



Delme işlemlerinde kesme parametrelerinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu

¹Güven MERAL, ²Murat SARIKAYA, ³Hakan DİLİPAK

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,

² Sinop Üniversitesi, Mes. Yük. Ok. Makine ve Metal Tek. Böl., Sinop,

³ Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğt. Böl., Ankara,

ÖZET

Bu çalışmada, delik delme işlemlerinde kaplamalı ve kaplamasız matkapların, kesme parametrelerine bağlı olarak performansları araştırılmış ve optimum işleme şartları tespit edilmiştir. Deneysel Taguchi L9 orthogonal (dik) düzlemine göre yapılarak deney sonuçlarının değerlendirilmesinde sinyal/gürültü (S/N) oranı esas alınmıştır. Minitab 15 yazılımı yardımıyla Taguchi tekniği kullanılarak optimum kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini veren kontrol faktörleri belirlenmiştir. Kontrol faktörlerinin sonuçlara etkisi Varyans analizi (ANOVA) yardımıyla bulunmuştur. Son olarak doğrulama deneyleri yapılmış ve optimizasyonun başarıyla uygulandığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler

Delme,
kesme kuvveti,
yüzey pürüzlülüğü,
Taguchi metodu,
optimizasyon

The optimization of cutting of parameters in drilling processes by Taguchi method

ABSTRACT

In this study, drills of TiAlN coated and uncoated of the performance have been researched depending on parameters of cutting in drilling process and the optimum machining conditions have been identified. Experiments have been made according Taguchi L9 orthogonal the plane. Evaluation of experiment results have based on the signal/noise rate. The value of the optimum cutting force and surface roughness gives factors of control have been determined Minitab 15 software with the help of Taguchi technique. Finally, verification experiments made and optimization have been identified application of successfully.

Keywords

Drilling,
cutting force,
surface roughness,
Taguchi method,
optimization

1. Giriş

Delik delme en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin yaklaşık %33'ünü içermektedir. Yine talaş kaldırma işlemlerinde harcanan toplam zamanın %25'i delik delme olarak tezgâhta geçmektedir [1]. Talaş kaldırma işlemlerinde her zaman ana hedef maliyeti azaltıp performansı yükseltmek için optimum işleme şartlarına ulaşmak olmuştur. En iyi sonuçların elde edileceği şartları ortaya koyabilmek için öncelikle performansı belirleyen özellikler belirlenir ve bu özelliği etkileyen faktörler incelenir. Ardından bu faktörlerin performansı belirleyen özellik üzerindeki etkilerinin tespit edilmesi ve en uygun kombinasyonunun bulunması için (kontrol edilemeyen faktörler de gözetilerek) deneyler yapılır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen performans göstergesi değerlendirilerek optimum şartlar tespit edilir [2,3]. Metal kesme operasyonlarında bazı parametreler, son işlem yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Son işlem yüzey pürüzlülüğü iki bağımsız etkinin toplamı olarak düşünülebilir. Birinci bağımsız etki; ideal yüzey pürüzlülüğü, takım geometrisi, ilerleme hızı ve kesme derinliğidir. Diğer etki ise, doğal yüzey pürüzlülüğü, kesme operasyonlarının düzensizlikleridir. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızı parametreleri kontrol edilen parametrelerdir. Buna karşın takım geometrisi, takım aşınması, talaş yükleri ve talaş oluşumu veya takım iş parçası malzeme özellikleri gibi faktörler kontrol edilememektedir. Makine takımlarının titreşimi, iş malzemelerinin yapılarındaki hatalar, takım aşınması veya düzensiz talaş oluşumu işleme süresince yüzey hasarlarına sebebiyet vermektedir. Kontrol edilebilen parametreler ile; istenilen yüzey pürüzlülüğü ve üretim kalitesini arttırmak oldukça önemlidir.

