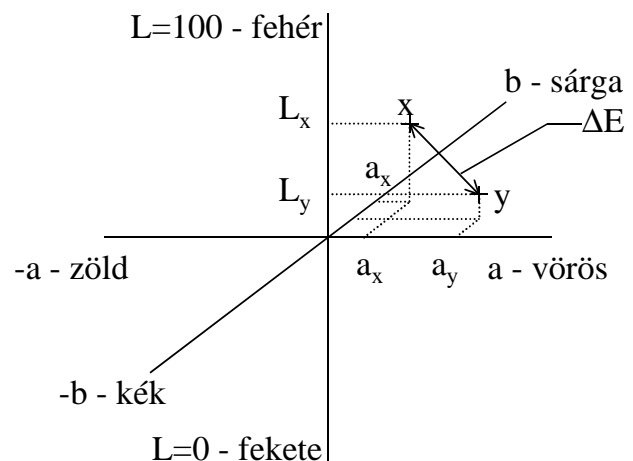


SZÍNELŐÁLLÍTÁS OPTIMALIZÁLÁSA KÍSÉRLETTERVEZÉS SEGÍTSÉGÉVEL

Johanyák Zsolt Csaba

The critical point in the manufacture of metal-packing appliances is to produce the correct printing of the inscriptions and graphics in the colours expected by the customer. In the case when there are differences in colour, the product can be sold only at a reduced price, or cannot be sold at all. The process itself is not very complicated, but the result is influenced by a large number of parameters which should be „set up” optimally upon designed experiments. The success key of the process-optimization based on experiment-methodology is the proper preparation work. This can be effectuated without thorough practical knowledge about the process itself, for example, with the aid of Shainin techniques, but the presence of the experience is able to reduce the amount of necessary resources. In what follows we will offer a survey about the most important theoretical and practical questions related to this problem.

A fém csomagolószerek előállításának egyik kritikus pontja a rájuk nyomtatott grafikák és feliratok megfelelő, a megrendelő által megkívánt színének előállítása. Eltérések esetén a terméket csak árengedménnyel vagy egyáltalán nem lehet eladni. Bár a folyamat nem túl bonyolult, de az eredményt meglehetősen nagyszámú paraméter befolyásolja, amelyek optimális beállításához megtervezett kísérletekre van szükség. A kísérletmódszertanon alapuló folyamatoptimalizálás sikerének kulcsa a megfelelő előkészítő munka. Ezt el lehet végezni az adott gyártási folyamatra vonatkozó mélyreható gyakorlati ismeretek hiányában is, például a Shainin technikák alkalmazásával, de a tapasztalati tudás megléte



1. ábra CIELAB rendszer

jelentős mértékben csökkentheti a szükséges erőforrások mértékét. Az alábbiakban áttekintjük a feladat megoldása során felmerült fontosabb elméleti és gyakorlati kérdéseket.

Színmérés

Az eltérő hosszúságú fénysugarak tudatunkban különböző színek érzetét váltják ki. A színmérés célja az, hogy a színérzethez kapcsolható számokat állítson elő. Ezt a feladatot az additív színinger keveréssel oldják meg. Magyarországon a CIELAB színmérő rendszer került szabványosításra. Ez egy háromdimenziós koordináta-rendszerben (1. ábra) az ún. színtestben egy pont segítségével ábrázolja a színt. Az abszcissza (a) a zöldből a vörösbe, az ordináta (b) a kékből a sárgába történő átmenetet, míg a függőleges tengely (L) a világosság értékét mutatja. Az L tengelytől való távolság határozza meg a szín telítettségét. Az x és y színpontok színinger különbségét a

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2} \quad (1)$$

képlet határozza meg. A csomagolóanyagra kerülő színeket a megrendelő a nyomdaiparban legelterjedtebben használt Pantone skáláról választja ki, ami mintegy 3000

színmintát tartalmaz. A kísérletek célja a P485 C, P471 C, P351 C azonosítóval rendelkező színek minél tökéletesebb reprodukálása volt, ugyanis a gyakorlatban ezek nyomdázásánál mutatkozott a legtöbb minőségi probléma.

