

Próbagyártási eredmények átvétele a tömeggyártásba

LÁZÁR KÁROLY

fejlesztési főmérnök
Habselyem Kötöttárugyár

Az EOQC 1985. évi Konferenciáján (Estoril, Portugália) elhangzott előadásán alapuló cikkben közölt módszer példa arra, hogy a statisztikai összefüggések módot adnak a próbagyártás tapasztalatainak megbízható átvételére a tömeggyártásba. Noha a bemutatott módszer kifejezetten a kötöttárugyártásra vonatkozik, gondolatmenete az adott szakterületen kívül is érdeklődésre tarthat számot.

ETO: 677.025.017.7
658.562.64

A Habselyem Kötöttárugyár tradicionális termékei a lánchurkolt és körkötött alsóruházati cikkek, amelyek gyártásához főként szintetikus, viszkóz, acetát és triacetát selymet, elasztán fonalakat, pamut/poliészter és modál/poliészter keverékfonalakat használ. Újabban a szabadidő-ruházati termékek is fontos helyet kaptak a gyártmányskálában. A kelméket a vállalat saját üzemében színezi és készíti ki, vagy azt bérmunkában végezteti. A konfekcionálás a vállalat nagy vidéki üzemeiben történik.

A PRÓBAGYÁRTÁS CÉLJA ÉS FELADATAI

Az új anyagokkal és új eljárásokkal végzett próbagyártásoknál alapvető követelmény az alkalmazott kísérletek helyes levezetése, oly módon, hogy abból megfelelő következtetéseket és tapasztalatokat lehessen leszűrni a tömeggyártás számára. A kötöttárugyártásban kísérleti tételek gyártása során összegyűjtik a feldolgozási tapasztalatokat, elvégzik a szükséges méréseket és vizsgálatokat, majd a próbagyártás után a készárut tüzetes műszaki és gazdaságossági vizsgálatnak vetik alá, annak érdekében, hogy lerögzíthessék a műszaki előírásokat.

A kísérleti gyártás megtervezésének szempontjai:

1. Meg kell győződni arról, hogy a gépi berendezés és az alkalmazott eljárás egyaránt alkalmas-e a szóban forgó termék előállítására.

2. Kísérlettel igazolni kell, hogy a terméknek valóban meglesznek-e a tervezett lényeges funkcionális tulajdonságai. (Használati próbák, laborvizsgálatok útján.)

3. Ki kell küszöbölni a fogyatékoságokat a gyártási folyamatból és a gyártmányból, mielőtt a tömeggyártás megindulna.

A mintagyártásnak számos előnye mellett bizonyos korlátai vannak. Ezek a következők:

a) A próbagyártás ellenőrzött körülményei kevesebb esetlegességet tartalmaznak, mint a tömeggyártáséi.

b) A termelés vagy az üzlet érdekei néha azt kívánják, hogy egy-egy új termék kidolgozása igen rövid idő alatt történjék meg. Ilyen esetekben nincs lehetőség arra, hogy a próbagyártásokat optimális körülmények között folytassák le.

c) A mintagyártás komoly költségterhet jelent a vállalatnak, ezért annak mennyiségét gyakran nem lehet a kívánatos mértékre emelni.

A PRÓBAGYÁRTÁSI ADATOK ELEMZÉSE

A próbagyártás (rendszerint több darab gyártmány) minőségjellemzői — a statisztika szabályai szerint — általában nem azonosak. A matematikai statisztika módszere lehetőséget ad arra, hogy korlátozott számú eredményből is bizonyos következtetéseket vonhassunk le.

Mind ez ideig a próbagyártási eredmények kiértékelése csupán az átlag kiszámítására korlátozódott, az átlagtól való eltéréseket csak „szemrevételeztük”, és részletesebb statisztikai elemzés nélkül tettünk olyan észrevételeket, mint: „az eredmények erősen szóródnak”, vagy „a mintavétel nagysága valószínűleg nem elegendő az eredmények egyértelmű megállapítására”, esetleg olyat, hogy „itt nagy eltérés mutatkozik”.

