

## Műanyag formadarabok fénye és színe

A műanyag formadarabok megjelenésének fontos eleme a felület fényessége és a darab színe. Ezeket a tulajdonságokat nem csak a szerszámfelület kiképzése, a bekevert színezék minősége és mennyisége határozzák meg, hanem a feldolgozás, pl. a fröccsöntés körülményei is. A felületi fényesség és a szín meghatározására egyre több mérőműszert fejlesztenek ki, és ezek egy része a gyártósoron, on-line üzemmódban is alkalmazható.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; polipropilén; felületminőség; fényesség; érdesség; szín; pigment; mérőműszer.*

Egy fröccsöntött formadarab szemrevételezésekor először azt állapítják meg, hogy „szép” vagy „nem szép”. Ilyenkor nem csak azt nézik meg, hogy vannak-e rajta hegedési összecsapások, látható folyási pályák, beszívódások, légzárványok, hanem azt is, hogy milyen a felület fénye és milyen a darab színe. A fényesség fontos összetevője a megjelenésnek. A matt felület elegánsabbnak, finomabbnak hat; a fényes felület a tisztaságot és a könnyen tisztíthatóságot sugallja. A szín homogenitása és az elvárt árnyalattal való azonossága pedig alapvető követelmény.

Régi megfigyelés, hogy a feldolgozási paraméterek befolyásolják a darab színét és fényét. Egy svéd kutatócsoport egy pigmenttartalmú polipropilén fröccsöntési körülményeinek változtatásával próbálta felderíteni, hogy milyen a hatása a különböző paramétereknek. Egy műanyag-feldolgozó cég a gázzal segített fröccsöntés egy újabb változatával gyárt lakkozást nem igénylő, magas fényű, nagyméretű teherautóelemet.

A felületi fényesség és a szín fontosságának növekedését mutatja az is, hogy az észak-amerikai nagy műanyag-kiállításon, a chicagói NPE-n 2006-ban több cég állított ki új mérőberendezést ezeknek a tulajdonságoknak az ellenőrzésére.

## A fröccsöntési paraméterek hatása a pigmentált PP fényességére és színére

A göteborgi műszaki egyetem kutatócsoportja 138 x 78 x 2,7 mm méretű próbatesteket fröccsöntött polipropilénből. A próbalap felülete három azonos méretű, de eltérő érdességű területet tartalmazott. A középső terület sima (S), az egyik mellette levő terület finoman strukturált (F), a harmadik terület durván strukturált (D) volt. A szerszámüregbe a polimer 123 mm széles filmbeömlésen keresztül jutott be.

A felhasznált PP a svédországi **Polykemi AB POLYfill TS20020UV** típusú gyártmánya volt, amely 10% talkumot, 10% kalcium-karbonátot és fénystabilizátort tartalmaz. Színezéshez a kutatók titán-dioxidból, egy *G9101* jelű sárga pigmentből,

vas-oxidból és koromból álló keveréket használtak. Háromféle PP-t dolgoztak fel: pigment nélküli eredeti polimert (PP0), 1,5 %(m/m) pigmentet (PP1), ill. 2,5 %(m/m) pigmentet tartalmazó keveréket. A színezett keverékekkel csontszínű próbatesteket kaptak különböző árnyalatban.

A háromféle keverék differenciál pásztázó kaloriméterrel (DSC) mért olvadáspontja gyakorlatilag nem változott a pigment hatására. A kristályossági fok csekély mértékben csökkent a pigment mennyiségének növelésével.  $300\text{ s}^{-1}$  nyírósebesség felett a három keverék viszkozitása azonos volt.

A próbatesteket a következő paraméterekkel készítették:

- $30\text{ °C}$  szerszámhőmérséklet, 30 bar utónyomás,
- $30\text{ °C}$  szerszámhőmérséklet, 60 bar utónyomás,
- $60\text{ °C}$  szerszámhőmérséklet, 30 bar utónyomás,
- $60\text{ °C}$  szerszámhőmérséklet, 60 bar utónyomás.

