalmazásban nagyon nehéz megvalósítani az optikai léptéket. Itt a szennyeződések és a kopás lehetetlenné teszik a kellő pontosságot, és nem biztosítanak elegendően hosszú élettartamot és karbantartásmentességet. Ebből kínál kiutat az ún. „szemcsés” (speckle) interferometria, amelynek alapelvét az 1. ábra mutatja. A lézersugárzást egy részben áteresztő alaplemezre irányítják, amely a sugárzásnak mintegy 90%-át átereszt, 10%-át viszont az alaplemez másik oldalán levő rács miatt az első pozitív és negatív rendben visszaveri. Az átengedett fény egy nem tükröző felületre szóródik, amelynek egy része ismét átmegy az alaplemezen és ott interferál a résszel, amelyet a rács visszaver. Ezt az interferenciaképet egy detektorhálózat észleli és dolgozza fel. Az optikai mértéket az alapfelületnek a mérés ideje alatt változatlan szerkezete határozza meg. Ez a mérési elv régóta is-

mert, de a berendezés elhelyezése  $1 \text{ cm}^3$  térfogatban eddig nem volt lehetséges, vagy legalábbis túl drága lett volna.



1. ábra Az optikai pozicionáló szenzor működésének alapelve

Erre kínált megoldást egy integrált műanyag optika. A szenzor itt is három alegységből áll, amelyeket egy vagy két lépésben hozzá lehet csatolni a szenzorhoz. Az első alrendszer egy hordozó, amelyben minden optoelektronikai egységet (fényforrás, detektorsor, elektronika) elhelyeztek, a második alrendszer tartalmazza a passzív optikai komponenseket (fókuszáló és kollimáló lencsék, polarizátorok, osztórácsok, összesen 10 alkatrész), a harmadik alrendszerben van a műanyag osztólemez a reflexiós ráccsal. A 2. alrendszert egy formázási lépésben, de különböző módszerek bevonásával állítják elő. Az egész rendszer térfogata kisebb, mint  $1 \text{ cm}^3$ , a szenzor helyzetmérő pontossága a felületen mindkét irányban  $5 \mu\text{m}$  alatt van

## Mikrooptikai rendszerek sorozatgyártása

*Az információtechnika terjedése lehetetlen lenne az optikai elemek sorozatgyártása nélkül.* Gondolni kell csak a rengeteg kijelzőre, biztonsági kamerá-

ra, optikai elven működő egérre, DVD lejátszóra stb. Az autóipar, a biotechnológia és az orvosi berendezések és műszerek gyártása ugyancsak rengeteg, reprodukálhatóan gyártható érzékelőt (szenzort) igényel. A gyártott optikai elemeknek precíznek és ugyanakkor olcsónak kell lenniük. Ehhez új elvekre és gyártási módszerekre van szükség. *Lehetetlen lenne pl. rendkívül lapos (5 mm-nél vékonyabb) kamerákat készíteni több milliós évenkénti mennyiségben, darabonként néhány EUR körüli áron a hagyományos szerkezet áttervezésével.* Ez csak a műanyag optika vagy a műanyag és üveg vagy fém kombinációjával készülő eszközök felhasználásával lehetséges. Az egyre gyorsabb fejlesztés, a rövid termékélettartam iránti igény is a műanyag vagy műanyagos hibridrendszereknek kedvez.

A mikrooptikai elemek gyártásához használt *anyagok és technológiák* nem különböznek lényegesen azoktól, amelyeket a makrooptikai elemekhez használnak. Újdonságként talán csak a polimer/kerámia hibridek (ún. Ormocer anyagok) említhetők. A mikrooptikában számos teljesen új eljárást alkalmaznak.

A szerszámban levő szerkezeti részletek kialakításához a következő eljárásokat alkalmazzák: fotolitográfia és „reflow” módszer, litográfia (ezek maszkos eljárások), változtatható dózisú elektronsugár, lézeres feliratozás, holográfia, gyémántos megmunkálás. Ezek közül a szerkezeti egységek mérete, pontossága, bonyolultsága és az elérendő darabszám alapján választják ki a legmegfelelőbbet. Kisebb és bonyolultabb alakok irányába haladva egyre gyakrabban kell kombinálni a különböző eljárásokat. A közvetlen gyémántos megmunkálást inkább csak a prototípusok gyártásához vagy kis darabszám esetén alkalmazzák.

A szerszám előállítás után alkalmazott *replikációs eljárás* is a darab alakjának bonyolultságától és a darabszámtól függ. A 3D-s elemek előállítására általában ma is a fröccsöntés különböző változatai a legalkalmasabbak, bár itt is sok függ a mérettűrés követelményeitől. Ha pl. 100 µm esetében csak 1 µm eltérés engedhető meg, azt már csak UV-öntéssel lehet elérni. Bármelyik eljárást is használják, a darab tervezésénél figyelembe kell venni a műanyagos sajátságokat, ami teljesen más tervezési gondolkodásmódot követel, mint a hagyományos technológia.

Az optikai rendszerekben a méretpontosság nagyon fontos – a diffrakciós optikákban akár nanométeres méretekben, a refrakciós optikákban nagyobb léptékben. A megengedett tűrés az alkalmazott hullámhossz töredéke. A teljes optikai rendszer mérete viszont akár a 10 cm-t is elérheti.

*Összefoglalva* megállapítható, hogy a polimerek bevonását a hibrid optikai rendszerek fejlesztésébe és gyártásába jelentősen meggyorsította a replikációs (alakadási) technológiák gyors fejlődése (mind a méretekben, mind a pontosságban), a szerszámgyártásban alkalmazható technikák számának gyarapodása, az optikában alkalmazható polimerek számának bővülése és

olyan polimerek megjelenése, amelyeket nem károsít a feldolgozás egyes fázisaiban fellépő magasabb hőmérséklet.

**Dr. Bánhegyi György**

Müller, W.: Hohes Integrationspotenzial für optische Bauteile. = Kunststoffberater, 49. k. 12. sz. 2003. p. 36–38.

Müller, W.: Intelligente Designlösungen. = K-Zeitung, 2004. febr. 3–5. p. 10.

Karthe, W.: Kunststoffoptik – Weg zu miniaturisierten optischen Systemen. = K-Zeitung, 2004. febr. 3–5. p. 17–18.