Kesme hızı ve ilerleme oranı gibi işleme parametrelerinin uygunluğunu değerlendirmek için, talaş kaldırma işlemi yapılmadan önce, ürünün yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için teknikler geliştirilmektedir. Tahmin tekniğinde önemli olan hususlar; hassasiyeti, güvenilirliği ve maliyetidir [4-8]. Endüstriyel şartlar göz önüne alındığında hem bu deneyleri ekonomik şartlar ve zamansal kısıntıları gözeterek en verimli şekilde gerçekleştirebilmek, hem de sonuçları doğru yorumlayabilmek için (kontrol edilebilen ve edilemeyen faktörler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek ve optimizasyonu gerçekleştirebilmek için) deney tasarımı yöntemlerinin uygulaması son derece verimli bir yaklaşımdır. Ayrıca kalite ve verimliliği arttırmak amacıyla uygulanan tüm diğer yöntem ve metotları destekleyici, yönlendirici rolü vardır. Bu modern yaklaşım çerçevesinde Taguchi Deney Tasarımı metodu optimizasyon problemlerinin çözümünde başarılı bir metot olarak ortaya çıkmaktadır. Taguchi metodu, çözümün sadece en az sayıda deneyle elde edilmesini sağlamakla kalmaz, yüksek kalitede proses ve ürün geliştirilmesini her açıdan destekler. Buna, prosesin veya ürünün üretim şartlarına ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı minimum hassasiyeti göstermesi, gerekli toleransların en düşük maliyetle sağlanması ve Taguchi kayıp fonksiyonu sayesinde ürünün toplamda yol açtığı kaybı minimize ederek yeni bir kalite maliyeti anlayışı çerçevesinde değerlendirilmesi de dahildir. Delik delme işlemlerinde kesme parametrelerinin optimizasyonu ile birlikte maliyetlerin düşürülerek performans ve kalite artışının sağlanması önemlidir. Deneylerde Taguchi metodu kullanılarak gereksiz yapılacak deneylerden kaçınılmakta zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır [9]. Son yıllarda özellikle kaplamalı matkapların kaplamasız matkaplara göre daha üstün olduğu bilinmekle beraber bunun diğer kontrol faktörleri (kesme hızı,

ilerleme miktarı, matkap çapı) ile birlikte somut olarak ortaya konulması gerekmektedir. Bu çalışmada endüstride sık kullanım alanı olan AISI 1050 malzemesinin delinmesinde matkap kalitesine (TiAlN kaplamalı, HSS kaplamalı) göre, matkap çapı, kesme hızı ve ilerleme miktarının; kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri Taguchi deney tasarımı yöntemiyle araştırılmıştır. Ayrıca Taguchi optimizasyonu ile optimal kesme parametreleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve metod

Kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilen AISI 1050 imalat çeliği üzerinde yapılan delme deneylerinde üç farklı kesme hızı (20, 30 ve 40 m/min) ve üç farklı ilerleme miktarı (0,05; 0,1 ve 0,15 mm/rev) belirlenmiştir.

Tablo 1. AISI 1050 çelik malzemenin kimyasal bileşimi

SAE/AISI	C	MN	SI	P	S
1050	0.45	0.60	0.10	0.04*	0.05*
	0.54	0.90	0.30		

*En çok

Deneylerde; iki farklı tipte ve üç değişik çapta ($\phi 6$, $\phi 8$ ve $\phi 10$), Makina Takım Endüstri A.Ş. tarafından imal edilmiş (DIN 338) kaplamalı ve kaplamasız HSS matkaplar kullanılmıştır. Kaplamalar PVD (Fiziksel Buharlaştırma Methodu) ile DIN 338 HSS RN 118° taşlanmış matkap üzerine TiAlN malzeme kullanılarak yapılmıştır. Takım geometrisi çelik malzemeler için tavsiye edildiği şekilde seçilmiş olup uç açısı 118°'dir [10]. Deneylerde JOHN FORD VMC-550 CNC freze tezgâhi kullanılmıştır. CNC tezgâhi; üç eksenli lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol ünitesi bir Dik İşleme Merkezidir. Deneylerde Matkap tipi, çapı ve kesme parametrelerinin "girdi" olarak değerlendirildiği deneysel çalışmalar neticesinde "çıktı" olarak; ölçülen kesme kuvvetleri içerisinde delme sırasında büyük öneme haiz olan ilerleme kuvveti (itme-thrust kuvvet) [11,12] ve delik kalitesinin belirlenmesi için işlenen deliğin yüzey kalitesi (ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra) değerlendirilmiştir. Kesme kuvvetlerinin ve momentin deneysel olarak belirlenmesi için Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Talaşlı Üretim Anabilim Dalı' da varolan kuantal kristal esasıyla çalışan KISTLER 9257-B tipi dinamometre ve Kistler Type 5070 amplifiyer kullanılmıştır. Yüzey kalitesini belirlemek amacıyla, işlenmiş yüzeylerde ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerini ölçmek için yine portatif bir yüzey pürüzlülük cihazı olan Mahr Perthometer M1 cihazı kullanılmıştır. Deneyler bölüm 3' de Taguchi tekniğiyle belirlen sayıda yapılmıştır.