A fröccssebességet 5–150 mm/s, az utónyomás időtartamát 2–18 s között változtatták.

Mérték a próbatestek háromféle érdességű területének fényességét, érdességét és színét a feldolgozási paraméterek függvényében.

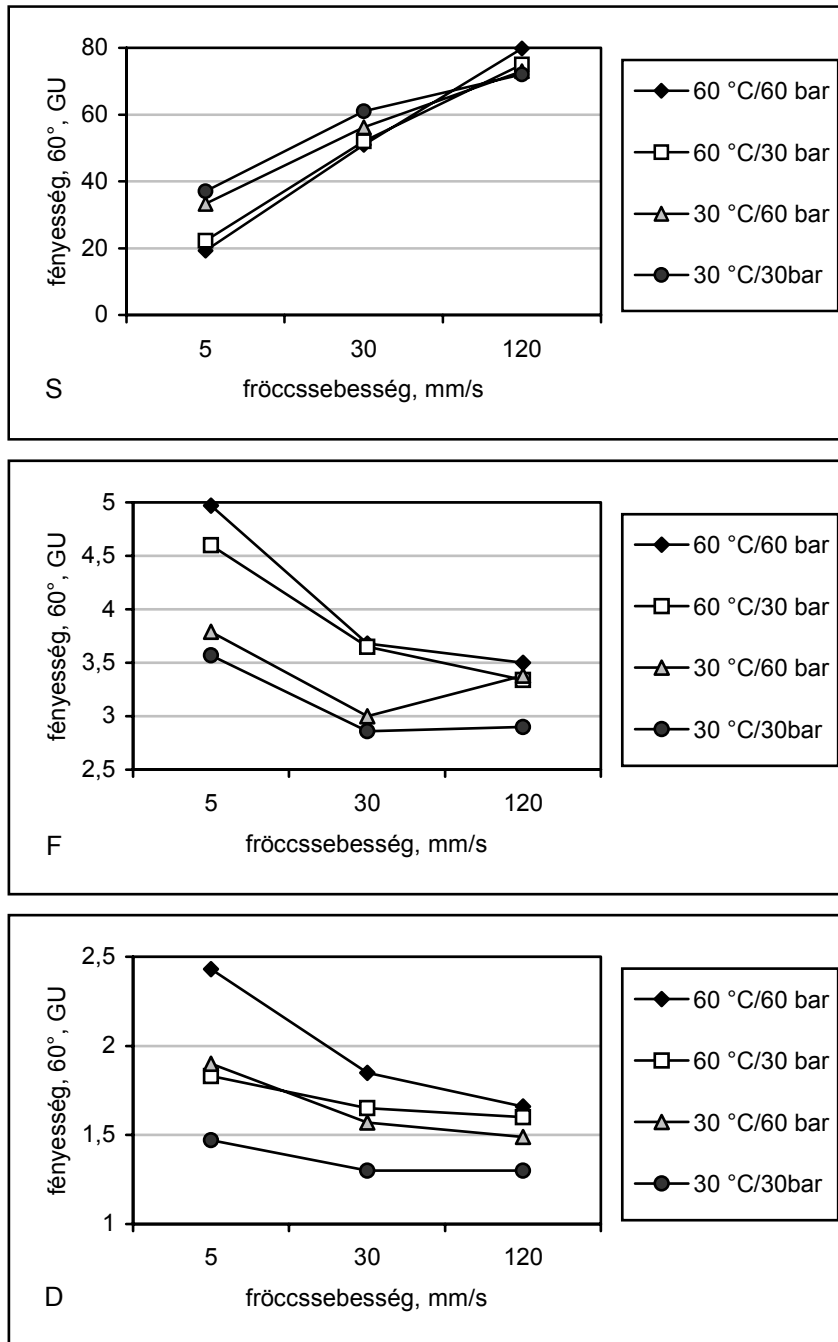
A *fényesség* a felületről visszaverődő fény a megfigyelés irányába. Mértékét meghatározza a felület strukturáltsága (textúra), a fény hullámhossza, a beeső fény szöge és az anyag fényvisszaverő képessége. Mivel a műanyagok utóbbi tulajdonsága szűk tartományba esik, *a műanyag tárgyak felületének fényességében különösen nagy szerepe van a felület érdességének*. Sima felületről a fény legnagyobb része a megfigyelés irányába verődik vissza, ezért az ilyen felület fényesnek látszik. Durván strukturált felület diffúzan szórja a fényt, ezért ez mattnak hat.

