

Színező mesterkeverékek és színmérés

A fenntarthatóságra való törekvés magas minőséget követel meg az újrahasznosított és bioalapú anyagok színezésénél. A minőségellenőrzéshez és a gyártósor beállításához a műanyagok hatékony színmérésére és pontos, valós idejű információkra van szükség. A digitális munkafolyamatokra való átállás keresletet generál a színmérési megoldások iránt.

Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás, színezés, kompaundálás, mesterkeverék, színmérés, digitalizáció, fenntarthatóság

Új kihívások a színező mesterkeverék gyártásban

Az újrahasznosított és bioalapú anyagok színezésénél az utóbbi időben számos mesterkeverék gyártót érintett olyan külső hatás, mint a Brexit, az ukrajnai háború és az energiaválság. További nyomás nehezedik rájuk a költségek alacsony szinten tartásában és a fenntarthatósági célok elérésében.

Az **Eclipse Colours PlastiCol** színező mesterkeverékei igazodnak a gyártási folyamatokhoz, kiküszöbölve a színezéssel és hőközléssel kapcsolatos gyártási problémákat, miközben időt és költségeket takarítva meg biztosítják a színek konzisztenciáját. A nagyobb térfogat-sűrűségű mikropelletek előállításával kevesebb por keletkezik a szállítás során, kisebb az érintkezési felület a színezendő közeggel, ami csökkenti a tapadást és a kapcsolódó feldolgozási problémákat. A mikropelletek használata biztosítja a maximális diszperziót is a feldolgozó berendezésen belül.

A **Riverdale Global** folyékony színezékeket gyárt. A felfűtéshez és az extrudáláshoz szükséges energiamennyiséget figyelembe véve, a pigmentek folyadékba diszpergálása 90%-kal kevesebb energiát igényel, mint a granulátum formájú mesterkeverék előállításakor, ugyanakkor akár 30%-kal kevesebb színezékkel is elérhető a teljes színintenzitás. A folyékony színezék 75%-kal kisebb súlyú, ami csökkenti a szállítási költségeket és tárolása kevesebb raktárterületet igényel. Szinte minden folyékony formában használt adalékanyag hatékonyabb, mint granulátum formában, mert nem éri hőhatás a gyártás során. Az első hősokk a feldolgozáskor éri az anyagot. A folyékony színezék segít a háztartási hulladék recikláltságok és más adalékanyagok feldolgozásában is, mivel csökkenti a befroccsöntési nyomást és a gépkopását. Adalékolásával 19%-kal kevesebb a csigás extruder energiafelhasználása kis mennyiségek extrudálásakor és jobbak lesznek az áramlási viszonyok a hengeren belül.

A **Teknor Apex** bioalapú hőre lágyuló műanyagokhoz kifejlesztett színezék mesterkeverékei lehetővé teszik, hogy a kezdeti barna, fekete és szürke színeken túl szélesebb színspektrummal kompaundáljanak, így élénk színű termékek állíthatók elő, miközben hozzájárulnak a körforgásos gazdasághoz.

A napfénynek és forró időjárási körülményeknek kitett sötét műanyag tárgyak hőterhelésének csökkentésére tervezett **SunChill** színező mesterkeverékekre építve az **Ampacet** számos új innovációja közül sok a fenntarthatóságra összpontosít. A **BioRange+** mesterkeverékek megfelelnek az EN 13432:2000 komposztálási szabványoknak. Ezek az anyagok ideálisak élelmiszerekkel vagy más szerves anyagokkal szennyezett hulladékokhoz. A **BioRange+ Home** fehér és színes mesterkeverékek megkapták a TÜV OK Compost Home tanúsítványt. Az alkalmazások a hordtáskáktól és kávékapszuláktól a kertészeti és mezőgazdasági ágazatban található virágcserepekig és talajtakaró fóliákig terjednek. A **Secret Sea-Grit** család 100%-ban háztartási és víz kultúra hulladékból készül. Kifejezetten fröccsöntött fogyasztási cikkekhez és csomagolási alkalmazásokhoz tervezték. Az **Ampacet Spectro 4.0 Smart Technologies** szabadalmaztatott in-line színmérő rendszer biztosítja, hogy a valós idejű gyártás megfeleljen a beállított

színspecifikációknak. A száloptikai érzékelők a gyártási folyamat során összehasonlítják a színadatokat egy előre beállított színszabvánnyal, hogy valós időben pontos színkorrekciót biztosítsanak anélkül, hogy megszakítsanak a gyártást vagy késedelmet okoznának a teszteléshez szükséges minták gyűjtésével.