3. Deney tasarımı

Deney tasarımı ve analiz yöntemi olarak Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin ana basamakları, (1) faktör ve etkileşimlerin belirlenmesi, (2) her bir faktörün seviyelerinin belirlenmesi, (3) uygun orthogonal matrisin seçilmesi, (4) faktör ve etkileşimlerin orthogonal matrislerin sütunlarına aktarılması, (5) deneylerin yapılması, (6) verilerin analizi ve optimal seviyelerin belirlenmesi, ve (7) doğrulama deneylerinin yapılmasıdır [13]. Taguchi tekniğiyle en uygun parametreler seçilerek en uygun kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğünün belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen parametreler ve bunların seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deney faktörleri ve seviyeleri

Faktörler	Birim	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Matkap çapı (A)	mm	6	8	10
Kesme hızı (B)	m/min	20	30	40
İlerleme (C)	mm/rev	0,05	0,1	0,15

Tablo 2'deki kesme parametreleri dikkate alınarak deneysel çalışma için en uygun tasarım olarak 9 deneyli Taguchi L9 orthogonal dizin seçilmiştir. Deneyler TiA1N kaplamalı matkaplar ve HSS matkaplar için ayrı ayrı tekrarlanarak

toplam 18 adet deney yapılmıştır. Minitab 15 yazılımı yardımıyla belirlenen L9 luk deney tasarımı Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3. Taguchi L9 orthogonal deney tasarımı

Deney No	Değişkenler	Matkap çapı (mm)	Kesme hızı (m/min)	İlerleme (mm/rev)
1	A1B1C1	1	1	1
2	A1B2C2	1	2	2
3	A1B3C3	1	3	3
4	A2B1C2	2	1	2
5	A2B2C3	2	2	3
6	A2B3C1	2	3	1
7	A3B1C3	3	1	3
8	A3B2C1	3	2	1
9	A3B3C2	3	3	2

4. Bulgular ve tartışma

Kontrol faktörlerinin seviyeleri, yapılan işlenebilirlik deneylerinden elde edilen kesme kuvveti (N) ve yüzey pürüzlülüğü (μm) sonuçları ve sinyal/gürültü (Sinyal to Noise ratio -S/N) oranları Tablo 4' de verilmiştir. Taguchi yönteminde performans belirlemede üç farklı analiz mevcuttur [14]. Bu çalışmanın amacı en düşük kesme kuvveti

ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde etmektir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak "en küçük en iyidir" analizi kullanılmıştır. Kaplamalı ve kaplamasız matkaplar üzerinde her bir kontrol faktörünün S/N analizi tablo 5'de görülmektedir.

Tablo 4. Deney sonuçları ve S/N oranları

Deney No	Kaplamasız HSS matkaplar				TiA1N kaplamalı HSS matkaplar			
	Kesme Kuvveti		Yüzey pürüzlülüğü		Kesme Kuvveti		Yüzey pürüzlülüğü	
	F(N)	S/N(dB)	Ra(μm)	S/N(dB)	F(N)	S/N(dB)	Ra(μm)	S/N(dB)
1	548	-54,78	1,876	-5,46	329	-50,39	1,745	-4,84
2	884	-58,93	1,962	-5,85	512	-54,19	1,824	-5,22
3	1391	-62,87	1,944	-5,77	889	-58,98	1,822	-5,21
4	1118	-60,97	2,243	-7,02	905	-59,13	1,924	-5,68
5	1350	-62,61	2,192	-6,82	1070	-60,59	1,914	-5,64
6	786	-57,91	1,912	-5,63	509	-54,13	1,704	-4,63
7	1770	-64,96	2,358	-7,45	1458	-63,28	2,289	-7,19
8	943	-59,49	2,188	-6,80	857	-58,66	1,972	-5,90
9	1566	-63,96	2,104	-6,46	1083	-60,69	1,963	-5,86