A felület fényességét *ASTM D 2457*, *ASTM D 523*, ill. *ISO 2813* szabvány szerint, ún. fényességmérővel mérik, az eredményt fényességi egységekben (GU) adják meg. A fényességmérő lényegében a fényvisszaverődést méri; a berendezést ismert visszaverő képességű szabványos fekete üveglap segítségével kalibrálják. A szabványokban ajánlott mérési szög  $20^\circ$ ,  $60^\circ$  és  $85^\circ$ , az ISO szabványban  $75^\circ$  is szerepel. A leggyakrabban  $60^\circ$ -kal végzik a mérést.

A PP2-ből fröccsöntött próbatesteken mért értékeket az *1. ábra* mutatja. A PP1 próbatesteken hasonló értékeket mértek. *A fröccsöntés körülményei legjobban a sima felület fényességére hatottak. A PP1 próbatesten a fröccsöntés sebességének, a szerszámhőmérsékletnek, ill. az utónyomás növelésének hatására 185, 75, ill. 20%-kal, a PP2 próbatesteken 255, 80, ill. 16%-kal nőtt a visszavert fény. Mindkét polimerkeverékből a legfényesebb sima felületet (79,8% GU) 120 mm/s fröccssebességgel,  $60\text{ °C}$  szerszámhőmérséklettel és 60 bar utónyomással kapták.*

*Nagyságrenddel kisebb volt a strukturált felületek fényessége, és ez ellenkező irányban változott a feldolgozási paraméterek hatására. A PP1 finoman strukturált felületének fényessége 27%-kal, a PP2-é 30%-kal, a durva felületé ugyanilyen sorrendben 23%-kal, ill. 32%-kal csökkent, amikor a fröccsöntés sebességét 5 mm/s-ról 120 mm/s-ra növelték. A szerszámhőmérséklet és az utónyomás növelése is általában csökkentette a felület fényességét.*

Az *érdesség* mérését az *ISO 4287* szabvány írja le. Ennek lényege, hogy egy vonal mentén (metszettepintós vagy lézersugaras érdességmérővel) adott hosszban határozzák meg a középvonaltól kiemelkedő és bemélyedő profilok magasságát. Az érdességet leggyakrabban az átlagos felületi érdességgel ( $R_a$ ) jellemzik, amely a mérési hosszban belül az észlelt profil középvonalától mért eltérések abszolút értékének átlaga. Használják az egyenetlenség magasságát ( $R_z$ ) és a legnagyobb felületi érdességet ( $R_{max}$ ) jelzőszámként. Valamennyi  $R$  érték azonban lineáris (a metszet élén mért) értékeket tükröz.



1. ábra  
A fröccssebesség, a szerszámhőmérséklet és az utónyomás hatása a PP2 felületi fényességére  
S – sima felület  
F – finom felület,  
D – durva felület.

A mai számítógépes technika azonban lehetővé teszi a felület egyenetlenségeinek, kiemelkedő vagy bemélyedő formáinak 3D-s leírását, és ilyen technikával nem egy vonal mentén, hanem egy adott területen belül lehet az érdességet mérni. Az  $A$  területre jellemző érdesség,

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{A} \int_A z^2(x, y) dx, dy}$$

ahol  $z$  az  $A$  területen belül az  $x, y$  koordináták mentén mért magasság.

