

KORD BEZİ ÜRETİMİNDE BÜKÜM YÖNÜNÜN ETKİLERİNİN FARKLI DENEY TASARIMI YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

Ayşe Aytaç^{*}, Berrin Yılmaz^{**}, Veli Deniz^{***}

Özet

Kord bezi üretiminde, bükme yönü olarak tek katlı bükümlerde (z), katlı (kord) bükümlerde ise (s) büküm yönü, üreticiler tarafından yıllardır kullanılmaktadır. Bu çalışmada, kullanılan büküm yönünün, ürünün mekanik özelliklerine etkileri Taguchi ve tam etkensel deney tasarımı yöntemleri ile incelenmiştir. Çoklu bükümlerde kopma dayanımı açısından (z.z.s) bileşimi yerine (s.s.z) bileşiminin de kullanılabileceği görülmüştür. Ancak, (z.z.s) büküm yönü bileşimi değişkenliğinin, (s.s.z) büküm yönü bileşimine göre daha az olduğu bulunmuştur. İki düzeyli deney sisteminde Taguchi ve tam etkensel tasarım yöntemleri ile bulunan sonuçların birbirini desteklediği görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: *Kord Bezi, Taguchi Deney Tasarımı, Tam Etkensel Deney Tasarımı*

THE INVESTIGATION OF EFFECTS OF TWIST DIRECTION IN TYRE CORD PRODUCTION PROCESS BY USING DIFFERENT EXPERIMENTAL DESIGN METHODS

Abstract

It is being used for years, the direction of twist (z) for one ply twist, while the direction of (s) for multiple twist during the twist process at cord fabric production. In this study, the effects of twist directions on the mechanical properties of product were investigated by using Taguchi and factorial experimental design techniques. It is observed that combination of (s.s.z) can be used for the replacement of the combination of (z,z,s) for the tensile properties. But, it is found that the variation of (z,z,s) combination is less than variation of (s.s.z) combination. It has been observed that the results of Taguchi and two factorial experimental design techniques were confirmed each other.

Keywords: *Kord Fabric, Taguchi Design of Experiment, Factorial Design of experiment*

* Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fak., Kimya Mühendisliği Bölümü, aaytac@kocaeli.edu.tr
** KORDSA Global End. İplik ve Kord Bezi San. ve Tic. A.Ş., KOCAELİ, berrinyilmaz@kordsa.com.tr
*** Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fak., Kimya Mühendisliği Bölümü vdeniz@kocaeli.edu.tr

GİRİŞ

Kord Bezleri, havalı lastiklerde destek amacıyla kullanılan temel tekstil malzemelerdir. Kord bezi, birbirine paralel çözümlerden ve çözümleri birbirine bağlayan seyrek atkılardan oluşur. Araç lastiklerinde yükü taşıyan bileşen kord bezidir. Kord bezleri kullanım sırasında lastiğin boyutsal özelliklerini de korumaktadır. Kord bezleri üretiminde genellikle naylon 6, naylon 66, rayon, poliester, aramit ve bu ipliklerin karışımı olan tekstil kordlar çözümlü olarak kullanılmaktadır (Ayyıldız, 2003).

Kord bezi üretimi; büküm, dokuma ve işleme (terbiye) süreçlerini kapsar (Azizoğlu, 1979). Bükümün amacı, korda belirli bir dayanım ve uzama özelliği ve lastik içinde kullanımı sırasında belirli bir yorulma direnci kazandırmaktır. Bükme yönü olarak sağa yapılan büküm 'S', sola yapılan ise 'Z' olarak adlandırılır (Moncrieff , 1973). Şekil 1'de büküm yönlerinin sematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1: Büküm Yönü Şekilleri