Ennek a módszernek a hiányosságai egyre nyilvánvalóbbakká lettek: nem egy esetben a tömeggyártás megindulásakor, a próbagyártás során kialakított műszaki paramétereket nem sikerült reprodukálni. Ezért határoztuk el, hogy bevezetjük a matematikai statisztikai elemzést a próbagyártások eredményeinek kiértékelésébe. Különösen hasznos ez azokban az esetekben, amikor újdonságnak számító fonalfajtát vagy gyártási technológiát próbálunk ki, amely még nem ismert tulajdonságú kelmét eredményez.

Kelméink egyik legfontosabb és legjellegzetesebb paramétere a területi sűrűség (g/m^2 -ben adjuk meg), amely egyben számos műszaki jellemző komplex paramétere és egyúttal a gyártmánykalkuláció egyik alapadata is. Ezért ezt az adatot vettük statisztikai módszerekkel alapos vizsgálat alá.

AZ ALKALMAZOTT STATISZTIKAI ÖSSZEFÜGGÉSEK

A szóban forgó kelmék területi sűrűségének (m) mérése után a következő, jól ismert adatokat számíthatjuk ki és dokumentálhatjuk:



számtani átlag $\bar{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$

terjedelem $R = m_{\max} - m_{\min}$

szórás $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n-1}}$

variációs együttható $v = \frac{s}{\bar{m}} \cdot 100$ (%)

megbízhatósági határok $q = \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$

és a szignifikanciaszint.

A minták száma (n) esetünkben általában kicsiny. Gyakorlatunkban egy-egy mintatétel általában egy színezési tétel, azaz kb. 150 kg. Ennyi a színezőgépeink befogadóképessége. A kötőgépeinkről levett végek tömege rendszerint 15 kg, így egy színezési tételben általában 10 vég van. A kelme drága, ezért takarékosan bánunk vele. Tapasztalataink szerint a területi sűrűség megállapításához szükséges mintát a kelme szélességének kb. 1/3-ában, a kelme végétől számítva kb. 1 méterre kell kivennünk. (Mint ismeretes, a területi sűrűség a hely függvénye: a legnagyobb a kelme szélein, a legkisebb a kelme közepén. A függvény parabolikus.) Ha a próbadarabot az említett helyről vesszük ki, ez jó átlagnak tekinthető.

Így tehát végenként egy mintadarabot veszünk ki, ilymódon többnyire tíz próbadarabunk van egy-egy mintatételből. Számításaink végső célja az, hogy *tűrőhatárokat* állapítsunk meg a területi sűrűsége vonatkozóan, meghatározott statisztikai biztonsággal. Statisztikai valószínűség gyanánt 99,9%-ot veszünk, tekintettel a próbadarabok kis számára. Számításaink eredménye tehát a területi sűrűség, ilyen formában:

$$\bar{m} \pm q \text{ [g/m}^2\text{]} \text{ 99,9\% valószínűséggel.}$$

A *szignifikanciavizsgálata* új koncepcióknak lényeges része. Akkor alkalmazzuk ezt a számítást, amikor meg akarjuk állapítani, hogy a próbagyártás és a tömeggyártás során mért eltérések véletlennek tekinthetők-e, vagy valóban különbségeket tükröznek-e a gyártási eljárások között.

A szignifikancia vizsgálatoknak több fajtája ismeretes, ezek közül rendszerint kettőt használunk:

1. Megállapítandó, hogy az *átlagértékek* különbsége a próbagyártás (\bar{m}_t), ill. a tömeggyártás (\bar{m}_m) között szignifikáns-e, vagy sem. Ebben az esetben a következő összefüggést alkalmazzuk:

$$t = \frac{|\bar{m}_t - \bar{m}_m|}{\frac{s_m}{\sqrt{n}}}$$

ahol s_m a tömeggyártásból vett próbadarabok területi sűrűségének szórása. t kiszámított értékét az ismert t -táblázat adataihoz hasonlítjuk, $n-1$ szabadságfoknál.

