

## A műanyagok színazonosítása tudomány és művészet

A műanyag termékek elvárt színe része a minőségnek. A pontos színárnyalatot nehéz beállítani és még nehezebb a színazonosságot fenntartani. A szemrevételezéssel végzett ellenőrzés gyakori, de megbízhatatlan módja a szín ellenőrzésének. A műszeres mérés bonyolult és drága, ezenkívül nem mindig kompatibilis az emberi szemmel. A műanyag-feldolgozóknak gyors és olcsó ellenőrző módszerekre van szüksége, és az ilyenek már nem elérhetetlenek.

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; minőség-ellenőrzés; színmérés; szemrevételezés; műszeres vizsgálat; inline ellenőrzés.*

Egy kisgyerek fokozatosan tanulja meg a színeket érzékelni, és azt, hogy egy azonosan megnevezett színnek számos árnyalata lehet – másképpen zöld a tenger és a fű. Ezeket a legtöbb ember könnyen meg tudja különböztetni, ezt természetesnek tartja, és élete folyamán nem is okoz neki gondot. Annál nagyobb probléma az, hogy hogyan mérhetők és hogyan fejezhetők ki ezek a különbségek, és mekkorák azok az eltérések, amelyeket az emberi szem már nem képes érzékelni, ha a színazonosságról kell gondoskodni, amely ma már fontos része a megfelelő minőségnek. Egy jármű belső terébe pl. akár 2000 különböző formájú és textúrájú alkatrészt is beépíthetnek, amelyeknél egyenként kell teljesíteni és a vásárlóval elfogadtatni az állandó színt.

A tudományos kutatás arra irányul, hogy műszeresen érzékelje a színeket és a mérési eredmények elemzése alapján jellemezze a színárnyalatok közötti különbségeket. A mérésekhez egyértelmű eljárás, megbízható módszer, reprezentatív mintavétel, továbbá hiteles, tiszta és gondosan tárolt standard minták, etalonok szükségesek. A vizsgált mintáknak statisztikusan képviselniük kell a teljes vizsgálandó tételt, nem lehet rajtuk szennyeződés, formájuknak követnie kell az alkalmazás formáját, és a mintákon mért értékeknek egy megadott tűrési tartományon belül kell lenniük.

### Szemrevételezés és műszeres elemzés

A színazonosság megállapítását még ma is többnyire szemrevételezéssel végzik. Az eredmény azonban sokszor vitatható. A színérzékelés ugyanis erősen szubjektív és sok tényezőtől függ. Befolyásolja a vizsgálatot végző személy szeme és agyműködése, továbbá a környezet is. Pl. a fényforrás erőssége és színe, de az sem ritka, hogy az összehasonlító minta színárnyalata az idő függvényében változik. *A vizuálisan meghatározott színek reprodukálhatósága meglehetősen gyenge.* A színek közötti eltérés mér-

tékét különösen nehéz szemmel érzékelni, még nehezebb a különbségre visszaemlékezni. Ha valaki egy standard minta alapján egy tételt az árnyalateltérés alapján még megfelelőnek ítél, lehet, hogy egy hasonló árnyalateltérést legközelebb már elfogadhatatlannak fog tartani.

A műszeres mérés kizárja az emberi tényezőt. Ezzel viszont az a bökkenő, hogy a műszer nem azt látja, amit az emberi szem, és a végső cél mégis csak az, hogy az emberi látás számára legyenek a termékek színazonosak. Ezért *a műszeres méréseket mindig az emberi észlelés figyelembevételével kell kialakítani*, ami nem könnyű, mert a színhatás attól is függ, hogy ki nézi és hol nézi az adott tárgyat.

Mivel a színazonosító berendezések nagyon fontosak a tudományos színmérés számára, érdemes végiggondolni, hogy mire kell ügyelni alkalmazásukkor. Mindenekelőtt alaposan meg kell ismerni a készüléket. Az emberi szem nagy előnye, hogy mindenki pontosan tudja, hogyan kell használni. A bonyolult készülékkel azonban – ha nem ismerik tökéletesen működésének mechanizmusát – könnyű elkövetni olyan hibát, amely valótlan eredményeket generál. Bármilyen készüléket és eljárást alkalmaznak, annak eredményei bizonyos hibahatárokon belül szóródnak, és a mérést végzőnek tudnia kell, hol vannak a határok, azaz mennyire pontos a készülék. Ismerni kell a megfigyelés szögét és a fényvisszaverődést, mert ezek befolyásolják a mérés eredményét.