További finomítással ún. frakcionális analízis is végezhető, amellyel a felületi érdesség rendezettsége, a hatványtörvénytől való eltérése érzékeltethető. Ennek egyik mérőszáma egy korrekciós tényező, amelyet  $\xi_{II}$ -val jelölnek (lateral correction length).

A PP2 próbatesteken és a szerszámfelületen a fentiek szerint meghatározott  $S_q$  és  $\xi_{II}$  értékeket tartalmaz az 1. táblázat. Az érdességre jellemző paraméterek és a felületi fényesség között határozott összefüggést észleltek. A sima felületen  $S_q$  értéke erőteljesen csökkent, ha növelték a fröccssebességet, a szerszámhőmérsékletet és az utónyomást, a finoman strukturált felületen a paraméterek növelése növelte az érdességet, ami összhangban van a fényesség változásával. A durva felületen ez az összefüggés nem volt ennyire egyértelmű. Mind a finom, mind pedig a durván strukturált műanyagfelület érdessége valamivel kisebb volt, mint a szerszámfelületé, ami arra utal, hogy nem volt tökéletes a szerszám leképezése. Ezt igazolja, hogy a finom felület  $\xi_{II}$  értéke jóval közelebb volt a szerszáméhoz, mint a durva felületé. Az eredmények az ömledék viszkozitásának fontosságát jelzik. A fröccsöntött felület fényességét az is befolyásolja, hogy milyen tökéletesen követi az a szerszám alakját. A kisebb viszkozitású ömledék nagyobb nyomáson és magasabb hőmérsékleten hűségesebb lenyomatot ad.

1. táblázat

A szerszámfelület és a PP2 próbatest felületének strukturáltságára jellemző mérőszámok

Fröccsnyomás – szerszám-hőmérséklet – utónyomás	Sima felület		Finom felület		Durva felület	
	$S_q$	$\xi_{II}$	$S_d$	$\xi_{II}$	$S_d$	$\xi_{II}$
Próbatest						
5 mm/s – 30 °C – 30 bar	0,677	24,8	4,3	95	31,1	330
120 mm/s – 30 °C – 30 bar	0,076	8,1	5,1	90	30,3	315
120 mm/s – 60 °C – 60 bar	0,067	13,0	–	–	–	–
Szerszám	0,011	–	6,1	78	33,4	400

$S_q$  a függőleges irányú egyenetlenségek magasságából számított mérőszám,  $\mu\text{m}$ .

$\xi_{II}$  korrelációs tényező,  $\mu\text{m}$ .

A szín ellenőrzéséhez a visszavert fény spektrumát vizsgálják spektrofotométerrel. Meghatározzák az ún. CIELAB színekoordinátákat:  $L^*$  (világos/sötét tónus jellem-

zője),  $a^*$  (vörös/zöld tónus jellemzője),  $b^*$  (sárga/kék tónus jellemzője). A méréseket kétféle üzemmódban lehet végezni: a megfigyelés irányába visszaverődő komponens figyelembevételével (*SCI üzemmód* vagy teljes visszaverődés) vagy ennek figyelembevétele nélkül (*SCE üzemmód*, vagy diffúz visszaverődés).