Tablo 5. Parametre seviyelerinin S/N yanıt tablosu

Seviyeler	Matkap çapı		Kesme hızı		İlerleme	
	F	Ra	F	Ra	F	Ra
Kaplamasız matkaplar						
1	-58,86	-5,70	-60,23	-6,64	-57,39	-5,97
2	-60,49	-6,49	-60,34	-6,49	-61,26	-6,44
3	-62,78	-6,90	-61,56	-5,96	-63,48	-6,68
Delta (max-min)	3,92	1,21	1,32	0,69	6,09	0,72
Sıralama	2	1	3	3	1	2
Kaplamalı matkaplar						
1	-54,50	-5,09	-57,58	-5,90	-54,38	-5,12
2	-57,95	-5,32	-57,81	-5,59	-58	-5,59
3	-60,88	-6,32	-57,93	-5,23	-60,95	-6,01
Delta (max-min)	6,97	1,23	0,35	0,67	6,57	0,89
Sıralama	2	1	3	3	1	2

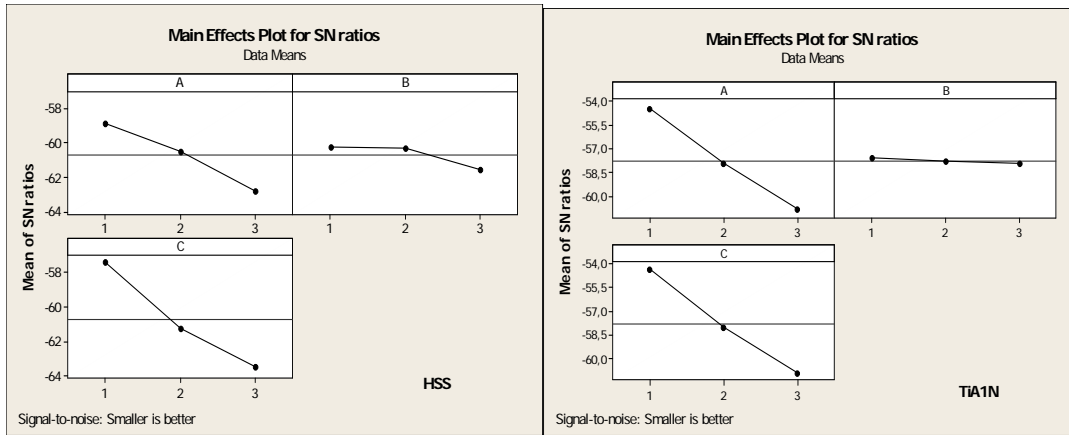
4.1 Kesme Kuvveti Sonuçlarının Optimizasyonu ve Değerlendirilmesi

Kesme kuvveti üzerinde her bir kontrol faktörünün analizi S/N yanıt tablosu ile yapılmıştır. (Tablo 5) Bu tablodan kaplamalı ve kaplamasız matkaplar için kesme kuvveti üzerinde en etkili faktörler sırasıyla ilerleme değeri, matkap çapı ve kesme hızı olmuştur. Taguchi teknikleri ile Şekil 1'den, Tablo 2'de verilen kontrol parametrelerinin optimum seviyeleri belirlenmiştir. S/N değerinin büyük olduğu seviye, tüm faktörlerin seviyeleri arasında optimum seviyedir. Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur. Buna göre hem kaplamalı hem de kaplamalı matkaplarda optimum kesme kuvveti, matkap çapının birinci seviyesinde (A1), kesme hızının birinci seviyesinde (B1) ve ilerleme değerinin birinci seviyesinde (C1) elde edilmiştir.

Şekil 1'de görüldüğü üzere delme esnasında kaplamalı ve kaplamasız matkaplar üzerinde oluşan kesme kuvvetinin, ilerleme ve matkap çapı değeri artışıyla belirgin bir şekilde artarken, kesme hızı artışıyla ise çok az da olsa bir artış göstermiştir.