Büküm işlemi sırasında ipliklere esneme özelliği kazandırılarak, üzerine yüklenen yükü belirli oranda dağıtma ve yük kalktığında ise ilk haline dönme özelliği sağlanmaktadır (Ayyıldız, 2005). Büküm işleminin yapılabilmesi için ipin kendi etrafında döndürülmesi ve bu işlem sırasında ipliğin iki ucunun da sabit olması gerekmektedir. Büküm sayısı ipin dakikada kaç tur attığına ve dakikada kaç metre çekildiğine göre belirlenir. 7000 defa çevrilip dakikada 20 metre ile çekilirse metrede 350 büküm almış olur. Tek kat ipliklerin her biri kendi etrafında büküldükten sonra istenilen sayıda kord bir araya getirilerek tekrar bükülmektedir, bu büküm işlemine de katlı büküm denilmektedir (Çetin, 2005).

Bükülen iplikler müşteri talebi doğrultusunda belirli atkı ve çözümlü sıklıklarında dokunmaktadır. Dokumada çözümler lastikteki kullanım yerine ve beklenen işlevine göre belirli bir dayanım ve uzama değerini sağlayacak sıklıkta dokunmaktadır. İşleme süreci, kord bezinin ısıl ve mekanik davranışlarını son üründe standartlaştırmak ve lastik hamuruna

Kord Bezi Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Farklı DeneY Tasarımı Yöntemleri ile İncelenmesi

yapışmasını sağlayacak yapıştırıcı kimyasalın yüklenmesinin yapıldığı en son ve en önemli aşamadır (Ayyıldız, 2003; Bhakuni, Rye ve Domchick, 1978).

Endüstriyel koşullar, ekonomi ve zaman etkenleri göz önüne alındığında kord bezi üretimi sırasında yapılacak incelemelerin en verimli şekilde gerçekleştirebilmesi ve uygulanacak deneylerden elde edilen sonuçların en doğru şekilde yorumlayabilmesi için deneY tasarımı yöntemlerinin kullanılması son derece etkili ve verimli bir yaklaşımdır. Sınırlı kaynaklarla çalışıldığında, yapılan her deneyden en fazla bilgiyi elde etmek çok önemlidir. Çünkü iyi tasarlanmış deneyler, gelişigüzel veya plansız deneylere göre daha fazla bilgi üretirler.

DeneY tasarımı 1930'larda Sir Ronald Fisher tarafından geliştirilmiş olmasına rağmen, deneY tasarımını, değişkenliğin (varyansın) azaltılması için ilk uygulayan kişi Taguchi' dir. Dr. Taguchi'nin geliştirmiş olduğu kalite sistemi 1950'li yıllarda savaş sonrası Japonya'nın telefon sistemi üzerinde yeniden yapılanma sürecinde uygulanmış ve son derece başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Peace, 1973; Saat, 2000).

Taguchi yönteminde, kalite için istatistik teknikleri, ileri matematik uygulamaları, mühendislik bilgileri birlikte kullanılmaktadır ve beraberinde "Kalite Mühendisliği" kavramı geliştirilmiştir. Kalite mühendisinin görev tanımı Taguchi felsefesinde saklıdır. Kalite mühendisi, bir ürünün araştırma, geliştirme, süreç tasarımı, üretim ve müşteri memnuniyetinin sağlanması işlemlerinin her aşamasında olması gereken ve tüm bu işlemleri en uygun düzeyde yürüten kişidir (Soylak, 2000).

Taguchi yönteminde, deneY düzenlerinde kullanılmak üzere dikey dizi kümeleri oluşturulmaktadır. Bu kümeler deneY düzenleme işlemini kolaylaştırır. Dikey diziler kalite karakteristiğini etkileyen birçok değişkenin etkisini en az deneY sayısı ile inceleme fırsatı tanır. Dikey dizi seçimi, değişken, düzey, etkileşim sayısı, bütçe ve kaynaklara göre seçilir. Toplam serbestlik derecesine eşit veya daha büyük deneY sayısına sahip dikey dizi ile çalışılır (Kaya, 1996; Şirvancı, 1997).