A minőségi karakterisztika

A legyártott csomagolóanyag átvétele során a katalógusból kiválasztott minta és a termék színinger különbsége határozza meg az elfogadhatóságot, így a kettő közötti eltérést mutató ΔE mennyiség lett minőségi karakterisztikaként kiválasztva. A folyamatoptimalizálási projekt célja ezen érték lehető legalacsonyabb szintre történő szorítása volt, azaz minőségi jellemző típusa „kisebb a jobb”. A ΔE érték egy Gretag SPM 55 típusú spektrofotométer segítségével került meghatározásra. A műszer százados pontossággal dolgozik. Az 1. táblázat tartalmazza az egyes ΔE értéktartományok minősítését.

1. táblázat

ΔE	Minősítés
0,0 – 0,5	nem vehető észre
0,5 – 1,5	alig észrevehető
1,5 – 3,0	észrevehető
3,0 – 6,0	jól látható
6,0 – 12,0	nagy a különbség

2. táblázat Kézbentartható faktorok

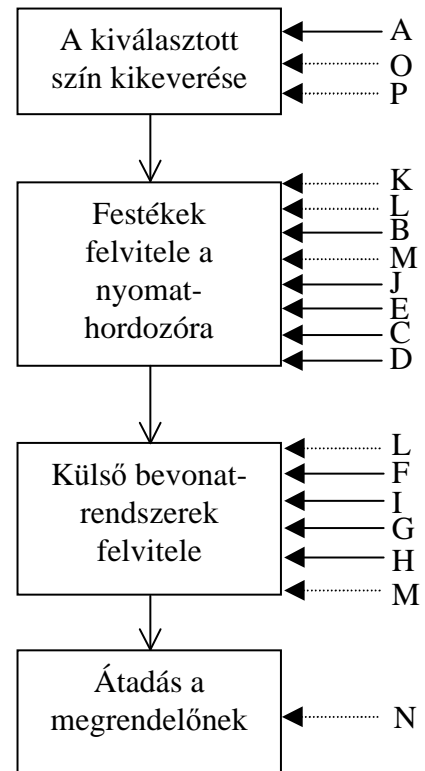
A	festék típusa
B	nyomathordozó színe
C	nyomás erőssége
D	beégetés ideje
E	beégetés hőmérséklete
F	külső bevonatrendszer típusa
G	külső bevonatrendszer beégetési ideje
H	külső bevonatrendszer beégetési hőmérséklete
I	külső bevonatrendszer rétegvastagsága
J	a hengerre felvitt festék vastagsága

Faktorok

A kísérlettervezésben az optimalizálni kívánt folyamatot befolyásoló tényezőket, paramétereket faktoroknak, míg a hozzájuk kapcsolható beállítási értékeket szinteknek nevezzük. Helyes kiválasztásuk többéves szakmai gyakorlatot és tapasztalatokat igényel, és döntően befolyásolhatja tevékenységünk eredményét.

A faktorokat alapvetően két csoportba sorolhatjuk. A kézben tartható faktorok azok, amelyeknek különböző szintekre történő beállítása nem okoz különösebb műszaki vagy gazdasági jellegű nehézséget. Ezzel szemben a zajfaktorok olyan befolyásoló tényezők, amelyeket vagy nem tudunk beállítani, vagy értékük szabályozásának költsége meghaladja a várható nyereséget.

A nyomdázási folyamatnál tíz kézben tartható- (2. táblázat) és hat zajfaktort sikerült azonosítani a kísérletek előkészítése folyamán. A folyamatot lépésekre bontva a 2. ábra szemlélteti az egyes faktorok hatás gyakorlási helyét. A szaggatott vonallal megrajzolt nyilak a zajfaktorokat jelölik, míg folyamatos vonallal szereplő társaik a kézben tartható tényezőkhöz kapcsolódnak. Minden faktor esetében három szint került megállapításra.



2. ábra Színreprodukálási folyamat

Kísérletterv

A fémnyomdázással kapcsolatos tapasztalatok lehetővé tették a befolyásoló tényezők kiválasztását, így egy faktoriális terv kiválasztása tűnt a legmegfelelőbbnek. A teljes biztonságot nyújtó és az összes lehetséges kölcsönhatást figyelembe vevő teljes faktoriális terv $3^{10}=531441$ kísérletet igényelne, ami a gyakorlatban nem valósítható meg. A tapasztalatok alapján abból a feltételezésből lehetett kiindulni, hogy az egyes faktorok közötti kölcsönhatás elhanyagolható. Ezért az egyszerűsítéssel dolgozó módszerek közül Taguchi $L_{27}(3^{13})$ terve került kiválasztásra, ami 13 darab 3 szintű faktor kölcsönhatás nélküli vizsgálatát teszi lehetővé 27 kísérleti beállítás segítségével. Minden beállítást kétszer megismételve összesen 81 kísérletre van szükség. Ez az erőforrásigények drasztikus csökkentését jelenti.