4.2 Yüzey Pürüzlülüğü Sonuçlarının Optimizasyonu ve Değerlendirilmesi

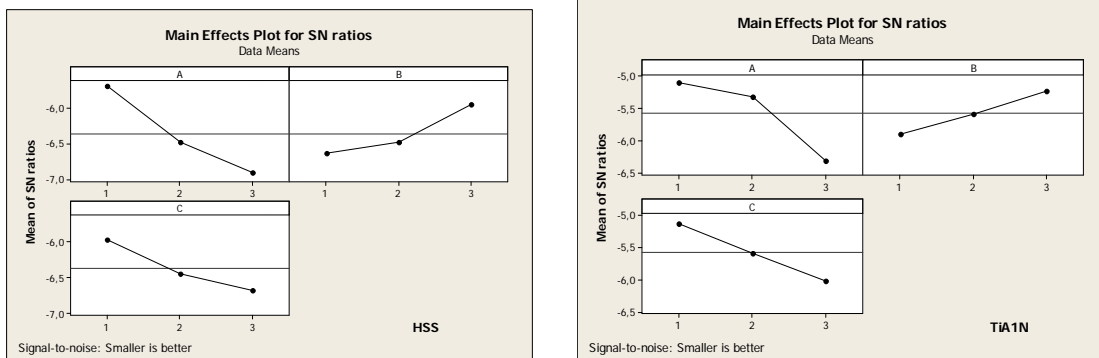
Yüzey pürüzlülüğü üzerinde her bir kontrol faktörünün analizi S/N yanıt tablosu ile yapılmıştır. (Tablo 5) Bu tablodan kaplamalı ve kaplamasız matkaplar için yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili faktörler sırasıyla matkap çapı, ilerleme değeri ve kesme hızı olmuştur. Taguchi teknikleri ile Şekil 2'den, Tablo 2'de verilen kontrol parametrelerinin optimum seviyeleri belirlenmiştir. S/N değerinin büyük olduğu seviye, tüm faktörlerin seviyeleri arasında optimum seviyedir.



Şekil 1. Kesme kuvveti sonuçları için kontrol faktörlerinin S/N oran grafikleri

Tablo 6. Kesme kuvveti (N) için kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri

Kontrol Faktörleri	Simge	Birim	Optimum seviye	Optimum değer
Matkap çapı (A)	D	mm	1	6
Kesme hızı (B)	V	m/min	1	20
İlerleme (C)	f	mm/rev	1	0,05



Şekil 2. Yüzey pürüzlülüğü sonuçları için kontrol faktörlerinin S/N oran grafikleri

Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur. Buna göre hem kaplamasız hem de kaplamalı matkaplarda optimum yüzey pürüzlülüğü; matkap çapının birinci seviyesinde (A1), kesme hızının üçüncü seviyesinde (B3) ve ilerlemenin birinci seviyesinde (C1) elde edilmiştir. Şekil 2’de delme esnasında kaplamalı ve kaplamasız matkaplar kullanıldığında delik üzerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin kontrol faktörlerine göre saptamaları görülmektedir. Buna göre yüzey pürüzlülüğü matkap çapı ve ilerleme değerinin artışıyla belirgin bir şekilde artarken, kesme hızı artışıyla ise azalma eğilimi göstermiştir.

4.3 Varyans Analizi (ANOVA)

Deneysel sonuçlar kullanılarak Tablo 8 ve Tablo 9’da kesme kuvveti için varyans tabloları (ANOVA) oluşturulmuştur. Bu

Tablo 7. Yüzey pürüzlülüğü (Ra) için kontrol faktörlerinin optimum seviyeleri

Kontrol Faktörleri	Simge	Birim	Optimum seviye	Optimum değer
Matkap çapı (A)	D	mm	1	6
Kesme hızı (B)	V	m/min	3	40
İlerleme (C)	f	mm/rev	1	0,05

Tablo 8. Kesme kuvvetleri için oluşturulan ANOVA tabloları

Faktörler	SD	KT	KO	F Değeri	YD
Kaplamasız Matkaplar					
A Matkap çapı	2	372925	186462	3884,63	%29,5
B Kesme hızı	2	53521	26760	557,51	%4,2
C İlerleme	2	838521	419260	8734,59	%66,3
Hata	2	96	48	-	-
Toplam	8	1265062	-	-	%100
Kaplamalı Matkaplar					
A Matkap çapı	2	465126	232563	71,38	%47,5
B Kesme hızı	2	12255	6127	1,90	%1,3
C İlerleme	2	494911	247455	76,59	%50,6
Hata	2	6462	3231	-	%0,06
Toplam	8	978754	-	-	%100

SD: Serbestlik Derecesi, KT: Kareler Toplamı, KO: Kareler Ortalaması, YD: Yüzde Dağılımı