Az **Ampacet ProVital+** gyógyászati minőségű fehér és színes mesterkeverék családját kifejezetten gyógyszeripari csomagolásokhoz, orvostechikai eszközökhöz és in vitro diagnosztikai berendezésekhez tervezték. A **ProVital+** az Európai Gyógyszerkönyvben előzetesen tesztelt alapanyagokból készül és az ISO 10993 szabványok szerint biokompatibilis.

Az **Americhem Duramax** mesterkeverékét megfelelő UV-stabilizátorral kombinálva hosszú távú kültéri alkalmazásokban jó időjárásállóságú kromatikus színek hozhatók létre. Ezeket a színpalettákat felhasználás előtt 5000 órányi gyorsított időjárési tesztnek vetik alá az ISO 4892-2 szabvány szerint. A mesterkeveréket főleg poliolefinekhez és poliamidokhoz ajánlják. Az **Americhem** szabadalmaztatott technológiával előállított új generációs poliamidjait olyan ömledékstabil polimerek előállítására használják, amelyek kiváló kromatikus színeket és jó színtabilitást biztosítanak. Kisebb viszkozitásuk segít a komplex fröccsöntési folyamatoknál, mechanikai tulajdonságaik jól megfelelnek az üvegszál erősítésű termékekhez. Az alkalmazások közé tartoznak a poliamidok hőstabilizátorai, az üvegszállal töltött polimerek színes alapkeverékei, speciális hatású mesterkeverékek, cellulózzal töltött mesterkeverék nagy szerkezeti alkatrészekhez és kiváló folyóképességű TPE-k autóiipari szőnyegekhez.

A fenntarthatóság mellett egyre inkább alkalmazkodni kell más trendekhez is, például az elektromobilitáshoz. A szabályozott nehézfém tartalom miatt bizonyos pigment osztályok nem használhatók biológiailag lebomló műanyagok színezésére. Ez vonatkozik többek között a nikkel, króm vagy réz alapú pigmentekre. Az EN 13432:2000 európai és az ASTM D 6400 amerikai szabvány a kommunális és ipari komposztáló üzemekben a komposztálásra szánt műanyagokra és az ezen anyagokon alapuló termékekre vonatkozik. A **Lanxess** két termékcsaládot kínál ezen a területen: a **Macrolex** oldható színezékeket és **Colortherm** vas-oxid pigmenteket. A vállalat ügyfelei ajánlásokat kapnak arra vonatkozóan, hogy milyen magas lehet a vas-oxid pigmentek maximális koncentrációja az alacsony nehézfém tartalmú bioalapú műanyagokban. A **Macrolex** színezékek számos polimer típusal és gyártási eljárással kompatibilisek. Nagy tisztaságuk, konzisztens, tartós színük és biztonságos alkalmazhatóságuk miatt az elektromos készülékekhez előnyös választások, de egyre inkább használják olyan termékekben is, mint az okostelefonok, játékok és italos palackok. Az újrahasonosítás során problémát jelent, hogy a korommal színezett műanyag csomagolás nem veri vissza az infravörös sugarakat, ezért a hulladék válogatásakor nem észlelhető a közeli infravörös (NIR) technológiával. A probléma megoldására a **Macrolex** olyan fekete színezékeket fejlesztett ki, amelyek a NIR-rel detektálhatók. A **Bayferrox 303 T 20%**-os NIR visszaverődést eredményez.

A **Tosaf Color Service** univerzálisan alkalmazható mesterkeverék-hordozó rendszere megfelel az élelmiszerekkel való érintkezésre vonatkozó összes általános követelménynek. Ez azt jelenti, hogy az ezen a hordozón alapuló bármilyen színes, és adott esetben funkcionális és kombinált mesterkeverék használható áttetsző és nem átlátszó, merev és rugalmas csomagolástól, játékoktól és háztartási cikkektől kezdve az élelmiszer feldolgozásban használt gépalkatrészekig és berendezésekig. Nem tartalmaz potenciálisan káros vegyi anyagokat, amelyek az élelmiszerekbe vándorolhatnak.