Bir diğer deneY tasarımı yöntemi ise, bütün etken eşleştirmelerinin (kombinezonlarının) denendiği tam eşleştirmeli, ya da, tam etkensel deneY tasarımı yöntemidir (Şirvancı, 1997). Tam etkensel olarak düzenlenen denemelerde, iki veya daha fazla değişken değişik düzeylerde olanaklı tüm birleşimlerde birbirleri ile karşılaştırılabilirler. Bu denemeler sayesinde yalnız farklı değişkenlerin esas etkileri değil, bunun yanı sıra bu değişkenler arasındaki olası karşılıklı etkileri, yani etkileşimleri de incelenebilmektedir (Kaya, 1996).

Bir etkensel deney düzeninde yanıt değişkenini etkileyen birden fazla etken olabilir. Bu etkenler nitel veya nicel olabilmektedir. Etken düzeylerinin sayısı iki, üç veya daha fazla olabilir. En basit etkensel düzen 2^2 düzenidir. Bu düzende iki etken ve bu etkenlerin iki düzeyi vardır. Yani, $2*2=4$ deney eşleştirmesi bulunmaktadır. 2^3 etkensel deney düzeninde ise 3 etken ve bunların iki düzeyleri incelenmektedir. Burada $2*2*2= 8$ deney yapılarak inceleme gerçekleştirilmektedir (Erbaş, 2006). Görüldüğü gibi etken ve düzey sayısı arttıkça, etkensel deney tasarımında gerçekleştirilecek olan deney sayısı artmakta, bu da deneylerin uygulanabilirliğini azaltmaktadır.

Bu çalışmada büküm yönünün etkisinin incelenmesi için, Taguchi ve tam etkensel deney tasarımı yöntemleri kullanılmıştır. L_4 ve L_8 dikey dizileri oluşturulmuştur, L_8 dikey dizisi aynı zamanda tam etkensel tasarımda kullanıldığı için iki deneysel tasarım yönteminin karşılaştırılması yapılmıştır. Deneysel sonuçlarının çözümlenmesinde Minitab Release 14.2 programı kullanılmıştır. Bu program değişken etkilerinin grafiksel gösterimini de olanaklı kılmaktadır.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışma Kordsa Global firmasının Teknoloji Geliştirme Merkezi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Lastik kordonu oluşturmak üzere 1400 dtex Naylon 6,6 iplikleri kullanılmıştır. Öncelikle iplikler kendi üzerlerinde metrede 350 büküm (tpm) olacak şekilde bükülüp, daha sonra bükülmüş iplikler aynı düzeylerde yeniden bükülerek iki katlı kordu oluşturmak üzere birleştirilmiştir. Bu aşamada oluşturulan L_4 ve L_8 dizilerindeki büküm yönleri kullanılarak her biri 500 metre uzunlukta 6 farklı özellikte kord üretilip büküm yönünün etkisi incelenmiştir.

Elde edilen kordların, mekanik özellikleri Instron 4502 test cihazı ile ölçülmüştür. Kordların mekanik özellikleri cihazda her bir korddan 5 çekim yapılarak belirlenmiştir. Instron cihazından kopma dayanımı, kopmada uzama, 4,5 kg'da uzama, 6,8 kg'da uzama, zorlanım katsayısı(modulus), kopma enerjisi, ve %1-10 arasındaki LASE (belli bir uzamadaki kuvvet) değerleri elde edilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kord bezi üretiminde, büküm yönü yıllardan beri (z.z.s) bileşimi şeklinde kullanılmaktadır. Bu süreçte sağa yapılan büküm 'S', sola yapılan ise 'Z' olarak adlandırılmaktadır. Büküm yönü incelemesi için L_4 ve L_8 dikey

Kord Bezi Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Farklı Deney Tasarımı Yöntemleri ile İncelenmesi

dizileri oluşturulmuştur. Tablo 1 ve Tablo 2’de kodlanmamış L_4 ve L_8 dikey dizileri verilmiştir. Tablo 3 ve Tablo 4’de L_4 ve L_8 dikey dizileri uygulanan deney düzenine göre kodlanarak verilmiştir. L_4 ve L_8 dikey dizilerinin her bir satırı, üretilecek kordun ilk katının, ikinci katının ve katlı bükümün yönünü tanımlamaktadır.