Tablo 9. Yüzey pürüzlülüğü için oluşturulan ANOVA tabloları

Faktörler	SD	KT	KO	F Değeri	YD
Kaplamasız Matkaplar					
A Matkap çapı	2	0,129384	0,064692	17,84	%56,1
B Kesme hızı	2	0,047938	0,023969	6,61	%20,8
C İlerleme	2	0,045938	0,022969	6,34	%19,9
Hata	2	0,007251	0,003625	-	%3,2
Toplam	8	0,230510	-	-	%100
Kaplamalı Matkaplar					
A Matkap çapı	2	0,131313	0,065656	20,72	%55,8
B Kesme hızı	2	0,036701	0,018350	5,79	%15,6
C İlerleme	2	0,060835	0,030417	9,60	%25,9
Hata	2	0,006338	0,003169	-	%2,7
Toplam	8	0,235186	-	-	%100

SD: Serbestlik Derecesi, KT: Kareler Toplamı, KO: Kareler Ortalaması, YD: Yüzde Dağılımı

4.4 Doğrulama Deneyleri

Taguchi optimizasyon metodunu kullanarak, yapılan deneysel çalışma da kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerlerinin optimal sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar bazen mevcut deneylerden herhangi biri olabilirken,

tablolarda, kaplamasız ve kaplamalı matkaplarda kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörlerin etki oranları yüzde (%) olarak görülmektedir. Kesme kuvvetine etki eden faktörler Tablo 8’de incelendiğinde kaplamasız matkaplarda, en etkili faktörün %66,3 ile ilerleme değeri, kaplamalı matkaplarda ise aynı şekilde %50,6 ile ilerleme değeri olduğu ortaya çıkmıştır.

Yüzey pürüzlülüğüne etki eden faktörler Tablo 9’da incelendiğinde kaplamasız matkaplarda, en etkili faktörlerin sırasıyla %56 ile matkap çapı, %20,8 ile kesme hızı, %19,9 ile ilerleme değeri olduğu görülmüştür. Kaplamalı matkaplarda ise %55,8 ile matkap çapı, %25,9 ile ilerleme, %15,6 ile kesme hızı olduğu ortaya çıkmıştır.

bazen ise yapılan deneylerin haricinde bir deney sonucu olabilmektedir. Nitekim yaptığımız bu çalışmada da durum bu şekilde ortaya çıkmıştır. Kesme kuvveti için optimum sonuca mevcut deneylerden (A1B1C1) ulaşılırken, yüzey pürüzlülüğü için optimum sonuca mevcut deneylerden farklı olarak A1B3C1 deney şartlarında ulaşılmıştır. Doğrulama

deneyinden elde edilen sonuçlar, yapılan optimizasyonun başarısını yansıtmaktadır. Bu doğrultuda optimal şartların tahmin edildiği ve hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ile doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü değerleri Tablo 10'da sunulmuştur.

Doğrulama deney sonuçları incelendiğinde kaplamalı ve kaplamsız matkaplar için elde edilen bütün sonuçların yeterli olduğu ve Taguchi optimizasyonunun başarıyla uygulandığı görülmektedir.

Tablo 10. Kesme kuvveti için optimum sonuçlar ve doğrulama deneyleri

Taguchi Optimizasyonu	Kaplamsız matkaplar			Kaplamlı matkaplar		
	Tahmin edilen			Doğrulama deneyi		
Seviye	A1B1C1			A1B1C1		
Kesme şartları	6	20	0,05	6	20	0,05
Kesme kuvveti (N)	544			548		
				344		
				329		

Tablo 11. Yüzey pürüzlülüğü için optimum sonuçlar ve doğrulama deneyleri

Taguchi Optimizasyonu	Kaplamsız matkaplar			Kaplamlı matkaplar		
	Tahmin edilen			Doğrulama deneyi		
Seviye	A1B3C1			A1B3C1		
Kesme şartları	6	40	0,05	6	40	0,05
Yüzey pürüzlülüğü (μm)	1,733			1,722		
				1,621		
				1,686		

5. Sonuçlar

Literatürde yapılan çalışmalar da dikkate alınarak deney sonuçlarının daha sağlıklı ve kabul edilebilir değerlerde olmasına yardımcı olacağı ve optimal değerlere daha kısa zamanda ulaşarak zaman ve maliyetten kazanımların olacağı düşünülerek Taguchi yöntemi kullanılmıştır. Taguchi L9 orthogonal deney tasarımı ile 54 deney yerine 18 deney yapılarak kısa zaman deney sonuçları elde edilmiş ve optimum değerlere ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın sonucu ile yapılan değerlendirmelere göre;