2. Megállapítandó, hogy a próbagyártás s_t , ill. a tömeggyártás s_m *szórása* közötti különbség szignifi-

káns-e, vagy sem. s_m -et ebben az esetben ismertnek tételezzük fel. A használatos képlet:

$$\chi^2 = n \left(\frac{s_t}{s_m} \right)^2$$

és χ^2 kiszámított értékét a vonatkozó táblázat értékeivel vetjük össze, ismét $n-1$ szabadságfoknál.

A VIZSGÁLATOK

A kötöttárak gyártásánál a területi sűrűséget igen erősen befolyásolják a gyártási körülmények. Hatással vannak rá a gépbeállítás paraméterei, a fonaljellemzők és más technológiai tényezők. Komplex volta következtében nagyon nehéz valamennyi tényezőt állandóan azonos értéken tartani, a gyártás teljes folyamatában. A területi sűrűség így elkerülhetetlenül ingadozik, de ezt az ingadozást ésszerű határok között kell tartani. Vállalatunknál egy $\pm 10\%$ -os tartományt engedünk meg, ami azt jelenti, hogy

$$\frac{m_{\max} - M}{M} \leq 0,1 \text{ és } \frac{M - m_{\min}}{M} \leq 0,1,$$

ahol M a területi sűrűség előírt értékét jelenti.

Megvizsgáltuk, hogy kelméinknél a tömeggyártásban mért területi sűrűségek legalább 99% biztonsággal a $\pm q$ határok között szóródnak-e.

Másfelől azt is tudni akartuk, hogy a próbagyártások során kialakított műszaki adatok eléggé megbízhatóak-e, ill. hogy azok milyen valószínűséggel tarthatók be. Abban az esetben, ha a próbagyártás és a tömeggyártás során mért területi sűrűségek különböznek — ami gyakorlatilag csaknem mindig így van —,

I. táblázat: A vizsgált kelmék

A kelme jele	A kelme jellege	Előírt területi sűrűség g/m ²
A	Fordított charmeuse	125
B		110
C		100
D	Charmeuse	105
E		80
F		70
G		70
H	Stretch	104
I	Kisnyúlású kelme-szerkezet	80
J		85
K		65
L	Csipke	70
M		80
N		78
O	Velúr	125
P		125
Q		127
R		125
S		145

II/a táblázat: Az A—G kelmék adatai

Statistikai jellemző neve	A		B		C		D		E		F		G	
	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás
A mérések száma	11	297	26	113	13	131	8	236	12	713	10	357	11	208
Terjedelem, g/m ²	111—102	138—102	116—97	118—100	93—90	110—91	100—105	111—94	92—74	91—83	69—66	77—45	79—62	79—61
Átlag, g/m ²	107,8	119,8	109,7	107,1	91,9	101,3	103,1	101,9	79,8	79,1	67,4	65,3	70,1	69,8
Előírt területi sűrűség, g/m ²	125		110		100		105		80		70		70	
Tűrőhatárok ±10% esetén, g/m ²	112,5—137,5		99—121		90—110		94,5—115,5		72—88		63—77		63—77	
Megbízhatósági ha- tárok 99% való- színűségnél, g/m ²	±3,18	±1,0	±2,0	±1,0	±0,9	±0,8	±2,1	±0,5	±4,1	±0,4	±0,8	±0,6	±5,2	±2,9
A megbízhatósági határok százalé- kos értéke	±2,9	±0,8	±1,8	±1,0	±0,9	±0,8	±2,0	±0,5	±5,1	±0,5	±1,2	±0,8	±7,4	±1,0
Szórás, g/m ²	±3,3	±6,6	±3,7	±4,3	±1,0	±3,8	±1,7	±3,1	±4,8	±4,4	±0,8	±4,3	±5,5	±3,8
Variációs tényező, %	3,1	3,4	3,7	4,0	1,1	3,6	1,6	2,0	5,8	5,6	1,2	8,6	7,9	5,4