Tablo 1. L_4 Dikey Dizisi(Kodlanmamış)

Deney No	Değişkenler		
	1.kat	2.kat	Katlı Bük.
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Tablo 2. L_8 Dikey Dizisi(Kodlanmamış)

Deney No	Değişkenler		
	1.kat	2.kat	Katlı Bük.
1	1	1	1
2	1	1	2
3	1	2	1
4	1	2	2
5	2	1	1
6	2	1	2
7	2	2	1

Tablo 3. L_4 Dikey Dizisi (Kodlanmış)

Deney No	Büküm Yönü Değişkenleri		
	1.kat	2.kat	Katlı Bük.
1	S	S	S
2	S	Z	Z
3	Z	S	Z
4	Z	Z	S

Aynı şekilde L_8 dikey dizisi içinde 3-5 ve 4-6 sıralarının tasarımının aynı olması nedeniyle 8 kord yerine 6 farklı ham kordun üretilip özelliklerinin incelenmesi yeterlidir. Farklı büküm yönlerinde üretilen ham

kordların mekanik özellikleri, çekme cihazında test edilip, elde edilen deneysel veriler Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 4. L8 Dikey Dizisi (Kodlanmış)

Deney No	Değişkenler		
	1.kat	2.kat	Katlı Bük.
1	S	S	S
2	S	S	Z
3	S	Z	S
4	S	Z	Z
5	Z	S	S
6	Z	S	Z
7	Z	Z	S
8	Z	Z	Z

Tablo 5 incelendiğinde, kopma dayanımı açısından en yüksek dayanım değerinin (z.z.s) ve (s.s.z.) büküm yönü bileşimlerinde elde edildiği görülmektedir. (s.s.z.) büküm yönü ile elde edilen kordun kopmada uzama, 4,5 kg’da uzama, 6,8 kg’da uzama ve %10 LASE değerleri, (z.z.s) bileşimindeki kordun değerleri birbirine çok yakındır.

Buna göre (z.z.s) büküm yönü yerine (s.s.z) büküm yönü bileşimi de kullanılabilceği görülmektedir. Değişkenliğin çözümlenmesi amacıyla, bu deney satırlarının 5 kez tekrar edilmesi ile standart sapma ve değişkenlik değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Tablo 6’de verilmiştir. Buna göre değişkenliği azaltan büküm yönü bileşiminin (z.z.s) bileşimi olduğu görülmektedir.

Tablo 5’de verilen deneysel kopma dayanımı değerlerinin çözümlenmesinde Minitab Release 14.2 programı kullanılmıştır. Bu program değişken etkilerinin grafiksel gösterimini de olanaklı kılmaktadır. Taguchi deney tasarımı yönteminde yapılan çözümlenmelerde; seçilen kalite özelliğinin en büyük eniyi, en küçük eniyi ve istenilen değer eniyi seçeneklerinden biri tercih edilerek yapılmaktadır. Taguchi yöntemi istatistiksel deney tasarımı kullanan ve eniyi deney takımının belirlenmesinde nitelik özelliğini (ortalama ve değişkenliği) eş zamanlı olarak dikkate alan, çeşitli durumlar için geliştirilen ve sinyal-gürültü (S/N, signal-to-noise) diye adlandırılan oranları kullanır. Bu üç tür çözümlenmede

Kord Bezi Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Farklı Deney Tasarımı Yöntemleri ile İncelenmesi

amaç sinyal-gürültü oranını enbüyüklemektir (maksimize etmektir). Bunların enbüyüklenmesi, bir yandan sinyali arttırırken, diğer yandan da değişkenliği azaltmaktadır.