A PP1 és PP2 próbatestek sima és finoman strukturált felületeinek  $L^*$  értékét a 2. ábra mutatja. *A sima felületek  $L^*$  értéke csökkent (azaz a próbatest felülete sötétebb árnyalatú lett), ha 30 °C szerszámhőmérséklet és 30 bar utónyomás mellett a fröccssebességet 5 mm/s-ról 120 mm/s-ra növelték, a PP1 esetében pl. 65,4-ről 64,4 egységre; de csökkent az utónyomás növelése után is, a PP2 pl. 65,1-ről 64,8-ra, továbbá a hőmérséklet emelésekor, a PP1 az 5 mm/s fröccssebesség és 30 bar utónyomás mellett 65,4-ről 65,1 egységre.*

*A finoman strukturált felületek ezzel szemben kicsit világosabbak lettek a fröccsöntés sebességének növelésekor. Ez a jelenség a PP2-n valamivel erőteljesebb volt (30°C/30bar mellett PP1 66,6 → 66,8, PP2 65,1 → 64,5). A szerszámhőmérséklet és az utónyomás növelése hasonló irányú, de kisebb mértékű változást idézett elő. A durván strukturált felületeken is ilyen változásokat figyeltek meg, de a mérőszámok kb. 0,5 tel nagyobbak voltak. A pigmenttartalom növelésének hatására valamennyi felület sötétebb tónusúvá vált.*

