

## Matkap Uç ve Kanal Geometrisi Tasarımının Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkilerinin Taguchi Yöntemiyle Analizi

Güven MERAL<sup>1</sup>, Hakan DİLİPAK<sup>2</sup>, Murat SARIKAYA<sup>3</sup>, Ulvi ŞEKER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ankara

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara

<sup>3</sup>Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sinop

✉:guvenmeral@gazi.edu.tr

Geliş (Received): 30.10.2017

Düzeltilme (Revision):21.11.2017

Kabul (Accepted): 25.11.2017

### ÖZ

Bu çalışmada, iki adet özgün matkap kanal geometrisi tasarlanmış ve üretilmiştir. Deneysel çalışmalarda günümüzde endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan iki adet geometri ile (Geometri 1, Geometri 2), çalışma kapsamında geliştirilen iki adet matkap geometrisinin (Geometri 3, Geometri 4) performansları analiz edilmiştir. Takım geometrilerinin delik delme performansı üzerindeki etkilerini araştırmak ve ideal işleme parametrelerini belirlemek için Taguchi  $L_{16}(4^3)$  deney tasarımı kullanılmıştır. Anova analizi ile başlangıç parametrelerinin elde edilen sonuçlar üzerindeki etkisi istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Ayrıca Taguchi'nin Sinyal/Gürültü (S/G) analizi, yardımıyla en iyi sonuç için kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Delik Delme, Kuvvet, Optimizasyon, Taguchi

### Analysis of the Effects of Drill Bit and Flute Geometry Design on Cutting Force by Taguchi Method

#### ABSTRACT

In this study, two original drill channel geometries have been designed and produced. In the experimental studies , the performance of the two specific flute geometries (Geometry 3 , Geometry 4) developed by two very common tool geometries (Geometry 1, Geometry 2) was tested. Taguchi's orthogonal array design of experiment  $L_{16}(4^3)$  was utilized to investigate the influence of the tool geometry on the drilling performance and to determine the optimal drilling parameters during experimental study. The effect of the input parameters on the experimental results was statistically determined by the Anova analysis. In addition, Taguchi's Signal / Noise (S / N) analysis has been used to determine optimal levels of control factors for best results.

**Keywords:** Drilling, Force, Optimization, Taguchi

#### GİRİŞ

Günümüz talaş kaldırma işlemlerinin önemli bir kısmını delik delme işlemleri oluşturmaktadır. Delik delme işlemlerinin en önemli hedeflerinin başında düşük maliyet ve delik kalitesi gelmektedir. Helisel matkap tarafından delinen deliklerin kalitesi iş parçası, kesme parametreleri ve kesici takım olarak sıralanabilecek uç ana faktöre bağlıdır. Kesici takımı etkileyen ana faktörler ise matkap uç geometrisi, statik ve dinamik rijitlik, deliğin yüzey kalitesi, takım malzemesi ve matkabın genel geometrisidir. Matkapta kullanılan değişkenler işleme performansını etkilemektedir. Bu özelliklerden bazıları; matkabın boyu, uç açısı, boşluk açısı, kama açısı, talaş açısı, kesici kenar açısı, uç geometrileri ve talaş kanalı formudur [1]. Matkapla delik delme işlemlerinde işleme verimliliğine etki eden matkap malzemesi, matkap uç geometrisi, iş parçası malzemesi, soğutma/yağlama yöntemi ve kesme