A poliketon rendkívül változó saját színe megnehezíti univerzális felhasználását, ezért gyakran színezni kell. Ha a poliketont korommal színezik, sokszor előfordul egy nem kívánatos mellékhatás, amelynek során az anyag károsodik és már nem feldolgozható. Az **AF-Color** kifejlesztett egy új fekete mesterkeveréket a poliketon számára speciális minőségű koromból, amelyet stabilizátor rendszerrel kombinálva használnak. A bioalapú műanyagokhoz az **AF-Eco** termékcsalád fejlesztésekor olyan természetes alapú pigmenteket azonosítottak, amelyeket mesterkeverékké lehet feldolgozni. Ezzel a lépéssel a pigmenteket a kémleletes feldolgozás során a polimer mátrixba zárják és megvédik a későbbi károsodástól.

Színmérési megoldások

A műanyagok hatékony színmérése, a mért adatok továbbítása a gyártóüzemekben is egyre fontosabbá válik, mivel pontos, valós idejű információkra van szükség a minőségellenőrzéshez és a gyártósor beállításához. A növekvő fenntarthatósági erőfeszítések és a digitális munkafolyamatokra való átállás keresletet generál a színmérési megoldások iránt. A biológiailag lebomló polimerek, a bioalapú műanyagok, az újrahasznosított anyagok és adalékanyagok használata a biológiai lebonthatóság, az UV-állóság vagy az égésgátlás javítására befolyásolhatja a termék végső színét. A pontos és konzisztens színek hatékony eléréséhez új generációs színmérő és -előállító szoftverekre van szükség. A digitális színbeállításra való áttéréskor, digitális színspecifikációk használatával, a gyártók gyorsabban beállíthatják a termék jóváhagyott színét, figyelemmel kísérhetik a gyártási minőséget, azonosíthatják a színeltolódást a tűréshatár túllépése előtt. A digitális munkafolyamatok csökkentik a hulladékot és az utómunkát, ezért fenntarthatóbb lesz a gyártás.

Számos tényező van, amelyet figyelembe kell venni a színmérő berendezések kiválasztásakor. Például szükségük van-e reflexiós és transzmissziós mérésekre is? Szigorú szintűréseknek kell-e megfelelni? Furcsa alakzatokat, textúrát vagy speciális hatásokat kell-e mérni? Ugyanilyen fontos, hogy mennyire sokoldalú egy eszköz és támogatja-e a digitális munkafolyamatokat. Ez magában foglalja azt is, hogy a készülék kompatibilis-e a digitális színspecifikációs, formulázási és minőségbiztosítási szoftverekkel. Ez javíthatja a színegyezést, ami gyorsabb színjóvá hagyást és kevesebb hulladékot eredményez. Az új bioalapú és újrahasznosított anyagok használatának összetettsége számos innovációt ösztönöz a színkezelési megoldások terén, különösen a formulázási és korrekciós szoftvereknél. Az újrahasznosított anyagok kiválasztása, osztályozása és korrekciója kritikus fontosságú, ez in-line színméréshez és zárt hurkú vezérlőrendszerek kifejlesztéséhez vezet.

Az **X-Rite** gyártósori megoldásai a gyártás során kezelik a színeket. Az in-line technológia lehetőséget kínál a szín közvetlen mérésére, a hagyományos méréshez képest korábban észleli a problémákat és csökkenti a hulladékot. A kompaundálás során az in-line rendszer az elválasztó szűrő fölé telepíthető a szín folyamatos mérésére, lehetővé téve a menet közbeni színkorrekciót az alapanyagok minőségi különbsége alapján. Az autó- és elektronikai iparban egyre nagyobb az igény arra, hogy a termék színét és megjelenését megfizethető áron ábrázolja a renderelő szoftver. Ehhez olyan technológiára van szükség, amely méri és jellemzi a műanyagok textúráját, érdességét és egyéb speciális hatásokat.

