Makale

DELİK DELME UYGULAMALARINDA DELİK KALİTESİNİN TAGUCHİ YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU *

Güven MERAL
Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,
guven.meral@windowslive.com

Murat SARIKAYA **
Öğr. Gör., Sinop Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Sinop,
msarikaya@sinop.edu.tr

Hakan DİLİPAK
Yrd.Doç.Dr., Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Ankara,
hdilipak@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, TiA1N kaplamalı ve kaplamasız matkaplar ile delik delme uygulamalarında, kesme parametrelerinin ölçü tamlığı ve geometrik sapmalar (çaptan sapma, dairesellikten sapma, silindirlikten sapma) üzerindeki etkileri araştırılmış ve optimum işleme şartları tespit edilmiştir. Deneyler Taguchi L9 orthogonal (dik) düzlemine göre yapılmış ve deney sonuçlarının değerlendirilmesinde sinyal/gürültü (S/N) oranı esas alınmıştır. Minitab 15 yazılımı yardımıyla Taguchi tekniği kullanılarak optimum kontrol faktörleri belirlenmiştir. Son olarak doğrulama deneyleri yapılmış ve optimizasyonun başarıyla uygulandığı tespit edilmiştir. Kontrol faktörlerinin aynı seviyelerinde kaplamalı matkap performansının daha iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca kesme hızı, matkap çapı ve ilerleme değerinin artışıyla sapma oranlarının da genellikle arttığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Delme, ölçü tamlığı, geometrik sapmalar, Taguchi metodu, optimizasyon

At the Drilling Applications Optimization of Quality of Drill via Taguchi Method

ABSTRACT

In this study, at the drilling applications with TiA1N coated and uncoated drills, effects of cutting parameters on the dimensional accuracy and geometric deviations (diameter deviation, cyclicity deviation, cylindricality deviation) have been investigated and conditions of optimum machining have been determinate. Experiments have been made according to Taguchi L9 orthogonal plane and signal/noise rate has been based at the in the evaluation of experimental results. With the help of Minitab 15 software and by using Taguchi technique optimum control parameters are defined. Consequently, correlation experiments are made and it has been defined that optimization has been applicated successfully. In the same levels of control factors, it has been seen that performance of drill is better. More over, we observe that increasing of values of cutting speed, drill diameter and feed rate generally deviations ratios also increase.

Keywords : Drilling, dimensional accuracy, geometric deviations, Taguchi method, optimization

** İletişim Yazarı

* Geliş tarihi : 02.06.2011
Kabul tarihi : 22.08.2011

GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemi; elastik ve plastik şekil değişikliğine dayanım, sürtünme ve ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaş kırılması, iş malzemesi yüzeyinin sertleştirilmesi, kesici takım ucunun aşınması ve kırılması gibi olayların meydana geldiği karmaşık bir fiziksel olaydır [1]. Delik delme en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin yaklaşık %33'ünü içermektedir. Yine kesici takımlarla yapılan talaş kaldırma işlemlerinde harcanan zamanın %25'i delik delme işlemi olarak tezgâhtan geçirilmektedir [2].

Delik delme işlemi esnasında değişen kesme kuvvetleri, sıcaklık değerleri, matkapta oluşabilecek salgı veya sehim delik kalitesini ve ölçü tamlığını önemli ölçüde etkilemektedir.

Bu konuyla ilgili literatürde yapılan çalışmaları kısaca değerlendirdiğimizde;

- Delik delme sürecinde işleme performansına etki eden faktörlerden kesici takım türü ve uç geometrisi, iş parçası malzemesi, delik çapı, tezgah rijitliği, soğutma sıvısı, kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametreleri ile ilgili çeşitli araştırmaların yapıldığı görülmektedir [3-8].
- Takım ömrü ve matkap uç geometrisi (matkap uç geometrisinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri ve optimum kesme şartlarına ulaşabilmek için matkap uç geometrisinde değişikliklerin yapılması gibi) üzerine yapılan çalışmaların çokluğu dikkat çekmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda özellikle uç geometrisine bağlı olarak kesme kuvveti ve momentlerle ilgili çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir [9-11].
- Takım ömrünü belirleyen aşınma ve aşınmaya sebep olan kesme kuvvetleri ve momentleriyle ilgili yapılan çalışmalarda, uç geometrisi haricinde kesme hızı, ilerleme, delik çapı, tezgah rijitliği gibi faktörlerin etkileri de çeşitli teorik ve deneysel çalışmalarla incelenmiştir [12-15].
- Farklı malzemelerle, malzemenin mikro yapısı ve sertliğinin, malzemeye uygulanan ısıl işlemlerin delme işlemine etkisi deneysel olarak incelenmiştir [16-18].