parametreleri ile ilgili bir takım çalışmalar yapıldığı tespit edilmiştir. [2-6]. Literatürde özellikle matkap uç geometrisi değişken kabul edilerek kesme kuvveti ve moment ile ilgili çeşitli matematiksel modeller ortaya konulmuştur [7-14]. Endüstride kullanılan matkap uçlarının büyük bir çoğunluğu 13 mm'den daha küçük matkap uçlarından oluşmaktadır [15]. Delik başına takım maliyeti dikkate alınarak yapılan incelemede ise üretkenlik ve delik kalitesi açısından karbür matkapların diğer matkap çeşitlerine göre endüstride daha tercih edilmektedir [16, 17]. Günümüz koşullarında minimum maliyet ve maksimum kalite gereksinimleri dikkate alındığında mevcut deneyleri hem en verimli bir şekilde yapabilmek, hem de ortaya çıkan sonuçları doğru bir şekilde analiz edebilmek için deney tasarımı yöntemlerinin uygulaması son derece önemlidir. Deney tasarım yöntemleri içerisinde Taguchi metodu deney sayısını azaltmada ve optimizasyon problemlerinin çözümünde etkili bir metot olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu yöntem sadece deney sayısını azaltmakla kalmaz, aynı zamanda yüksek kalitede süreç ve ürün geliştirilmesini önemli oranda destekler. Deneylerde Taguchi metodu kullanılarak çok sayıda deney yapılmasının önüne geçilmekte ve maliyetler minimum oranda tutulmaktadır [18]. Bu etmenler göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada özgün bir kanal formu tasarlanıp üretilerek kesme kuvvetine olan etkileri Taguchi yöntemi yardımıyla araştırılmıştır. Bunun yanı sıra Taguchi optimizasyonu ile optimum delik delme parametreleri tespit edilmiştir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Malzeme

Testlerde delikler AISI 4140 malzeme üzerine delinmiştir. AISI 4140'ın kimyasal bileşimi Tablo 1'de görülmektedir.

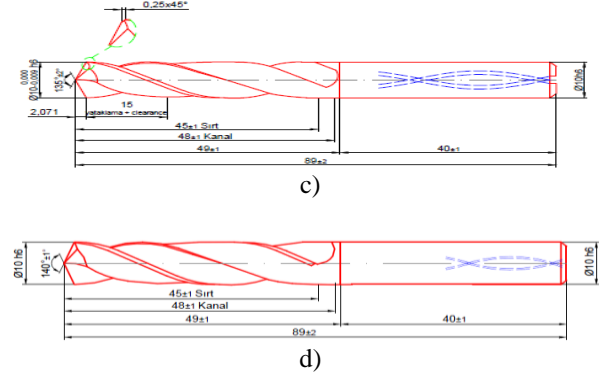
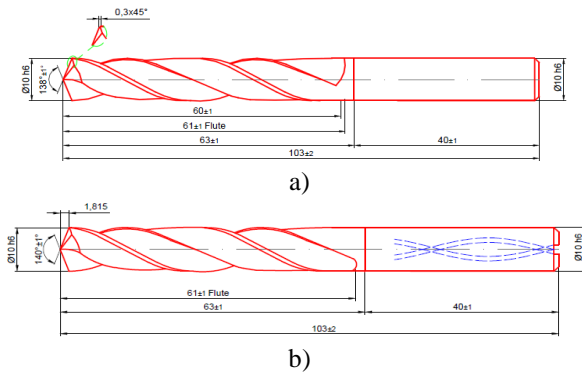
**Tablo 1:** AISI 4140'ın kimyasal bileşimi (% ağırlık)

C	Mn	Si	Cr	S	P	Mo	Fe
0,41	0,83	0,21	0,9	0,027	0,027	0,18	Denge

Deneylerde delikler boydan boya delinmiştir. Matkap çapına göre (10 mm)  $3xD \leq L$  bağıntısı esas alınarak delinecek malzemelerin kalınlığı en az 30 mm olacak şekilde ayarlanmıştır. Dinamometreden hatasız ölçüm alabilmek amacıyla delik yerleşimleri 125 mm'lik alanın dışına çıkmayacak şekilde yapılmıştır. Her deneyde 100'er delik tekrarı sağlamak amacıyla deney başına iki adet plaka kullanılmıştır.

### Kullanılan Matkaplar ve Takım Tezgâhı

Deneylerde kullanılan matkaplardan iki tanesi ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılan iki takım geometrisine ait, diğer iki tanesi ise çalışma kapsamında özgün olarak tasarlanan, 10 mm çapında, helisel-iki ağızlı, karbür matkaplardır. Matkaplar %10 kobalt içeren sementit karbür çubuklardan elde edilmiştir. Oerlikon Balzers firmasında TiAlN kaplama işleme yapılmıştır. Kaplamanın oksidasyon direnci yüksek, mikro sertliği 3300 HV, kuru sürtünme katsayısı 0,25 ve sıcak sertliği 900°C'dir. Deneylerde kullanılan matkaplar içten soğutma kanallı olacak şekilde seçilmiştir. Deneylerde kullanılan matkapların geometrik özellikleri Şekil 1'de görülmektedir.