szignifikanciavizsgálatot végeztünk. Ez mutatja, hogy méréseink különbségei, különböző gépbeállításokra vagy más eltérő technológiai jellemzőkre vezethetők-e vissza, vagy csak véletlenül adódnak és statisztikai magyarázatuk van. Az első esetben nekünk, mint technológusoknak intézkednünk kell az esetleges hiba kiküszöbölésére, a második eset azonban nem igényel beavatkozást.

Vizsgálatainkat 19 lánchurkolt kelmén végeztük el, amelyeket az I. táblázat sorol fel. Az eredmények a II/a...c táblázatokban láthatók.

A terjedelem (R) megítésénél abból indultunk ki, hogy annak nem szabad meghaladnia a 10%-ot, az előírt értékre számítva, sem fölfelé, sem lefelé. Megállapítottuk, hogy a vizsgált kelmék közül tiznél a mintagyártás során kisebb terjedelem mutatkozott a területi sűrűségek adataiban, mint ami megengedhető, kilenc kelme esetében az eltérés — legalább az egyik irányban — meghaladta a megengedett határt.

Amikor összehasonlítottuk a terjedelem mértékét a próbagyártásban, ill. a tömeggyártásban készült kelméknél, azt találtuk, hogy az a tömeggyártásban min-

dig nagyobb. Ez azt jelenti, hogy a tömeggyártás során nem tudtuk betartani ugyanazokat a gyártási feltételeket, amiket a próbagyártásban.

Ezzel összhangban nagyobb a szórás (σ) is a tömeggyártásban. Kivételt csak az *E*, *G*, *H*, *J* és *K* kelme képez, de a különbségeket ezekben az esetekben csak részben igazolja a szignifikanciavizsgálat. Csupán a *G* és *K* kelme mutat szignifikáns különbséget a tömeggyártás és a próbagyártás között: a tömeggyártás adatainak szórása szignifikánsan kisebb ezekben az esetekben, mint a próbagyártásé. Ez nagyon lényeges,

mert ezekben az esetekben mind a tömeggyártást, mind a próbagyártást ugyanazon a gépen végeztük és pontosan ugyanazt a technológiát alkalmaztuk, ami meghatározó tényező. Sajnos ilyen optimális körülmények nem mindig adódnak a tömeggyártás számára. Gépeink különböző életkorúak, és típusúak, és a megrendelt mennyiségek sem mindig teszik lehetővé, hogy az egész tételt egy és ugyanazon a gépen gyártjuk le. Ez az oka annak — és ezt bebizonyították az említett számítások is —, hogy miért olyan nehéz a tétel egyöntetűségét biztosítani.

III/b táblázat: A H—N kelmek adatai

Statistikai jellemző	H		I		J		K		L		M		N	
	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás
A mérések száma	8	142	10	308	12	31	11	119	10	50	10	56	10	52
Terjedelem, g/m ²	108—94	113—97	82—77	96—64	68—59	73—59	73—60	70—58	72—68	73—55	69—62	72—54	78—73	88—68
Átlag, g/m ²	102,4	104,9	79,9	83,5	64,0	64,5	66,5	61,5	70,2	67,8	84,8	61,2	75,2	74,7
Előírt területi sűrűség, g/m ²	104		80		65		65		70		69		76	
Tűrőhatárok ±10% esetén, g/m ²	93,6—114,4		72—88		58,5—71,5		58,5—71,5		63—77		62,1—75,9		68,4—83,6	
Megbízhatósági határok 99% valószínűségnél, g/m ²	±6,1	±0,8	±1,9	±0,8	±2,8	±1,2	±4,1	±0,6	±3,6	±1,3	±2,5	±1,6	±1,6	±1,4
A megbízhatósági határok száza- lékos értéke	±5,9	±0,6	±2,3	±0,8	±4,4	±1,9	±6,1	±0,9	±5,2	±2,0	±3,9	±2,5	±2,2	±1,9
Szórás, g/m ²	±5,1	±3,8	±1,9	±4,3	±3,2	±2,7	±4,3	±2,4	±3,8	±3,7	±2,5	±4,5	±1,6	±4,0
Variációs tényező, %	5,0	3,6	2,3	5,2	4,9	4,1	6,5	3,6	5,2	5,4	3,9	7,4	2,2	5,4