## A színmérés elemzése

Színmérésre leggyakrabban az ún. CIELAB eljárást alkalmazzák, amelyet a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE, Commission Internationale de l'Éclairage) szabványosított. *A mérés alapja a Grassmann törvény, amely szerint egy szín jellemzéséhez három egymástól független adat szükséges és elégséges.* A három adatra azért van szükség, mert a színlátás az emberi szem három csapocskájához kapcsolódik. Ez a rendszer 3D-s színtérben elhelyezett koordinátákkal ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), színponttal jellemzi a minták színét. A színárnyalat (színezet) értékeit két egymásra merőleges tengelyen ábrázolja.  $L^*$  a világosság/sötétség mérőszáma ( $0_{\text{fekete}}..100_{\text{fehér}}$  közötti érték),  $a^*$  a vörös/zöld árnyalatok jellemzője (vörös =  $0..+100$ , zöld =  $0..-100$ ),  $b^*$  a sárga/kék árnyalatoké (sárga =  $0..+100$ , kék =  $0..-100$ ).

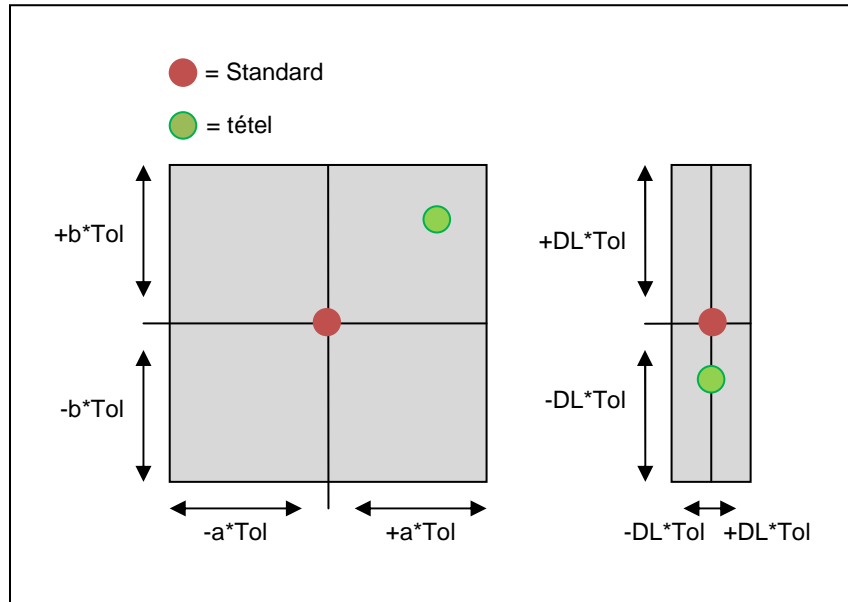
*A színárnyalat mellett a kromacitást (telítettség, színintenzitás, C), a színfokozatot (H, hue) és a két szín spektrális távolságát (E) is meghatározzák.*

A színazonosság elfogadása vagy el nem fogadása azon múlhat, hogy mekkora tűrésben állapodtak meg a felek. Ha ezt vizuális megítélésre alapozzák, súlyos viták kerekedhetnek, ami a vesztes félnek anyagi kárt okoz. Ezért célszerű a műszeres mérésre támaszkodni, és kijelölni azt a tűrés tartományt, amelyben a mérőszámok eltérése az etalontól ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta E$ ,  $\Delta H$ ) még elfogadható. A tűréshatárt úgy kell kijelölni, hogy az eltéréseket az emberi szem ne legyen képes érzékelni.

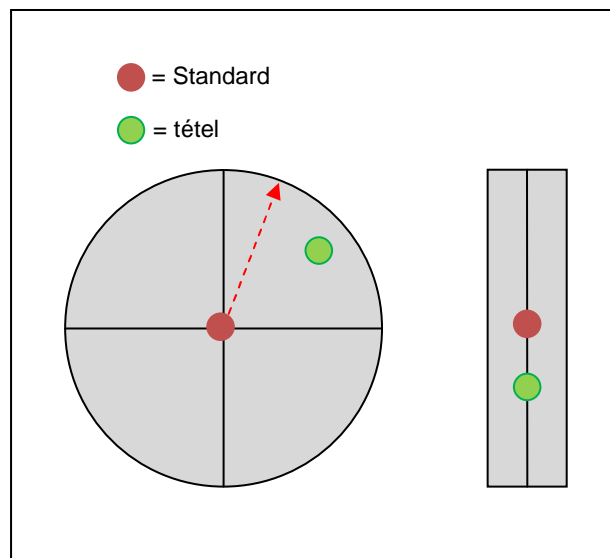
Az eredmények értékeléséhez különböző grafikus módszereket alkalmaznak.