Az autók belső terében használt fröccsöntött alkatrészek felületkezelését befolyásolhatja a fröccsöntési sebesség, a nyomás és a hőmérséklet. A különböző műanyagok és texturált anyagok kihatnak a termék megjelenésére. Mostanáig nem volt pontos digitális módszer arra, hogy egy fröccsöntött vagy texturált anyag hogyan felel meg a tűréshatárnak. Ez gépleállításokhoz és további költségekhez vezetett. Az *MA-T12* spektrofotométer és a *Pantora* szoftver digitálisan megjeleníti a fröccsöntött alkatrész szín és esztétikai jellemzőit, csökkentve a túlmintavételezést. A két eszköz segítségével a gyártók digitálisan kommunikálhatják egy alkatrész megjelenési jellemzőit, a tűréshatárokat és az eltéréseket. Ez támogatja a fenntartható folyamatokat, kevesebb hulladékkal és állásidővel, lehetővé téve a fizikai anyag digitális iker vagy virtuális prototípussá alakítását távoli vizuális jóváhagyás céljából.

A prototípusok gyártása helyett a tervezők a *Pantora* alkalmazást használhatják fizikailag pontos virtuális ábrázolásra. Ez lehetővé teszi a minta áttetszőségének és átlátszóságának vizualizációját, szimulálhatók a színek, a megjelenés 3D objektumon és formákon különböző fényviszonyok között. Az **X-Rite AxF** formátumának köszönhetően ez az ábrázolás megjeleníthető a *Pantora* szoftverrel, valamint importálható harmadik féltől származó vizualizációs és szimulációs eszközökbe is. Több alkatrészt is képes egyszerre megjeleníteni az alkatrészek közötti harmónia biztosítására, miközben a gyártás megkezdése előtt egy virtuális másolaton azonosítja a színproblémákat, amely különböző felületeket, görbékét és éleket tartalmaz. A formulázáshoz és a gyártási minőségellenőrzéshez spektrális és textúra adatellenőrzést hoz létre, biztosítva a folyamat konzisztenciáját. Ez segít megérteni azt, hogy a folyamatok hogyan befolyásolják a késztermékek színét és megjelenését. A *Pantora* és az *MA-T12* készülék olyan mérőszámokat ad, amelyek számszerűsítik a vizuálisan érzékelt varianciákat. Ez megszünteti a szubjektív vizuális

értékelést, amellyel szinte lehetetlen volt meghatározni, hogy a variancia a színből, a fényviszonyokból, az áttetszőségből és a textúrából vagy ezek kombinációjából származik-e.

A szín csak egy aspektusa a vizuális megjelenésnek. A minta fényességének stabil reprodukciója szintén fontos mutatója a gyártás minőségének. Vannak hordozható és asztali műszerek is, amelyek egyszerre és a minta ugyanazon pontján képesek mérni a színt és a fényt. Ez sok mérési időt takarít meg és nincs szükség külön mérőeszközbe való befektetésre. Az automatizált minőségellenőrzés, a színmérés is ennek a folyamatnak a szerves része, mely új követelményeket támaszt a műszergyártóval szemben. Ezek közé tartozik a távoli működés, az automatikus jelentéskészítés és az összes szín szabványhoz tartozó mutatók biztosítása. A legtöbb műszaki eszközhöz hasonlóan a spektrofotométerek is éves szervizelést igényelnek specifikációik fenntartása érdekében. A szervizhívások között azonban az ügyfél sőtétben tapogatózik a műszer tényleges teljesítményét illetően. Az ügyfelek dönthetnek úgy, hogy rendszeresen értékelik a referenciaminták – gyakran ezek színstabil csempék – mért színértékeit a korábbi adatokkal összevetve. A fehér/fekete kalibráláson kívül azonban nincs lehetőség az eltérések korrigálására. Ezért fejlesztette ki a **Konica Minolta Sensing** a hullámhossz-elemzést és -beállítást (*WAA*), amely a műszer pontosságát biztosítja. A *WAA* ellenőrízni az érzékelő pontosságát, ha a várt értéktől való nagy eltérést észlel, például egy szennyező anyag miatt, erről az üzemeltetőt tájékoztatja. A hullámhosszak kis eltéréseit azonnal korrigálja és tárolja a készüléken, visszaállítva azt a legpontosabb állapotába. Mivel a *WAA* automatikusan lefut a kalibrálási folyamat során, a kezelőnek nincs további teendője.