II/c táblázat: Az O—S kelmék adatai

Statisztikai jellemző	O		P		Q		R		S	
	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás	próba- gyártás	tömeg- gyártás
A mérések száma	22	343	10	267	13	28	11	71	10	231
Terjedeleme, g/m ²	131—116	135—107	129—115	99—129	120—131	127—112	137—123	140—118	148—137	165—111
Átlag, g/m ²	124,5	121,2	122,9	116,5	125,3	119,0	131,0	127,1	141,3	133,5
Előírt területi sűrűség, g/m ²	125		125		127		125		145	
Tűrészhatárok ±10% esetén, g/m ²	112,5—137,5		112,5—137,5		114,3—139,7		112,5—137,5		130,5—159,5	
Megbízhatósági hatá- rok 99% valószínű- ségénél, g/m ²	±2,3	±0,7	±4,2	±1,0	±3,4	±1,9	±4,4	±1,7	±4,6	±1,5
A megbízhatósági határok százalékos értéke	±1,9	±0,5	±3,4	±0,8	±2,7	±1,6	±3,3	±1,3	±3,1	±1,3
Szórás, g/m ²	±4,5	±4,5	±4,2	±6,0	±4,0	±4,0	±4,5	±5,4	±4,5	±9,7
Variációs tényező, %	3,6	3,9	3,4	5,2	3,2	3,4	3,5	4,3	3,2	7,2

A C, F, I, N és S kelmék esetében a területi sűrűség szórása szignifikánsan kisebbre adódott a próbagyártás során, mint később a tömeggyártásban. A tömeggyártás megbízhatósága tehát nem elég jó. Ennek okai abban keresendők, hogy a kelméket különböző gépeken gyártottuk és kényes kikészítési műveleteket alkalmaztunk (mint pl. a bolyhoraszt az S kelme esetében), amelyeket nehéz kézben tartani, továbbá a fonalak is különböző szállítóktól származtak, ami szintén kritikus tényező.

A többi kelme esetében a vizsgálat nem mutat szignifikáns eltérést a tömeggyártás és a próbagyártás között, így az mondhatjuk, hogy ezeknél a kelméknél

a próbagyártás és a tömeggyártás során mért területi sűrűségek szórása statisztikailag nem különbözött.

Nagy figyelmet fordítottunk a kiadódó területi sűrűség és az előírt területi sűrűség közötti különbség elemzésére. A vizsgált esetek mindegyikében teljesült az a feltétel, hogy a tömeggyártásban kialakuló területi sűrűségnek nem szabad 10%-nál nagyobb eltérést mutatnia az előírt értékénél. Az is megállapítható volt, hogy az átlagértékek megbízhatósági határai (q) még 99% statisztikai megbízhatóság mellett is szűkebb intervallumot jelentenek, mint az előírt ±10% tűrészhatár. Ez arra utal, hogy ebből a szempontból tömeggyártásunk megfelelő megbízhatóságú, mert a mérési ered-

