

TAGUCHİ TEKNİĞİ TABANLI ÇOK ÖLÇÜTLÜ YÖNTEM İLE ÜRETİM PARAMETRELERİNİN ENİYİLENMESİ

Semra Boran

Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Esentepe Kampüsü, Sakarya

Kasım Baynal

Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Veziroğlu Kampüsü, Kocaeli

Özet: Taguchi yaklaşımı tek kalite karakteristiğinin optimizasyonu ile ilgilidir. Taguchi yöntemi proses parametreleri kümesini veren tek yanıt veya performans karakteristiğini optimize eder. Bu küme ürünün diğer karakteristikleri için istenen optimum sonuçları vermeyebilir. Böyle durumlarda, bütün olarak optimum veya optimuma yakın ürünler üretmek için kullanılacak proses parametrelerinin bir tek kümesini elde etme isteği artar (Antony, 2001). Bu çalışmada fayda kavramı ve Taguchi yaklaşımını esas alan çok ölçütlü yöntemin alüminyum profillerin toz boya kaplaması örneğinde uygulanması ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Taguchi Yöntemleri, Fayda Kavramı, Çoklu Yanıt, Optimizasyon, Kalite Karakteristikleri*

Abstract: Taguchi's approach is concerned with the optimization of a single quality characteristic. Taguchi method optimizes a single response or performance characteristic yielding a set of process parameters. This particular setting may not give desired results for other characteristics of the product. In such cases, a need arises to obtain a single setting of the process parameters, which can be used to produce the products with optimum or near optimum quality characteristics as a whole. In this paper a case study on powder coating of aluminum profiles, utilizing a simplified multi-criterion methodology based on Taguchi's approach and utility concept, is discussed.

Keywords: *Taguchi Methods, Multi-response, Optimization, Quality Characteristics, Utility Concept*

1. Giriş

Son yıllara kadar Taguchi Yöntemini kullanan uygulamalar daha çok tek yanıtli problemlerin optimizasyonu ile ilgilidir. Ancak imalat proseslerinin çoğu, çoklu kalite kriterli çıktı (yanıt) üretirler. Çok yanıtli problemlerde (ÇYP) aynı anda birden fazla yanıtı optimize eden tasarım parametrelerine ait değerler kümesi bulunmaya çalışılır. Yanıtlar birbirinden ayrı olarak optimize edildiğinde her bir yanıt için, farklı değerler elde edilecektir. ÇYP için geliştirilen yaklaşımlar, tüm yanıtları birleştirerek ortak hedef elde etmeyi sağlamaktadırlar. Çok yanıtli tasarım problemlerinin çözümünde tekli yanıtlar, tek bir fonksiyon oluşturmak için matematiksel olarak birleştirilir. ÇYP için son dönemlerde Taguchi Yöntemi esaslı bir çok yaklaşım geliştirilmiştir (Baynal, 2003).

2. Problemin Tanıtımı

Alüminyum profil imalatında boya işleminin maliyetini azaltmak amacıyla boya bölümünde proses iyileştirme problemi ele alınmıştır. Profil üzerine atılan boyaların fazla olması nedeniyle portakallaşma denilen bir olay meydana gelmektedir. Boya kalınlığının az olması da istenmemektedir. Bu boyanan profillerin özellikle yurt dışı müşteriler tarafından iade edilmelerinin temel nedenlerinden birini oluşturmaktadır. Boya film kalınlığının istenilen değerlerden farklı olması durumunda firma, boya, reklamasyon, kalitesizlik ve taşıma maliyetlerine katlanmak zorunda kalmaktadır (Ferah, 2003). Ayrıca boyanan profillerin özellikle inşaat sektöründe yer alması dolayısıyla dış koşullara karşı maksimum direnci gösterecek yapıda olması gerekmektedir. Bu nedenle boya film kalınlığı ve darbe direnci, iyileştirilmesi istenen kalite karakteristikleri olarak alınmıştır.