A kölcsönhatások elhanyagolása azzal a kockázattal járt, hogy a kísérletek eredményeiből számított optimális paramétersor nem a valós helyzetet tükrözi. Ebben az esetben olyan új terveket kell

készíteni, amelyek már lehetővé teszik a korábban elhanyagolt kölcsönhatások kiértékelését. Ez természetesen időben és anyagiakban egyaránt veszteséget jelent, de a tapasztalatok alapján ez a kockázat vállalhatóknak tűnt, és az eredmények igazolták a feltevéseket.

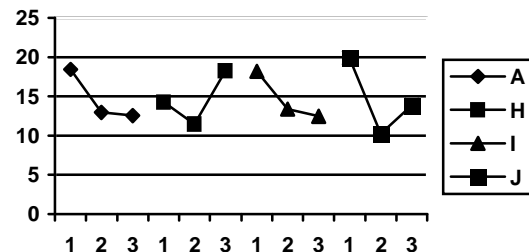
A kísérleti eredmények kiértékelése

A mérési eredmények feldolgozása többféle módszerrel lehetséges, ismétléses kísérletekről lévén szó a Taguchi féle jel/zaj viszony (S/N) elemzés mellett döntöttünk. Míg a hagyományos ANOVA-val (variancia elemzés) az ismétlésekkel elért eredmények átlagával számol, addig a jel/zaj viszony elemzés figyelembe veszi az egyes értékek közötti eltérést is kiszámolva a közepes négyzetes eltérést (MSD)(2), majd ennek segítségével az S/N értéket (3). Itt n az egy beállítástípushoz tartozó értékek számát jelöli.

$$MSD = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_i^2}{n} \quad (2)$$

$$S / N = -10 \cdot \log_{10}(MSD) \quad (3)$$

Az kiszámolt S/N értékkel végrehajtott variancia elemzés (ANOVA) egy egyszerű hatásvizsgálattal kiegészítve lehetővé teszi a lényegtelen hatással



3. ábra Hatásvizsgálat

bíró faktorok összevonását és kiejtését, valamint egy olyan paraméterkombináció megtalálását, amely robusztus megoldást szolgáltat a problémára. Ez azt jelenti, hogy a zaj- és a kiejtett faktorok értékének változása nem lesz hatással az eredményre. A kevésbé lényeges tényezők kiejtése gazdasági szempontból is fontos lehet, mert gyakran előfordul, hogy egy faktor esetén a különböző szintek beállítása igen eltérő mértékű anyagi ráfordítást igényel. Ha a végeredmény szempontjából nincs nagy jelentősége annak, hogy a három lehetséges érték közül melyiket állítjuk be, akkor egyértelműen az olcsóbb megoldás mellett döntünk.

A számítások alapján a piros szín esetében az A, H, I és J, a zöld szín esetében az A, G, H, I és J, míg a barna szín esetében a H, I és J faktorok bizonyultak domináns hatásúnak. A piros domináns faktorainak hatásvonalai a 3. ábrán láthatók.

Ellenőrző kísérletek

A számításokkal meghatározott optimális paramétersor jóságának igazolására szolgálnak az ún. ellenőrző kísérletek. Az eredmények mindhárom szín esetében javulást jeleztek a folyamatoptimalizálást megelőző értékekhez képest.

Irodalomjegyzék

- [1] Ranjit, K. R.: Design of experiments using Taguchi approach, Nutek INC, Birmingham, 1994.
- [2] Quentin, H.: Versuchsmethoden im Qualitäts-Engineering, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 1994.
- [3] Cobb, G. W.: Introduction to Design and Analysis of Experiments, Springer Verlag, New York, 1998.
- [4] Pantone Color Specifier, Moonachie, New Jersey

Johanyák Zsolt Csaba, okleveles gépészmérnök, minőségügyi mérnök, főiskolai adjunktus
Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola, Informatika Tanszék, H-6001 Kecskemét Pf. 91.
Tel.: -36-76-481 291
Fax: -36-76-481 304
e-mail: csaba@gamf.hu