III. táblázat: A szignifikanciavizsgálatok eredményei

Kelme	Szignifikancia- vizsgálat a próba- gyártás és a tömeg- gyártás átlaga között	Szignifikanciavizsgá- lat a próbagyártás és a tömeggyártás szórása között
A	—	—
B	—	—
C	—	×
D	—	—
E	—	—
F	—	×
G	—	+
H	—	—
I	—	×
J	—	—
K	—	+
L	—	—
M	—	—
N	—	×
O	—	—
P	—	—
Q	—	—
R	—	—
S	—	×

Jelölések:

- Az eltérés nem szignifikáns.
- + A próbagyártás szórása szignifikánsan nagyobb, mint a tömeggyártásé.
- × A próbagyártás szórása szignifikánsan kisebb, mint a tömeggyártásé.

ményeknek kevesebb mint 1%-a esik a $\pm q$ értékkel megadott határokon kívül. (Az összehasonlítás megkönnyítésére a q értéket az átlag százalékában is kiszámítottuk, a táblázatokban ezt q' jelöli.) Ez a megállapításunk összhangban van a gyakorlati tapasztalattal, mert viszonylag kevés olyan kelme van a termékeink között, amelynek a területi sűrűsége 10%-nál nagyobb mértékben tér el az előírt értéktől.

Előnyös lenne, ha a próbagyártás adatainak elemzése lehetővé tenné, hogy az esetleges bizonytalanságokat még a tömeggyártás megkezdése előtt kiszűrjük. Annak érdekében, hogy ezt lehetővé tegyünk, összehasonlítást végeztünk a mintatétel és a tömeggyártás

átlagos területi sűrűsége között. A számítások azt mutatták, hogy a különbség sosem szignifikáns (III. táblázat), azaz a próbagyártásban kialakult területi sűrűség szórása jó statisztikai megbízhatósággal magában foglalja a tömeggyártásban kialakuló területi sűrűség értékeit. Ez azt jelenti, hogy a próbagyártás levezetése helyes volt, annak adatai reprodukálhatók.

A területi sűrűséget a próbagyártás alapján írjuk elő. Mint már említettük, próbagyártásaink általában 10 véget foglalnak magukba ($n=10$). Ha 99,9% statisztikai biztonságot akarunk elérni, és a variációs tényező százalékos értéke (v') 5% kell legyen, a területi sűrűség pontosságát (h) a tömeggyártásban a következő módon számíthatjuk:

$$h = \frac{t \cdot v'}{\sqrt{n}} = \frac{3,3 \cdot 5}{\sqrt{10}} = \pm 5,2 \%$$

Ez a termelés számára elfogadható érték.

Előfordul, hogy csak nagyon kis mennyiségű fonal vagy nagyon rövid idő áll rendelkezésünkre a próbagyártás lefolytatásához. Feltéve, hogy csak 5 véget készítünk ($n=5$), a tömeggyártás becsült pontossága ez esetben $\pm 7,4\%$ lesz 99,9% statisztikai biztonsággal. Ez azt jelenti — és ez a gyakorlatból nagyon jól ismert tény —, hogy a próbadarabok számának csökkentése erősen rontja a megbízhatóságot.

KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálataink jó alapot teremtettek arra, hogy megbecsüljük a tömeggyártásban kialakuló területi sűrűség értékét. A jól ismert statisztikai összefüggéseket vállalatunknál korábban csak a laboratóriumi munkákban használták (fonalak, kelmék szakítószilárdságának vizsgálatánál vagy más hasonló esetekben), a próbagyártások kiértékelésénél azonban nem. Ez nemcsak a mi vállalatunkra jellemző, hanem így van a többi magyar kötöttárugyárnál is. Reméljük, hogy ez a módszer, amit nemrég vezettünk be, javítani fogja próbagyártásaink megbízhatóságát és tömeggyártásunk megbízhatóságát egyaránt. A meglehetősen munkaigényes számítások megkönnyítésére mikroszámítógépes programot is készítettünk.

IRODALOM

Juran, J. M.: Minőségtervezés, szabályozás, ellenőrzés. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966