Az 1. ábra szerinti módszerben a színárnyalat mérőszámainak elfogadott tűrése alapján jelölnek ki egy kocka alakú „dobozt”. Ha a vizsgált gyártmány mérőpontjai a

doboz belsejébe esnek, a tétel „megfelel”, ha kívül van, „nem felel meg”. A „megfelel” minősítést kapott tételeket a vevő legtöbbször el is fogadja, de nem minden esetben, mert ez a módszer feltételezi, hogy a színtér lineáris, ami nem teljesen igaz, ezért a kijelölt határértékek nem minden esetben felelnek meg az emberi szem érzékelésének.



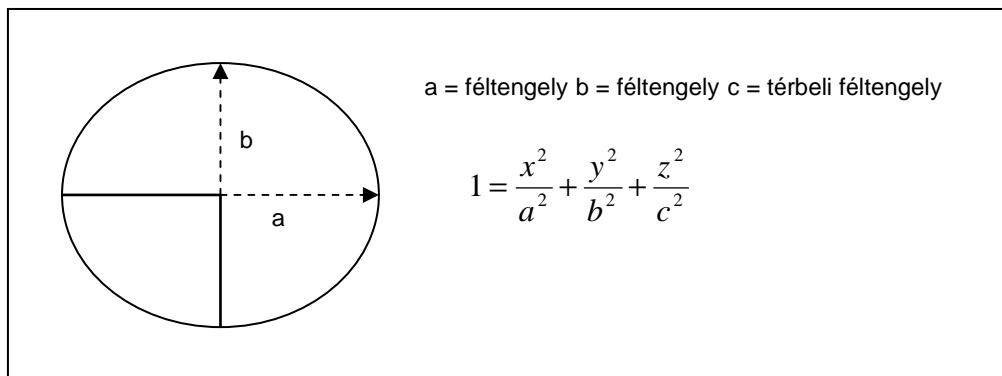
1. ábra A standard etalon színértékeinek tűrése (Tol) alapján kijelölt „doboz” a vizsgált tétel megfelel/nem felel meg minősítéséhez



2. ábra Az etalon és a vizsgált tétel „spektrális távolságának” feltüntetése a standard etalon színértékeinek alapján kijelölt körben a megfelel/nem felel meg minősítéshez

A 2. ábrán látható körben az etalon és a gyártmány spektrális távolságát ábrázolják. A megfelelés feltétele itt is az, hogy a kapott pont a kör belsejébe essék. A módszer bizonytalanságát itt is a színtér feltételezett linearitása adja.

A harmadik módszerben (3. ábra) egy térbeli ellipszist alkalmaznak az ábrában látható egyenlet alapján, amelyet a Color Manufacturing Council (CMC) fejlesztett ki. A rendszer a színárnyalat (hue) és a kromacitás eltéréseit fokozottan veszi figyelembe. Ezek aránya fontos az elfogadhatóság szempontjából. A 2:1 arány általában szavatolja az elfogadást.



3. ábra Az ábrában látható egyenlet alapján generált térbeli ellipszis a megfelelt/nem felelt meg minősítés elvégzésére a színárnyalat és a kromacitás arányának figyelembevételével

Két termék színazonosságát megteremteni úgy, hogy ne legyen közöttük vizuális különbség, bonyolult és költséges feladat. A matematikai különbség és a szem érzékelésének különbsége két eltérő dolog, emiatt hiába mérnek kis különbséget a két szín műszeres jellemzői között, ha az vizuálisan érzékelhető, emiatt a vásárló a terméket visszautasíthatja. A kutatók által vizsgált elemzési módszerek közül a harmadik módszer alapján megfelelőnek minősített tételek közül fogadta el a megrendelő a legtöbbet, a másik két módszerrel minősítettek átvételét számos esetben megtagadta. Ennek oka az, hogy az *ellipszissel dolgozó eljárásban figyelembe veszik a színérzékelés térben nem lineáris voltát*.

A színmérés bizonyos mértékben a tudomány és a művészet keveréke. A színmérésnek sok a buktatója. Még a nagyon sok tapasztalatot gyűjtött színmérő „veteránok” is gyakran tűnődnek azon, hogy egy-egy adott esetben melyik készülékkel és melyik módszerrel jutnak el a legjobb eredményhez.