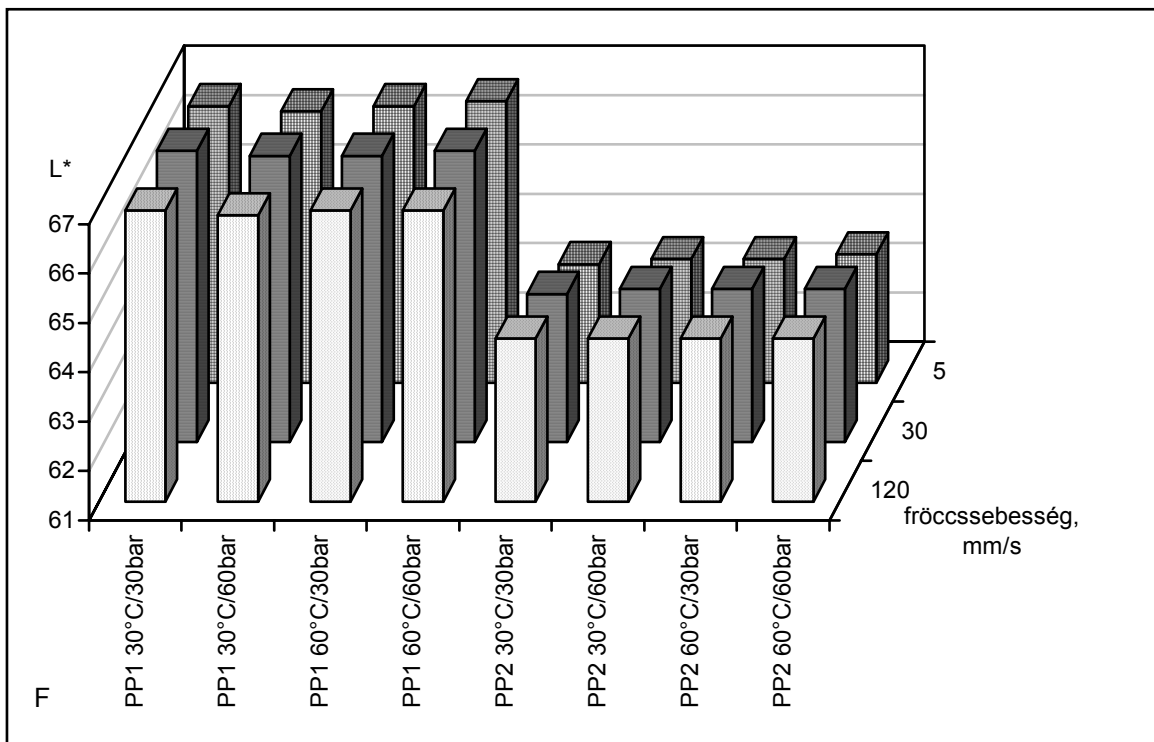
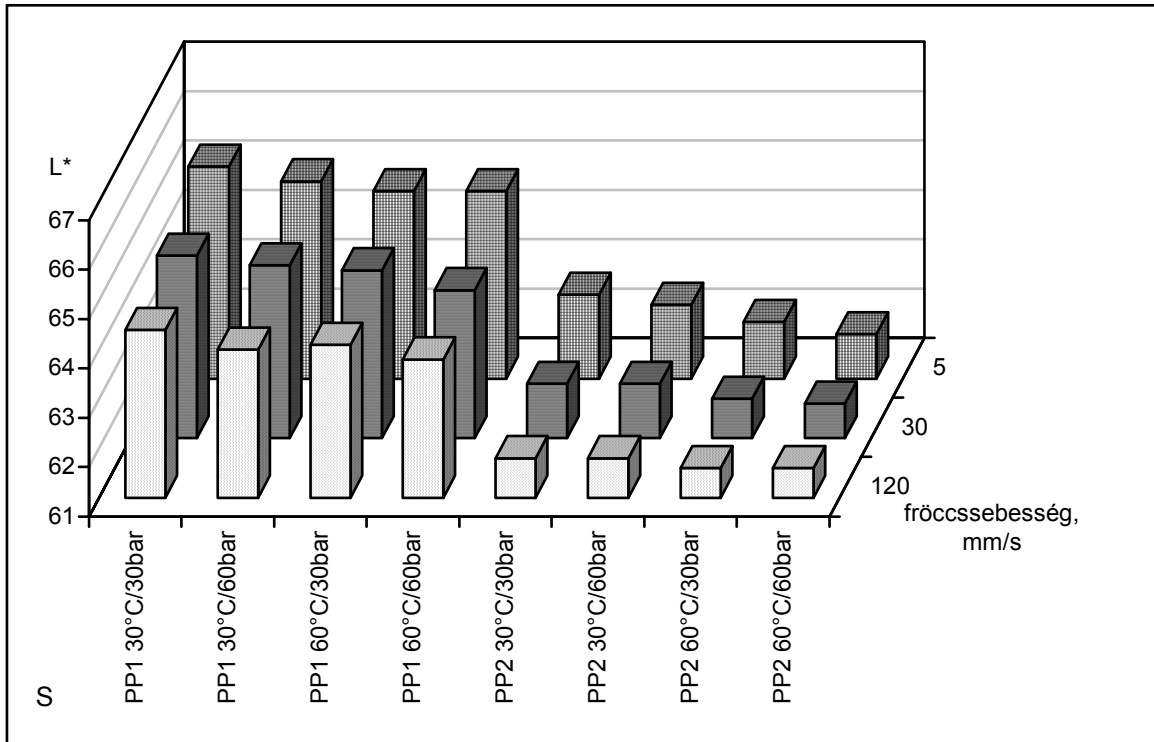
A PP1 és a PP2 sima felületének  $b^*$  koordinátái nőttek (a felület sárgább tónusúvá vált) a fröccssebesség, a szerszámhőmérséklet és az utónyomás növelésének hatására. A finoman strukturált felületek  $b^*$  koordinátái ezzel szemben csökkentek (a tónus kékebbre változott) a fröccssebesség növelésével, függetlenül a szerszámhőmérséklettől és az utónyomástól. A pigment koncentrációjának növelése minden esetben növelte  $b^*$  értékét.  $a^*$  értéke a PP1 próbatesteken 2,6 egység, a PP2 próbatesteken 3,3 egység volt, és ezt nem befolyásolta sem a felület struktúrája, sem a feldolgozás módja.