Tablo 5. Farklı Büküm Yönlerinde Üretilen Ham Kordların Mekanik Özellikleri

Deney No	Kord Bileşimi	Kopma Dayanımı (N)	Kopmada Uzama(%)	4,5 kg'da uzama(%)	6,8 kg'da Uzama(%)	%10 LASE
1	S/S/S	145	35,9	19,1	23,8	20
2	S/S/Z	225	24,3	7,7	10,1	66
3	S/Z/S	109	27,8	16,3	20,8	22
4	S/Z/Z	147	38,9	20,2	25,2	19
5	Z/Z/S	225	24,2	7,3	9,7	70
6	Z/Z/Z	149	36,1	17,9	22,7	21

Tablo 6.(Z.Z.S) Ve (S.S.Z) Büküm Yönü Bileşimleri İçin Değişkenlik Çözümlemesi (Analizi)

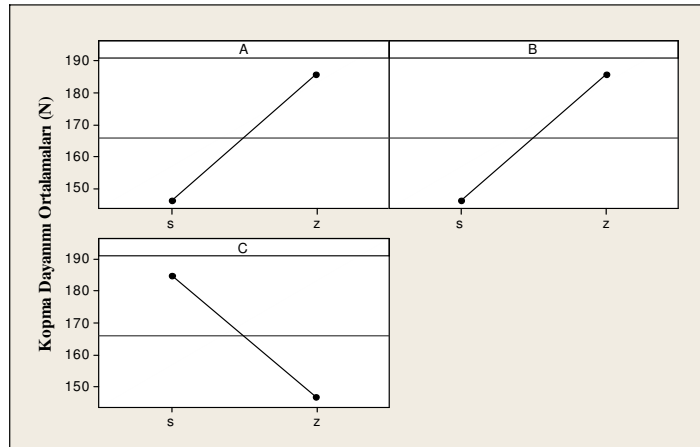
Deney No	Kopma Dayanımı (z.z.s bileşimi için) (N)	Kopma Dayanımı (z.z.s bileşimi için) (N)
1	225	222
2	225	226
3	223	225
4	226	225
5	225	225
Standart Sapma	0,110	0,144
Değişkenlik	0,0121	0,0207

Bu çalışmada nitelik özelliği (kalite karakteristiği) olarak kopma dayanımı seçilmiş ve kopma dayanımı değerlerinin enbüyük (maksimum) yapılması hedeflenmiştir. Bu nedenle çözümlenmeler en büyük eniyi fonksiyonu ile yapılmıştır. En büyük eniyi durumunda da kalite özelliğinin (Y) hedef değeri sonsuzdur ve sinyal-gürültü oranı aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$S/G \text{ Oranı} = -10 \log [\Sigma(1/Y^2) / n]$$

S/N oranı belirlenen kontrol etkenleri düzeyinde fonksiyonun sağlamlığını (robustness) değerlendirir. Etken(parametre) tasarımının amacı kayıpları azaltarak sağlamlığı arttırmaktır. Bu oran aynı zamanda hedef başarımlar etrafındaki değişkenliği de belirler. S/N oranı değişkenliğe neden olan kontrol edilemeyen etkenlerin mevcut olması durumunda başarımlar(performansın) kararlılık ve güvenilirliğini ölçer (Saat, 2000).

Şekil 2- 5'de deney verilerinin çözümlenme sonuçları görülmektedir. Şekil 2 ve Şekil 4'de ortalama kopma dayanımı değerlerinin etkenlere bağlı olarak değişimini verilirken, Şekil 3 ve Şekil 5'de kopma dayanımı için ortalama S/N oranı değişimi verilmiştir.