## **Extrudált zsinórok és profilok színének folyamatos inline ellenőrzése**

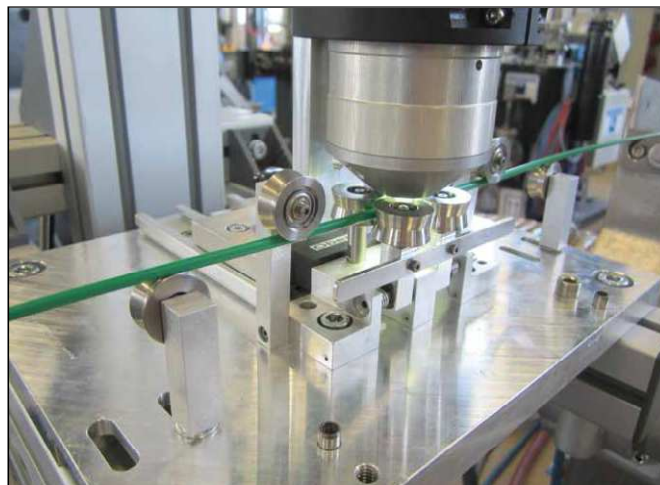
A műanyag-feldolgozóknak azonban valamilyen egyszerűbb színazonosító eljárásra is szükségük van, amellyel ellenőrizhetik termékeik színét, lehetőleg a gyártás

helyszínén. Ha gyártmányaikból mintát vesznek, azt lehűtik, majd próbatestet készítenek, felviszik a laboratóriumba, ahol elvégzik a vizsgálatot, ez legalább 90 percet igényel, és ha hibás a termék, eközben rengeteg selejtet gyártanak.

A németországi SKZ Műanyagcentrum (Würzburg) és a Colorlite GmbH (Katlenburg-Lindau) olyan mérőrendszert fejlesztett ki, amellyel a kompaundáló üzemekben granuláláshoz extrudált zsinórok vagy az extrúziós üzemekben gyártott kábelek, csövek, profilok színe a gyártási folyamatban folyamatosan ellenőrizhető. Ez a módszer költségtakarékos, és minimálisra csökkenti a hibák lehetőségét.

A fröccsöntött termékek vizsgálatától eltérően az extrudált termékek ellenőrzésének egyik előnye, hogy maga a mérés csak nagyon kis méretű felületre terjed ki, ezért miniaturizált mérőfejet alkalmaznak. A kompakt mérőfej „lelke” egy spektrofotométer, és a fej automatikus kalibráló egységet és infravörös hőérzékelőt is tartalmaz. A mérőfejet fényvezető és villamos áramot vezető kábel köti össze a számítógéppel.

A kompaundokból húzott zsinórok futását a méréshez stabilizálni kell, hogy a zsinór és a mérőfej között a távolság állandó legyen. Ezt szolgálja a négy vízszintes és négy függőleges görgő (4. ábra) és az automatikus vastagságmérő, amely a zsinór esetleges egyenetlenségeit érzékeli, jelzésére pedig a rendszert üzemeltető szoftver elvégzi a szükséges korrekciót.



4. ábra Az extrudált zsinór stabilitását a színmérés alatt négy függőleges és négy vízszintes görgő biztosítja

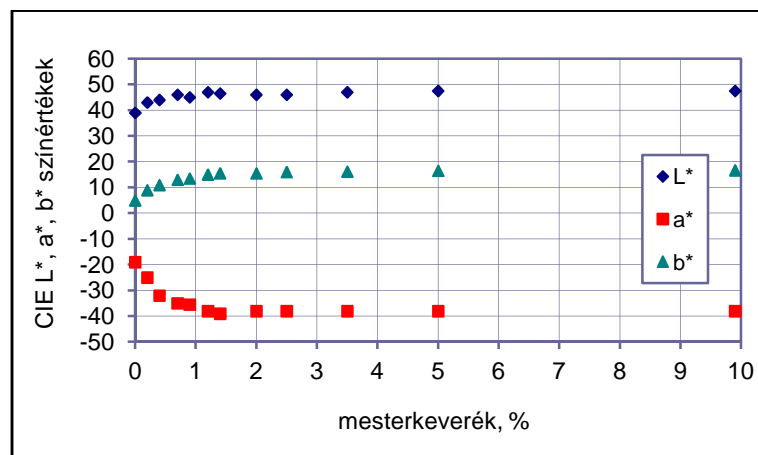
A mérőfejbe a ColorLite GmbH erre a célra készített spektrofotométerét építették be, amely diffúz fényvel világítja meg a felületet és 8°-os szögben vizsgálja az alatta futó terméket. Ez a szögállás – ellentétben a szokásos 45°-os megfigyelési szöggel – érzéketlen a felületi egyenetlenségekre és a felületi fényesség változásaira. A vizsgálandó felületet a mérőfejben lévő fényforrás világítja meg és ugyancsak a mérőfej fo-