*A kísérletekből a kutatók azt a következtetést vonták le, hogy a pigmenttartalmú fröccsöntött PP formadarabok felületi fényessége és színárnyalata erősen függ a feldolgozás körülményeitől. A legnagyobb a hatása a szerszámkitöltés sebességének, kisebb mértékben a szerszámhőmérséklet és az utónyomás is befolyásolja ezeket a tulajdonságokat. A felületi fényesség és a színárnyalat reprodukálhatóságának alapfeltétele a szerszám minél pontosabb leképezése, amire a kisebb viszkozitás, a nagyobb nyírósebesség és a magasabb szerszámhőmérséklet pozitívan hat.*

## **Nagyméretű fényes felületű járműelem fröccsöntése belső és külső gázbefúvással**

A járműipar különösen kényes termékei külső felületének tökéletes voltára. Ilyen „A osztályú” felületet műanyagokon is többnyire utólagos lakkozással érnek el. Az USA-ban egy autóipari beszállító nagy gyakorlatot szerzett a gázzal segített fröccsöntésben, és ezt a technológiát belső és külső gázbefúvás formájában külön-külön rendszeresen alkalmazta.

Egy másik beszállító, aki fűtő- és klímaberendezéseket szállít az autóiparnak, egy hűtőegység házát rendelte meg a fröccsöntő üzemtől. A hűtőegységet egy pótkocsis



2. ábra A PP1 és PP2 keverék színhatásának világos/sötét tónusára jellemző L\* érték a feldolgozási paraméterek függvényében (S: sima felület, F: finom felület)

jármű vezetőkabinja és az utánfutó közé építik be. Az elemet addig ABS/PC-ből ikerlemezes hőformázással készítették. A műanyag elem azonban karbantartáskor könnyen megsérült. Feltétel volt, hogy az új elem megjelenése legyen hasonló a lakkozott *A osztályú* felületű járműéhez, de a szerszámból való kivétel után ne igényeljen utólagos kikészítést.

*A fröccsöntő üzemben olyan technológiát fejlesztettek ki, amelyben – a világon elsőként – együtt alkalmazták a belső és a külső gázbefűvást. A gyártandó darab hossza kb. 193 cm, szélessége 57 cm, vastagsága 0,45 cm, tömege 5,7 kg. A darabot domborított keret és bordák erősítik. A fröccsöntés kezdetekor teljesen kitöltik a szerszámteret polimerrel. 25 s késleltetéssel fűvókán keresztül benyomják a (belső) nitrogén-gázt, amelynek hatására kialakulnak a bordák és egy 5 cm-es keret a darab körül, egyúttal egy 4 cm átmérőjű gázcsatorna is a keret körül. Újabb késleltetés után másik szelepen keresztül (külső) gázt juttatnak a már lehűlt polimerréteg és a szerszám fala közé. Ennek hatására csökken a darabban levő feszültség és tükröfényes lesz a darab felülete. A külső gázréteg megkönnyíti a kész darab kivételét a szerszámból.*

Az új technológia révén meg lehetett takarítani egy „klasszikus” fröccsöntő szerszám rendkívül magas költségeit. Egy ilyen szerszámba több fűtött csatornás beömlőt kellett volna betervezni a jelenlegi egyetlen beömlő helyett, és a jelenlegi 3000 tonnás fröccsöntő gép helyett legalább 5000 tonnásat kellett volna alkalmazni. A hűtőegység alapanyaga a **GE Plastics** (a ABS/PC-nél olcsóbb) *Geloy ASA* nevű polimerje, amelynek kitűnő az időjárás-állósága, és felületi fényessége külön kikészítés nélkül eléri a 90 GU-t.

## Új mérőeszközök a fényesség és a színárnyalat meghatározására

A felületi fényesség és a színárnyalat fontosságának növekedését bizonyítja az, hogy a 2006-os chicagói műanyagvásáron, az NPE-n jónéhány új mérőberendezést mutattak be ezeknek a tulajdonságoknak a meghatározására, közöttük több in-line készüléket.