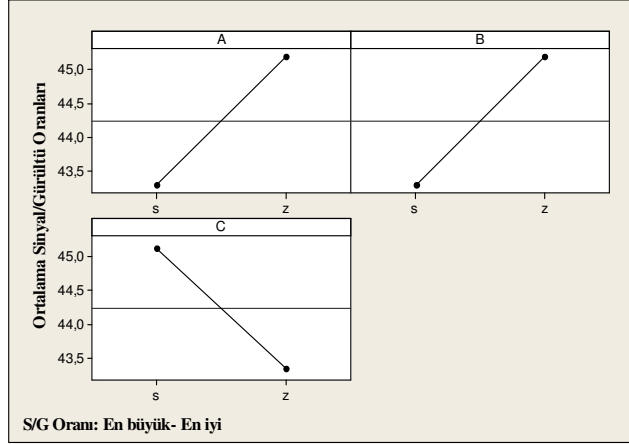


Şekil 2. L4 Dikey Dizisi ile Kopma Dayanımı Ortalamaları

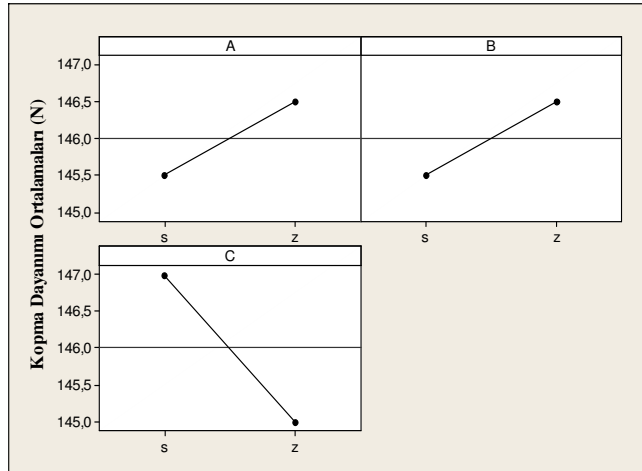
Şekil 2 ve Şekil 4'den görüldüğü gibi, en yüksek dayanım değeri (z.z.s) büküm yönü bileşiminde elde edilmektedir. L₄ ve L₈ dizilerinde ayrı ayrı yapılan çözümlenmeler birbirini desteklemektedir. Yapılan çözümlenmelerde sadece, kopma dayanımı ortalamaları değişmektedir. Ayrıca S/N oranını enyüksek yapan değerlerde hem L₄, hem de L₈ dikey

Kord Bezi Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Farklı Deney Tasarımı Yöntemleri ile İncelenmesi

dizisi için (z.z.s) büküm yönü bileşimini göstermektedir. Bu sonuçlar, (z.z.s) büküm yönü bileşiminde S/N oranı enbüyük yapılırken, aynı zamanda değişkenliğin de azaldığını göstermektedir.

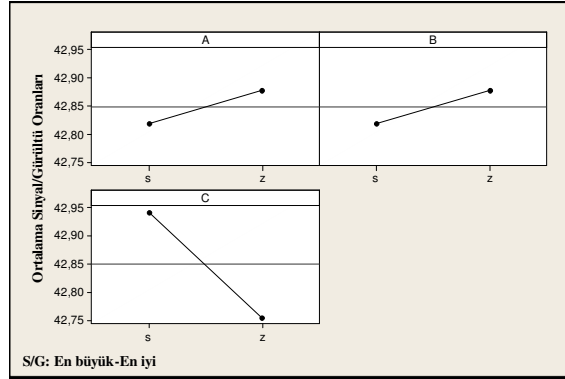


Şekil 3. L₄ Dikey Dizisi ile Kopma Dayanımı Ortalama S/N Oranları



Şekil 4. L₈ Dikey Dizisi ile Kopma Dayanımı Ortalamaları

Taguchi yönteminde net sonuçlara ulaşılması için doğrulama deneylerinin de yapılması gerekmektedir. Yapılan büküm yönü incelemesi çalışmasında (z.z.s) büküm yönü ve (s.s.z) büküm yönü bileşimleri 5 kez tekrar edilerek, standart sapma ve değişkenlik değerleri hesaplandığı için doğrulama deneyinin yapılmasına gerek kalmamıştır. Tekrar edilen bileşimler değişkenliği enaz ve kopma dayanımı enyüksek büküm yönü bileşiminin (z.z.s) bileşimi olduğunu göstermiştir.