gadja a felületről visszaverődő fényt. A minta és a mérőfej között megjelenő külső fényt a szoftver kompenzálja.

A diffúz fényt szolgáltató Ulbricht-gömböt egy masszív alumíniumblokkból munkálták ki nagy pontossággal. (Megjegyzés: a fényforrások tulajdonságainak mérésére a legalkalmasabb műszer az ún. *Ulbricht-gömb*. Az integráló spektrofotométer fő eleme egy zárt gömb, amelynek belső oldalát homogén, fehér fényporból készült speciális bevonat fedi. A gömb oldalában van elhelyezve az érzékelő szenzor, melyet egy árnyékoló lapka takar el a fényforrás által kibocsátott fény elől, hogy a fénysugarak közvetlenül ne eshessenek rá. A vizsgálat során a gömbbe helyezett fényforrás fénye minden irányba reflektálódik, a gömb falán egyenletes fényeloszlást eredményezve, így a vizsgálógömb szenzora által mérhetővé válnak a vizsgált fényforrás fénytechnikai paraméterei. Az Ulbricht-gömb és a hozzá kapcsolt számítógép segítségével elvégezhető a fényforrások teljes fényspektrum-analízise). A gömb belső felületét többféle réteggel fedték, a legfelső réteg bárium-szulfát. A gömb optikai tulajdonságai tették lehetővé, hogy az extrudált termék felületén egy mindössze 1 mm átmérőjű felület figyeljenek meg. A visszaverődés veszteségének mérséklésére a mérőfejet tükrözésmentes üveglappal védik. A mérőfej és a zsinór távolsága 5 mm.

A műanyagokba kevert festékek színe a hőmérséklettől függően változhat (termokróm hatás). Emiatt a színmérő berendezésbe infravörös hőérzékelőt építettek, amely a színméréssel egy időben a vizsgált felület hőmérsékletét is leméri, a szoftver pedig a mért értéket szobahőmérsékletre számítja át.

Az inline méréstechnikai rendszerek naponta 24 órán keresztül, hetente hét napon át folyamatosan működnek. A rendszernek tehát megállás nélkül, megbízhatóan kell működnie. Kalibrálásakor sem lehet leállítani. Optimális megoldásként a mérőrendszert egy második referenciacsatornával is ellátták, ami lehetővé teszi, hogy minden egyes méréskor az Ulbricht-gömb belső fehér falát referenciamintának tekintve a berendezés automatikusan kalibrálja önmagát. Magát a belső falat akkreditált laboratóriumban bevizsgált abszolút referenciaminta segítségével manuálisan kalibrálják.



5. ábra Egy PP kompaund színértékeinek változása a hozzáadott színező mesterkeverék mennyiségének függvényében

Az új színmérő rendszer alkalmazása folyamatos gyártásnál célszerű. Segítségével meghatározható pl., hogy mennyi az a legkisebb pigmentmennyiség, amellyel a polimer fedetté tehető. Az 5. ábrán látható, hogy egy 505P típusú PP-be a *Maxithen Grün* nevű zöld mesterkeverékből nem érdemes 1,2%-nál többet bekeverni, mert az már nem javítja tovább a kompaund színét. Ezáltal elkerülhető a túladagolás, azaz a színezőanyag pazarlása.

Összeállította: Pál Károlyné

Beck, R.: How to measure color – Proper analysis is key for creating parts that require accurate & consistent coloration = *Plastics Engineering*, 71. k. 1. sz. 2015. p. 40–43.

Pryor, D.; Botos, J. stb.: Kontrolle am laufenden Strang = *Kunststoffe* 104. k. 7. sz. 2014. p. 55–57.

Farbmesse an extrudierten Halbzeugen = [www.colorite.de](http://www.colorite.de)

Fülöp Miklós: Bevizsgáltuk az „internetes” LED reflektort! = Villanyszerelők lapja, [www.villanyszaklap.hu](http://www.villanyszaklap.hu)