Az **X-Rite** cég *VeriColor Spectro* spektrofotométere érintésmentes üzemmódban működik. Fröccsöntő és fűvóformázó gépen vagy extruderen egyaránt in-line mérőeszközként alkalmazható. Színeltérés helyett „abszolút” szint határoz meg. Az eddig hozzáférhető érintésmentes színmérő eszközök közül az olcsóbbak csak durva színeltérések meghatározására voltak alkalmasak. A legnagyobb teljesítményű spektrofotométerekkel eddig is lehetett abszolút szint mérni, de ezek ára egyrészt 60 ezer USD felett volt, másrészt méreteik miatt szóba se jöhettek in-line berendezésként. A *VeriColor Spectro* berendezések ára ezzel szemben 15–20 ezer USD, nem nagyobbak egy videokameránál, és képesek minden egyes fröccsöntött darab vagy minden egyes extrudált profil ellenőrzésére.

A **Hunterlab** cég *ColorQuest OL* spektrofotométerét kifejezetten átlátszó vagy áttetsző fóliák gyártás alatti ellenőrzésére fejlesztette ki. Laboratóriumi ellenőrzésre ajánlja *UltraScan Pro* nevű berendezését, amely áteső vagy visszavert fényben képes színmeghatározásra. A berendezés *SCI* vagy *SCE* üzemmódban is használható. Mérési tartománya kiterjed a közeli infravörös és a közeli ultraibolya tartományra is. A mérés

három különböző méretű területre terjedhet ki. A kiértékelést *EasyMatch QC* szoftver segíti.

A **Datacolor** cég színekombinációk alkotásához nyújt segítséget *Datacolor Match Pigment* nevű szoftverjével. A szoftver ötféle megvilágítást, kontrasztot vesz figyelembe, és az árát is kiszámítja. Általa nagyon sok laboratóriumi munkát lehet megtakarítani. A **GTI Grafic Technology** *MiniMatcher* nevű színellenőrző rendszerét mutatta be. Ez egyszerre 3–5 fényforrás fényében képes a színhatást mérni. A **Byk-Gardner** cég *Spectro-guide* nevű mérőeszköze kézi szín- és fényességmérő berendezés, az **Equitech** *Equispec OSC* berendezése valós idejű, extruderen belül alkalmazható mérőműszer.

Összeállította: Pál Károlyné

Pisciotti, F.; Boldizar, A. stb.: Effects in injection-molding conditions on the gloss and color of pigmented polypropylene. = *Polymer Engineering and Science*, 45. k. 12. sz. 2005. p. 1557–1567.

Knights, M.: Close-up on technology: Injection molding. Dual gas-assist techniques advance large-part molding. = *Plastics Technology*, 52. k. 11. sz. 2006. nov. [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

Manolis Sherman, L.: NPE 2006 news wrap-up. Testing & QC: New lab instruments stress affordability & convenience. = *Plastics Technology*, 52. k. 11. sz. 2006. nov. [www.ptonline.com](http://www.ptonline.com)

### Konferencia felhívás

2007. június 12–14 között, Budapesten kerül megrendezésre a 3. „China-Europe Symposium on Processing and Properties of Reinforced Polymers” nemzetközi konferencia, amelynek célja bemutatni a legfrissebb kutatási eredményeket az új kompozit anyagok és technológiák fejlesztése területén. Így kiemelt szerepet kapnak a nanokompozitok, az intelligens anyagok, a hibrid kompozitok, a biodegradábilis anyagok, a szimuláció és modellezés, a nagy teljesítményű kompozitok, a legújabb módszertani fejlesztések és vizsgálati technikák, valamint az újrahasznosítás. A konferencia kiváló lehetőséget nyújt mind az európai kutatókkal való kapcsolatteremtésre, a nemzetközi pályázati konzorciumok munkájába való bekapcsolódásra, mind a robbanásszerűen fejlődő kínai műanyagiparral való kapcsolatfelvételre a konferenciára érkező kb. 50 kínai résztvevőn keresztül. Bővebb információ és regisztráció a <http://3ch-eu.pt.bme.hu/> honlapon.