**Şekil 1:** Kullanılan matkaplar; a) Geometri 1, b) Geometri 2, c) Geometri 3 (Özgün tasarım 1), d) Geometri 4 (Özgün tasarım 2)

Deneyler için Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, CNC Atölyesinde bulunan JOHNFORD VMC-550 CNC dik işleme merkezi kullanılmıştır.

### Deneysel Tasarım

Bu çalışmada Taguchi deney tasarımı ve optimizasyon metodu kullanılmıştır. Taguchi metodunun temel aşamaları sırasıyla faktör ve etkileşimlerin tespiti, faktörlerin seviyelerinin tespiti, uygun dikey dizi, faktör ve etkileşimlerin ortogonal dizi sütunlarına transferi, testlerin gerçekleştirilmesi, sonuçların analizi ve optimum seviyelerin tespiti, ve doğrulama testlerinin gerçekleştirilmesidir [19]. Tablo 2'de kullanılacak deney değişkenleri ve bunlara ait seviyeler görülmektedir. Bu çalışmada, dört farklı geometride matkap, dört farklı kesme hızı ve dört farklı ilerleme değeri kontrol faktörleri olarak alınmıştır. Minitab 17.0 programı yardımıyla Taguchi  $L_{16}$  deney tasarımı kullanılmıştır. Tablo 3'de Minitab paket programı yardımıyla belirlenen ve deney değişkenlerinin matrise uygun olarak atandığı deney tasarımı görülmektedir. Testlerde AISI 4140 malzemesi için 16 matkap adet kullanılmıştır. Matkap ucunda oluşabilecek her türlü hasarı görebilmek amacıyla her bir matkap 100 delik toplamda ise toplamda 1600 (16\*100) delik delme işlemi gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2:** Kontrol faktörleri ve seviyeleri

Faktör	Sembol	Birim	Seviye-1	Seviye-2	Seviye-3	Seviye-4
Geom.	G	-	G1	G2	G3	G4
İlerleme	f	mm/d	0,15	0,20	0,25	0,30
Kesme hızı	V	m/dk	90	100	110	120

**Tablo 3:** Taguchi  $L_{16}$  dikey deney tasarımı

Deney No	Değişkenler	Geometri (A)	İlerleme (mm/dev) (B)	Kesme hızı (m/dak) (C)
1	A1B1C1	Geometri1	0,15	90
2	A1B2C2	Geometri 1	0,20	100
3	A1B3C3	Geometri 1	0,25	110
4	A1B4C4	Geometri 1	0,30	120
5	A2B1C2	Geometri 2	0,15	100
6	A2B2C1	Geometri 2	0,20	90
7	A2B3C4	Geometri 2	0,25	120
8	A2B4C3	Geometri 2	0,30	110
9	A3B1C3	Geometri 3	0,15	110
10	A3B2C4	Geometri 3	0,20	120
11	A3B3C1	Geometri 3	0,25	90
12	A3B4C2	Geometri 3	0,30	100
13	A4B1C4	Geometri 4	0,15	120
14	A4B2C3	Geometri 4	0,20	110
15	A4B3C2	Geometri 4	0,25	100
16	A4B4C1	Geometri 4	0,30	90

olup olmadığını tespit etmek için kullanılmaktadır. Varyans analizi için elde edilen sonuçlar Çizelge 6.2’de