Şekil 5. L₈ Dikey Dizisi İle Kopma Dayanımı Ortalama S/N Oranları

SONUÇLAR

Yıllardan beri kord üretiminde tek bükümlerde z ve katlı bükümlerde s büküm yönünün kullanımı en yüksek kopma dayanım değerini verdiği için tercih edilmektedir. Bu çalışma sonunda, tek bükümlerin s yönünde, katlı bükümün z büküm yönünde olduğu bileşim ile tek bükümlerin z yönünde katlı bükümünde s yönünde olduğu bileşimin hemen hemen aynı kopma dayanım değerini verdiği görülmüştür. Buna göre dayanım açısından (z.z.s) büküm yönü yerine (s.s.z) büküm yönü bileşiminin de kullanılabileceği anlaşılmaktadır. Ancak, (z.z.s) büküm yönü bileşiminin değişkenliğinin, (s.s.z) büküm yönü bileşiminine göre daha az olduğu bulunmuştur.

Kullanılan 2 düzeyli deney sisteminde, Taguchi deneysel tasarım yöntemi ile bulunan sonuçlar tam etkensel tasarım yöntemi ile bulunan sonuçları desteklemiştir. Taguchi yöntemi; diğer deney tasarımı yöntemleri arasında en az(minimum) deney sayısı ile karar verilebilmesi nedeniyle eniyileme çalışmaları için uygun ve güçlü bir araçtır.

Kord Bezi Üretiminde Büküm Yönünün Etkilerinin Farklı Deney Tasarımı Yöntemleri ile İncelenmesi

KAYNAKÇA

- Ayyıldız, Y. (2003). Kord Bezi Üretimi, Kordsa Eğitim Notları, Kocaeli.
- Ayyıldız, Y. (2005). Kord Bezinde Büküm Sürecindeki Önemli Noktalar. Kordsa Eğitim Sunumu, İzmit, 2005.
- Azizoğlu, M.A. (1979). Kord Bezinin Fiziksel Özellikleri ve Karakteristikleri. Kordsa Eğitim Notları, İzmit.
- Bhakuni, R.S., Rye, G.W. & Domchick, S.J. (1978). Adhesive and Processing Concepts for Tire Reinforcing Materials, ASTM Symposium on Tire Reinforcement and Tire Performanse, October 23–25, Akron, Ohio.
- Çetin, Z. (2005). Süreç Koşullarının Kord-Lastik Yapışma Değerine Etkilerinin Taguchi Yöntemi İle İncelenmesi, Kocaeli Üni. Fen Bilimleri Ens., Yüksek Lisans Tezi.
- Erbaş, S.O. & Olmuş, H. (2006). "Deney Düzenleri ve İstatistik Analizi", Gazi Kitapevi, 1.
- Kaya, N. (1996). Deney Düzeninde Taguchi Yaklaşımı, Hacettepe Üniv. Fen Bil. Ens. Y.L. Tezi, Ankara.
- Moncrieff, R.W. (1975). Man-Made Fibres, The Whitefriars pres Ltd., England.
- Peace, G.S. (1993). Taguchi Methods. Addison-Wesley Publishing Company, Canada.
- Saat, M. (2000). Kalite Denetiminde Taguchi Yaklaşımı. Gazi Üniv. İ.İ.B.F. Dergisi, 2(3): 97–108.
- Soylak, M. (2000). Kalite Geliştirmede Deneysel Tasarım ve Taguchi Yöntemi. Erciyes Üniv. Fen Bil. Ens. Y.L. Tezi, Kayseri.
- Şirvancı, M. (1997). Kalite için Deney Tasarımı: 100-101, Literatür Yayıncılık, İstanbul.