3. Ölçüm Sistemi, Faktör ve Seviyelerinin Belirlenmesi

Profillerin üzerlerinde bırakılan fazla boya sarfiyatları azaltılarak müşteri isteklerine uygun profil boyanması gerçekleştirilmek istenmektedir. Qualicoat'a göre film kalınlığının 60-80 µ (ISO 2178 ve ISO 2360) olması istenmektedir. Film kalınlığının ölçülmesi boyanan numune profiller üzerinden SaluTron D5 film kalınlığı ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Diğer özellik olan profillerin darbeye dayanıklılığı, darbe aleti ile testler uygulanarak, darbeye maruz kalan plakaların diğer yüzeyinde herhangi bir çatlama olup olmadığına bakılır. Çatlama yok ise bir üst seviyeden tekrar darbe indirilir. Bu işlem çatlama olana kadar devam eder. İstenilen değer ISO 6272'ye göre 25 kg cm den büyük olmalıdır. Üretimde önemli olduğu

düşünülen faktörler ve seviyeleri, neden-sonuç tekniği kullanılarak belirlenmiş ve aşağıda tablo halinde verilmiştir.

Tablo 1. Performans karakteristiğini etkilediği düşünülen faktörler ve seviyeleri

FAKTÖRLER		I. Seviye	II. Seviye	III. Seviye
A	Baraların durumu	Kirli	Temiz	-
B	Hava basıncı	5 bar	6 bar	7 bar
C	Kromat bekleme süresi	0 – 1 saat	2 – 8 saat	9 – 16 saat
D	Tarak – profil arası mesafe	22 cm	25 cm	28 cm
E	Şarj tozu	Yok	1 ölçek	2 ölçek
F	Boya tipi	Açık	Açık - kapalı	Kapalı
G	Boya markası	Akzo Nobel	İba	Jotun
H	Konveyör hızı	2,3 m / dak.	2,4 m / dak.	2,5 m / dak.

5. Fayda Kavramı

Müşteriler ürünleri çok sayıdaki kalite karakteristiğine göre değerlendirir. Ürünler arasında seçim yapılırken faydalılığına bakılır. Ürünün faydası her bir karakteristiğinin faydalarının toplamı ile belirlenir.

X_i , i. karakteristiğin etkinlik ölçüsü ve çıktı uzayını değerlendiren n nitelik varsa, bileşik fonksiyon aşağıdaki gibi ifade edilir (Kumar, 2000) :

$$U (X_1, X_2, \dots, X_n) = f (U_1 (X_1), U_2 (X_2), \dots, U_n (X_n)) \quad (1)$$

$U_i(X_i)$, i. niteliğin faydasıdır. Karakteristiklerin bağımsız ve aralarında etkileşim olmadığı kabul edildiğinde, fayda fonksiyonu tek tek niteliklerin doğrusal toplamıdır. Fayda fonksiyonu

$$U (X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n U_i (X_i) \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Müşteri istekleri esas alınarak karakteristikler için belirlenen ağırlıklar fayda indekslerine eklenerek, Fayda fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$U (X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n W_i U_i (X_i) \quad (3)$$

Fayda fonksiyonu “en yüksek en iyi” tipidir. Birleşik fayda en büyüklenirse ele alınan karakteristikler de otomatik olarak optimize edilecektir.

Kalite karakteristiklerinin fayda değerini belirlemek için tercih skalası oluşturulur. Bu skalalar birleşik sayı (bütün fayda) elde etmek için ağırlıklandırılır. Ağırlıklandırma çeşitli kalite karakteristiklerindeki kayıtsızlık testini karşılamak için yapılır. Tercih skalası doğrusal veya üstel olabilmesine rağmen burada logaritmik alınmıştır. Her bir kalite karakteristiğinin minimum kabul edilebilir kalite değeri için 0 (sıfır) ve en iyi kalite değeri için ise 9 tercih sayısı atanır. Log skalası seçilirse tercih sayısı (P_i);

$$P_i = A * \log\left(\frac{X_i}{X^*}\right) \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanır. X_i i. kalite karakteristiğinin minimum kabul edilebilir değeri ve X_i^* ise i. kalite karakteristiğinin minimum değeridir. A ise bir sabittir. $X_i = X^*$ ve $P_i = 9$ alınarak A değeri hesaplanabilir. Burada X^* , X_i 'nin optimum değeridir.