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Taguchi Metodu ile Analiz

Taguchi  $L_{16}$  ortogonal düzeni çerçevesinde oluşturulan deney düzeneğine göre yapılan deneyler sonucunda elde edilen kesme kuvveti değerlerinin Taguchi metodu yardımıyla deneylerden elde edilen sonuçlar Sinyal/Gürültü (Signal/Noise) oranına dönüştürülmekte ve decibel (dB) olarak ifade edilmektedir. Kuvvet ve Sinyal/Gürültü oranları Tablo 4’de verilmiştir. Deney sonuçlarının tamamı için en düşük değerlerin elde edilmesi hedeflendiğinden dolayı deneylerin analizinde “en düşük değer en iyidir” yaklaşımına göre hesaplanan sinyal/gürültü oranı kullanılmıştır. S/N oranı, hem ortalama değerleri hem de değişkenliği baz alır. Sinyal faktörü, sistemden elde edilen gerçek değeri ifade ederken gürültü faktörü ise deney tasarımında dikkate alınmayan fakat deney sonucuna etkisi bulunan faktörleri ifade etmektedir. Gürültüye sebep olan kaynaklar, sonuç olarak hedeflenen değerden sapmaya sebep olan bütün değişkenlerdir. Delik delme deneyleri sırasında kullanılan parametrelerin seviyelerine göre, kuvvet S/G oranı değişimini gösteren grafik, Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’de gösterilen S/G oranlarını veren grafiğe göre minimum kuvvet değeri için belirlenen deney kombinasyonu; kesici için Geometri-4, kesme hızı için 90 m/dk (V1) ve ilerleme miktarı için 0,15 mm/dev (f1) olarak belirlenmiştir.

### ANOVA Analizi

Varyans analizi deney giriş parametrelerinin deney sonuçları üzerindeki % etkisini ve giriş parametrelerinin sonuçlar üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı

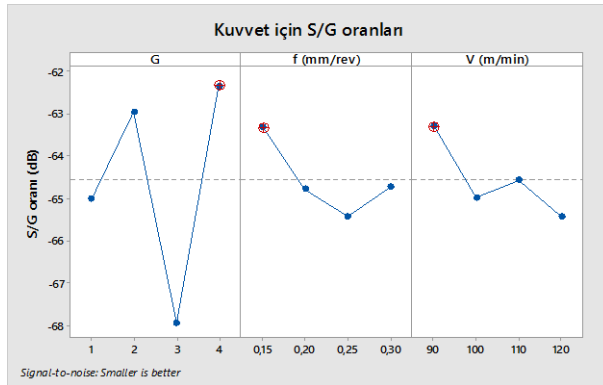
sunulmuştur. Tablo 4’de verilen varyans analiz sonuçları incelendiğinde kuvvet üzerindeki en etkili parametreler sırasıyla %74,9 ile kesici geometrisi, %9,1 ile ilerleme ve %7 ile kesme hızıdır. P anlamlılık katsayısına bakıldığında kuvvet üzerinde sadece kesici geometrisi parametresinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür.

**Tablo 4:** S/G oranları

Test no	Deney giriş parametreleri			S/G oranları
	G	f	V	Kuvvet
1	1	0,15	90	-62,554
2	1	0,20	100	-64,702
3	1	0,25	110	-65,163
4	1	0,30	120	-67,622
5	2	0,15	100	-62,008
6	2	0,20	90	-62,874
7	2	0,25	120	-63,660
8	2	0,30	110	-63,307
9	3	0,15	110	-66,470
10	3	0,20	120	-68,205
11	3	0,25	90	-68,386
12	3	0,30	100	-68,707
13	4	0,15	120	-62,225
14	4	0,20	110	-63,323
15	4	0,25	100	-64,511
16	4	0,30	90	-59,32

**Tablo 5:** Varyans analizi sonuçları

Faktör	Serbestlik derecesi, SD	Kareler Toplamı, KT	Kuvvet			
			Kareler Ortalaması, KO	F oranı	P değeri	% Katkı
G	3	3439212	1146404	16,71	0,003	74,9
f	3	420015	140005	2,04	0,210	9,1
V	3	321795	107265	1,56	0,293	7
Hata	6	411658	68610			9
Toplam	15	4592680				100