A jövőbeni fejlesztések lehetővé tehetik a színmérést a termék felülete alatt a hiperspektrális képalkotás segítségével, meghatározva a minta belső összetételét. Ez biztosítja a termelési hibák, például az idegen részecskék jelenlétének sokkal jobb észlelését. A technológia már elérhető, de szeretnék a hiperspektrális képalkotást ugyanolyan egyszerűvé tenni, mint bármely más színmérést.

A **Colorix Colorcatch Nano 2** új funkciókat használ a jobb színmérési pontosság érdekében. A *Nano 2* okostelefonhoz csatlakoztatott bluetooth kamerája segítségével több mint hatszorosára nagyítja a képet, így a mérési terület akár 0,3×0,3 mm is lehet. Ez jelentős időmegtakarítást jelent a műanyagok színérésénél. A mesterkeverékek esetében például már nem szükséges megömlaszteni a műanyagot ahhoz, hogy elég nagy legyen a felület a méréshez, és elegendő egyetlen granulátum vizsgálata is. A műszer optikai fej egysége kiküszöböli a fényes és a szórt fényt, így a színmérés rendkívül pontos lesz. A fej megkönnyíti a feketét tartalmazó színek mérését is, ami gyakran a legnehezebben mérhető a minimálisan visszavert fény miatt. A kamerát úgy tervezték, hogy maximális mérési pontosságot tegyen lehetővé még texturált felületeken is. A készülék több mint 50 000 képpontot olvas és mér külön-külön, automatikusan eltávolítva a nem domináns színeket, például az árnyékhatásokat és a szennyeződések. Az integrált kalibrációs kártya megbízható és következetes eredményeket biztosít.

A *Lucidiris*, egy mesterséges intelligencián alapuló szoftver, amelyet a **DSM Engineering Materials** fejlesztett ki, célja az egyes műanyagok potenciális színterének és mechanikai tulajdonságainak előrejelzése, beleértve az újrahasznosított típusokat is. A *Lucidiris* alapvetően megváltoztatja a polimerek hagyományos tervezési-gyártási-tesztelési-tanulási fejlesztési ciklusát. Az emberi intelligencia és a gépi tanulás kombinációja lehetővé teszi a sikeres receptúrák fejlesztését kevesebb iterációval, ami végső soron rövidebb termékfejlesztési időket eredményez.

A műanyag gyártók, -feldolgozók jellemzően olyan berendezéseket használnak, amelyek már több generáció óta léteznek és a legtöbb esetben nem alkalmasak a korszerű technológia integrálására. Ennek gazdasági oka van. A gyártó és kiegészítő berendezések költsége magas lehet a várható megtérülés szempontjából, ha olcsó alapanyagokat használnak. Ez drasztikusan megváltozik, amikor műszaki műanyagokkal és kifinomult receptúrákkal dolgoznak. Az Ipar 4.0 elfogadásával a kompaundálók kénytelenek lesznek új, automatizáláson, gépi tanuláson és mesterséges intelligencián alapuló gyártási technológiákat alkalmazni, mert garantálniuk kell, hogy színes termékeik minden gyártási sorozatban specifikáltak. Nyilvánvaló, hogy a színminőség hagyományos minőségellenőrzése, például a gyártási sorozat elején és végén, nem felel meg ennek a garanciának. Az alternatíva a színjellemzők folyamatos, valós idejű mérése, amely lehetővé teszi a kívánt színminőség biztosítását és a zárt hurkú szín szabályozást. Figyelembe kell

venni a valós idejű adatok fontosságát és azok laboratóriumi értékekkel való összefüggését. A színmérő eszközök valós idejű információkat nyújtanak a keverési folyamat pontosságáról, eltéréséről, megfelelőségéről és az elérni kívánt színről. Ezt az új felelősséget nevezzük színkorrelációnak – egy adott szín viselkedésének megértése a geometria, a termodinamika, a fizikai feltételek és az összetétel alapján.

Összeállította: dr. Lehoczki László

Saunders, C.: New challenges for colour suppliers = Injection World, 7–8 sz. 2023. p. 13–22.

Holmes, M.: Measuring up for colour = Compounding World, 7. sz. 2023. p. 27–33.