Kalite karakteristiklerine ağırlık veya nispi önem atanması için AHP veya Bileşik (Conjoint) Analiz gibi yöntemler kullanılır.

6. Algoritma

Taguchi felsefesi ve fayda kavramını esas alan prosedür aşağıdaki gibidir (Kumar, 2000).

1. Taguchi'nin deney tasarımı ve analizini (parametre tasarımı) kullanan seçilmiş (belirlenmiş) kalite karakteristiklerinin en iyi değerleri ayrı ayrı bulunur.
2. Optimal değerler ve minimum kalite seviyelerini kullanan her bir kalite karakteristiği için tercih skalası 4 nolu eşitlik kullanılarak oluşturulur.
3. Deneyim ve ürünün son kullanımını esas alınarak çeşitli kalite karakteristiklerine toplamaları 1'i verecek şekilde ağırlıklar ($W_i, i=1,2,\dots,n$) atanır.
4. Her bir deneme koşuluna karşı her bir ürünün fayda değerleri 5 nolu eşitlik kullanılarak bulunur.
5. Seçilen deney planının deneme (trial) koşullarının yanıtı olarak bu değerler kullanılır.
6. Taguchi tarafından önerilen prosedür kullanılarak, sonuçlar analiz edilir.

7. Optimum fayda için proses parametrelerinin optimal değerler kümesi (settings) bulunur (ortalama etrafında minimum sapma ve ortalama)
8. Adım 7’de belirlenmiş önemli parametreler göz önüne alınarak, tek tek karakteristik değerler tahmin edilir.
9. Optimal değerler kümesi için doğrulama deneyi yapılır ve karakteristiklerin tahmin edilen optimal değerleri ile gerçek değerler karşılaştırılır.

7. Uygulama

7.1. Problem için Uygun Ortogonal Dizin Seçimi ve Faktörlerin Diziye Atanması

Faktörlerin serbestlik dereceleri toplamı 15’ tir. A faktörü 2, diğer 7 faktör ise 3 seviyeli olduğundan serbestlik derecesi 15 $(= (2-1) + 7*(3-1))$ olduğundan dolayı L_{18} Ortogonal Dizi (OD) uygundur ve faktörler sırasıyla bu deneme desenine atanmışlardır. Etkileşimlerin olmadığı varsayılmıştır. Ayrıca uygulama esnasında oluşabilecek ve sonuçları olumsuz yönde etkileyebilecek fakat başlangıçta öngörülmemiş olan varyasyon kaynaklarına karşı korunabilmek için deneme sırası rassallaştırılarak, denemeler gerçekleştirilmiştir.

7.2. Analiz ve Optimal Sonuçlar

Film kalınlığı kalite karakteristiği için “nominal en iyi” ve darbe direnci kalite karakteristiği için ise “daha büyük daha iyi” durumu istenmektedir. Film kalınlığı için belirlenen aralık 60-80 μ olmasına rağmen hedef değer 70 μ ve darbe direnci için hedef değer 100 cm’dir.

7.3. Tercih Skalası Oluşturma ve Ağırlıkları Belirleme

4 nolu eşitlik yardımıyla film kalınlığı için $A=134.44$ (film kalınlığının optimum değeri; $X^*=70$, film kalınlığının minimum kabul edilebilir değeri; $X'=60$, $9= A*\log(70/60)$) bulunur ve $P_{FK}=134.44*\log(X_{FK}/60)$ olarak yazılabilir. Benzer şekilde darbe direnci için $A=14.95$ (Darbe direnci optimum değeri; $X^*=100$, film kalınlığının minimum kabul edilebilir değeri; $X'=25$, $9=A*\log(100/25)$ formülünden) bulunur ve $P_{DD}=14.95*\log(X_{DD}/25)$ yazılabilir.