**Şekil 2:** Kuvvet için S/G oranı grafiği

## SONUÇ

Bu çalışmada, özgün kanal geometrisine sahip matkap uç tasarımı yapılmış ve tasarlanan geometrilere sahip matkap uçları başarılı bir şekilde üretilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucu geliştirilen özgün kanal geometrisine sahip matkap uçları, piyasada ticari olarak satışa sunulan matkap uçları ile AISI 4140 malzeme üzerinde delik delme işlemine tabi tutularak kıyaslamaları yapılmıştır. Tasarlanan özgün matkap geometrisi olan Geometri-3 ile delik delme sırasında tespit edilen olumsuzluklar göz önünde bulundurularak yeniden tasarlanan Geometri-4, diğer kullanılan geometrilere (Geometri-1 ve Geometri-2) delme kuvvet bakımından önemli avantaj sağlamıştır. Tasarlanan bu özgün geometri Geometri-4 ile; AISI 4140 çelik malzemenin delinmesinde, kesme kuvveti ve enerji verimliliği bakımından optimum delme parametreleri;  $V=90$  m/dak'lık kesme hızı ve  $f=0,15$  mm/dev'lik ilerleme oranı olarak belirlenmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre kuvvet üzerindeki en etkili parametreler sırasıyla %74,9 ile kesici geometrisi, %9,1 ile ilerleme ve %7 ile kesme hızıdır. Ayrıca kuvvet üzerinde sadece kesici geometrisi parametresinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür.

## KAYNAKÇA

[1] Öztürk S. Spiral Matkap Uç Geometrilere ve Talaş Kaldırmaya Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-8, 2001.

- [2] Abele E., Fujara M. Simulation based twist drill design and geometry optimization, CIRP Annals-Manufacturing Technology. 59:1, 145-150, 2010.
- [3] Tsao C. C. Investigation into the effects of drilling parameters on delamination by various step-core drills, Journal of Materials Processing Technology. 1, 206 405-411, 2008.
- [4] Ogawa M. Inose M., Arai M., Saga T. Micro drilling of 5056 wrought aluminum alloy, Journal of Japan Institute of Light Metals (Japan), 44:9, 486-491, 1994.
- [5] Armerago E. J. A., Cheng O. Y. Drilling with flat face and conventional twist Drill-II. Experimental Investigation, Int. J. Mach. Tool Des. Res. 12, 37- 54, 1972.
- [6] Hoshi T., Zhao H. Study of a high performance drill geometry, CIRP Annals. 38:1, 87-90, 1989.
- [7] Paul A., Kapoor S. G., Devor R. E. Chisel edge and cutting lip shape optimization for improved twist drill point design, International Journal of Machine Tools and Manufacture. 4:45, 421-431, 2005.
- [8] Saini D. P., Woodall P. Drill life optimisation when drilling TI-6AL-4V with HSS drills, ICME 9th International Conference on Manufacturing Excellence. 1-12, 2003.
- [9] Hsieh J. F., Lin P. D. Production of multifluted drills on six-axis CNC tool-grinding machine, International Journal of Machine Tools and Manufacture. 43, 1117-1127, 2003.
- [10] Hsieh J. F. Mathematical model for helical drill point, International Journal of Machine Tools and Manufacture. 45, 967-977, 2005.
- [11] Tsai W. D., Wu S. M. Mathematical model of multiflute drill point, International Journal of Machine Tools and Manufacture. 19, 109-120, 1979.
- [12] Lin P. D., Hsieh J. F. Mathematical model for helical drill point, International Journal of Machine Tools and Manufacture. 42, 1181-1193, 2002.
- [13] Devries M. F., Croscheck M. K. An Investigation of the cutting mechanisms of the new point drill, CIRP Annals. 37:1, 73-78, 1988.
- [14] Rubenstein C. The Torque and thrust Force in twist drilling I. theory, Int. J. Mach. Tool Des. Manufact. 31:4, 481-489, 1991.
- [15] Dröse J. Titanitrid-Beschichtete H. S. S. Spiral bohrer leistungsfähigkeit und verschleissmechanismen, doctoral dissertation, RWTH Aachen University, Aachen, 1-26, 1987.

- [16] Bayraktar Ş., Siyambaş Y., Turgut Y. Delik delme prosesi: bir araştırma. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 21:2, 120-130, 2017.
- [17] SECO Tools. Delik Delme Sunum, İstanbul, 3-4, 2013.
- [18] Savaşkan M., Taptık Y., Üregen M. Deney tasarımı yöntemiyle matkap uçlarında performans optimizasyonu. İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi. 3:6, 117-128, 2004.
- [19] Chen Y. H., Tam S. C., Chen W. L., Zhengy H. Y. Application of taguchi method in the optimization of laser micro-engraving of photomasks, International J Materials Product Technology. 11, 333-344, 1996.