- Taguchi yöntemi ile işleme şartlarında istenmeyen faktörlerin etkisi kısa zamanda tespit edilmiş, zaman ve maliyet düşürülerek ürün kalitesi artırılmıştır.
- Doğrulama deneyleri neticesinde Taguchi optimizasyonunun başarıyla uygulandığı görülmüştür.
- Aynı işleme şartlarında TiAlN kaplamalı matkap performansının kaplamsız HSS matkaplara göre yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca her iki matkap türünde de aynı işleme şartların da en iyi sonuçlar elde edilerek Taguchi metodunun güvenilirliği farklı bir yöntemle daha bulunmuştur.
- Kesme kuvvetini sonuçlarını etkileyen en büyük faktörün ilerleme değeri ve matkap çapı olduğu, kesme hızının ise daha az etki ettiği tespit edilmiştir. Optimum kesme kuvveti ise üç faktöründe en düşük seviyesinde elde edilmiştir.
- Kesme kuvvetinin, her üç faktör değerinin artışıyla doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür.
- Her iki matkap türünde de yüzey pürüzlülüğünün en fazla matkap çapından etkilendiği görülmüştür.
- Yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının, matkap çapı ve ilerleme oranı artışı ile doğru orantılı olarak arttığı, kesme hızı artışı ile ters orantılı olarak azaldığı tespit edilmiştir.
- Optimum yüzey pürüzlülüğü değerleri, matkap çapı ve ilerleme oranının en düşük seviyesinde, kesme hızının ise en yüksek olduğu seviyede elde edilmiştir.

Kaynaklar

1. Tonshoff, H.L., Spintig, W., König, W., Neises, A., Machining Of Holes Developments In Drilling Technology, *Annals Of The CIRP*, 43 (2): 551-560, 1994.
2. Scheffler, E., Statistische Versuchsplanung und -auswertung, Eine Einführung in die Praxis der statistischen Versuchsplanung, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart, ISBN 3- 342-00366-9, 1-50, 2001.
3. Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M., Deney Tasarımı Yöntemi İle Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu, *İTÜ Mühendislik Dergisi*, 3, 117-128, 2004.
4. Mike, S., L., Joseoh, C., Caleb M., Surface Roughness Prediction Technique For CNC End-Milling, *Journal Of Industry Technology*, 15, 1, 1-1-6, 1998.
5. Kadrigama, K., Naar, M., M., Zuki, M., M., Rahman, M., M., Rejab, M., R., M., Daud, R., Hessein, A., Optimization Of Surface Roughness An End-Milling On Mound Aluminium Alloys (AA6061-T6) Using Response Surface Method And Radian Basis Function Network, *Jordan Of Mechanical And Industrial Engineering*, 2, 4, 209-214, 2008.
6. Lahidi, B., Determining Deflection For Metal Turning Operation, *Journal Of Industrial Technology*, 13, 2, 21-33, 1997.
7. Çakır, C.M., 2009, Mathematical Modeling Of Surface Roughness For Evaluating The Effects Of Cutting Parametres And Coating Material, *Journal Of Materials Processing Technology*, 209, 102-109, 2009.
8. Meral, G., Dilipak, H., Sarıkaya, M., "The Modeling of Drilling Parameters Effect on the Hole Quality in Drilling of AISI 1050 Material Via Multiple Regression Method" *Electronic Journal of Machine Technologies*, Vol. 8, No 1, 37 – 46, 2011.
9. Ay M., Turhan A., Investigation Of The Effect Of Cutting Parameters On The Geometric Tolerances And Surface Roughness In Turning Operation, *Electronic Journal of Machine Technologies*, (7) 55-67, 2010.
10. Akkurt, M., "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları", *Birsen Yayinevi*, İstanbul, 23-90, 1998.

11. Şeker, U., "Talaş Kaldırma Prensipleri Ders Notları", *Ankara*, 2006.
12. Sandvik Coromant, "Modern Metal Cutting", Sweden, 2-61, 1994.
13. Chen, Y. H., Tam, S. C., Chen W. L. ve Zhengy, H. Y., Application of Taguchi Method in the Optimization of Laser Micro-Engraving of Photomasks, *International Journal of Materials & Product Technology*, 11, 333-344, 1996.
14. Şirvancı, M., Kalite İçin Deney Tasarımı, Literatür Yayınları, 110, 1997.