Ağırlıklar da Analitik Hiyerarşik Proses yöntemi ile $W_{FK}=0.6$ ve $W_{DD}=0.4$ olarak hesaplanmışlardır.

7.4. Fayda Değerinin Hesaplanması

Toplam fayda değeri, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir:

$$U(n, R) = P_{FK}(n, R)W_{FK} + P_{DD}(n, R)W_{DD} \quad (5)$$

Burada n, deneme sayısını (=1,2,...,18) ve R ise tekrar sayısını (=1,2,3,4,5) göstermektedir. Uygulama sonucunda ilgili faktörlerin belirlenen seviyelerine göre hesaplanan kalite karakteristik değerleri ve 5 nolu eşitliğinden bulunan fayda değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu değerlere göre en iyi faktör/seviye kombinasyonu $A_2 B_3 C_3 D_3 F_3 E_2 G_3 H_1$ olduğu görülebilir. Ancak bunların içinde de F, E ve H faktörleri diğerlerine göre sonuç üzerinde çok daha etkin olduğu, yani seviyeleri değiştikçe sonuç üzerindeki etkileri de bariz bir şekilde değiştiği görülmektedir. Bu kombinasyona göre üretim yapıldığında hedef değerlere daha çok yaklaşıldığı görülmektedir.

Tablo 2: Faktörlerin seviyelerine göre FK, DD ve fayda değerleri

FAKT.	FİLM KALINLIĞI (FK)			DARBE DİRENCİ (DD)			FAYDA DEĞERLERİ (0.6/0.4 İÇİN)				
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	FAK.	L1	L2	L3	MAX-MIN
A	73,58	87,96	-	74,67	72,89	-	F	10,89	15,29	17,86	6,97
B	83,88	85,18	86,29	67,00	78,33	76,00	E	13,23	18,29	12,51	5,78
C	82,98	84,62	73,33	75,67	75,33	70,33	H	16,67	13,58	13,79	3,09
D	84,96	82,66	87,74	76,33	75,33	69,67	A	13,64	15,72	-	2,07
E	81,34	93,74	80,27	76,67	75,33	69,33	G	13,98	14,04	16,01	2,03
F	76,02	86,15	93,19	78,00	73,33	70,00	C	13,70	14,64	15,70	2,00
G	83,53	83,29	88,54	71,67	79,00	70,67	D	14,50	13,82	15,72	1,90
H	90,81	82,42	82,13	67,00	75,00	79,33	B	14,01	14,77	15,26	1,25

8. Sonuç

Sonuç olarak, Taguchi yöntemlerinin uygulanması çok önemli ve yararlı iyileştirmeler sağlamaktadır. Dolayısıyla işletmeler bunu dikkate alarak, çalışanlarına bu yöntemlerin öğretilmesini,

kalite geliştirme faaliyetlerinde ve problemlerinin çözümünde yaygın bir şekilde uygulanmasını sağlamalıdır.

Kaynaklar

Kumar, P. ve diğerleri, Quality Optimization (Multi-Characteristics) Through Taguchi's Technique and Utility Concept, *Qual.Reliab. Engng. Int.* 2000;**16**:475-485.

Antony, J., Simultaneous Optimisation of Multiple Quality Characteristics in Manufacturing Processes Using Taguchi's Quality Loss Function, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 2001; **17**:134-138.

Baynal, K., Çok Yanıtlı Problemlerin Taguchi Yöntemi ile Eniyilemesi ve Bir Uygulama, *Doktora Tezi*, İstanbul Üniv., Sosyal Bilimler Enstitüsü, 268 sayfa, Mart 2003.

Ferah, M., Çok Yanıtlı Taguchi Tasarım Metodu ve Alüminyum Sanayinde Bir Uygulama, *Y.Lisans Tezi*, Sakarya Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, 100 sayfa, Haziran 2003.