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 özellik 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 [19,20]. 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 uygulanması son derece verimli bir yaklaşımdır. Ayrıca kalite ve verimliliği artırmak 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 toplumda 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 [21].

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 (TiA1N kaplamalı, kaplamasız) göre, matkap çapı, kesme hızı ve ilerleme miktarının; ölçü tamlığı ve geometrik sapmalara (çap, dairesellik, silindirlik) olan etkileri Taguchi deney tasarımı yöntemiyle araştırılmıştır. Ayrıca Taguchi optimizasyonu ile optimal kesme parametreleri belirlenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

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.

Deneylerde; iki farklı tipte ve üç değişik çapta (ø6, ø8 ve ø10), Makina Takım Endüstri A.Ş. tarafından imal edilmiş (DIN 338) kaplamalı ve kaplamasız HSS matkaplar kullanılmıştır. Kaplamalar PVD (Fiziksel Buharlaştırma Metodu) 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

Tablo 1. AISI 1050 Çelik Malzemenin Kimyasal Bileşimi

SAE / AISI	C	MN	SI	P	S
1050	0,45 – 0,54	0,60 – 0,90	0,10 – 0,30	0,04 en çok	0,05 en çok

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 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

[22]. Deneylerde JOHNFORD VMC–550 CNC freze tezgâhı kullanılmıştır. CNC tezgâhı; üç eksende lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol üniteli bir Dik İşleme merkezidir. Deliğin istenilen ölçü tamlığı, dairesellik ve eş eksenli olarak bir defada üretilmesi son derece önemlidir. Deneysel çalışmalarda elde edilen deliklerin çapları (çaptan sapma), ovalitesi (dairesellikten sapma) ve silindirikliği (eksenel sapma) CMM tezgahında hassas bir şekilde ölçülmüştür. Deneylerde Matkap tipi, çapı ve kesme parametrelerinin "girdi" olarak belirlendiği deneysel çalışmalar neticesinde "çıktı" olarak; çaptan sapma, dairesellikten sapma ve silindirlikten sapma ölçüleri değerlendirilmiştir. Deneyler, Tasarım bölümünde Taguchi tekniğiyle belirlenen sayıda yapılmıştır.

DENEY TASARIMI

Deney tasarım 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 [23]. Taguchi tekniğiyle en uygun parametreler seçilerek optimal çaptan sapma, dairesellikten sapma ve eksenel sapma değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen parametreler ve bunların seviyeleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'deki kesme parametreleri dikkate alınarak deneysel çalışma için en uygun tasarım olarak dokuz 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'te görülmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kontrol faktörlerinin seviyeleri, yapılan işlenebilirlik deneylerinden elde çaptan sapma (sç), dairesellikten sapma (sd) ve silindirlikten (eksenel) sapma (ss) sonuçları ve sinyal/gürültü (Sinyal to Noise ratio –S/N) oranları Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir. Taguchi yönteminde performans belirlemede üç farklı analiz mevcuttur [24]. Bu çalışmanın amacı en düşük sapma 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 6'da görülmektedir.

Tablo 4. Kaplamasız Matkaplar İçin Deney Sonuçları ve S/N Oranları

No	Kaplamasız HSS matkaplar					
	sç		sd		ss	
	mm	S/N (dB)	mm	S/N (dB)	mm	S/N (dB)
1	0,098	20,176	0,0356	28,971	0,06025	24,401
2	0,10945	19,216	0,0613	24,251	0,0328	29,683
3	0,15335	16,286	0,128	17,856	0,064	23,876
4	0,11534	18,760	0,0674	23,427	0,0484	26,303
5	0,17423	15,178	0,10486	19,588	0,08374	21,541
6	0,16233	15,792	0,0921	20,715	0,10312	19,733
7	0,10475	19,597	0,09025	20,891	0,0642	23,849
8	0,1575	16,054	0,0802	21,917	0,07495	22,505
9	0,1902	14,416	0,1384	17,177	0,0706	23,024

Tablo 5. TiA1N Kaplamalı Matkaplar İçin Deney Sonuçları ve S/N Oranları

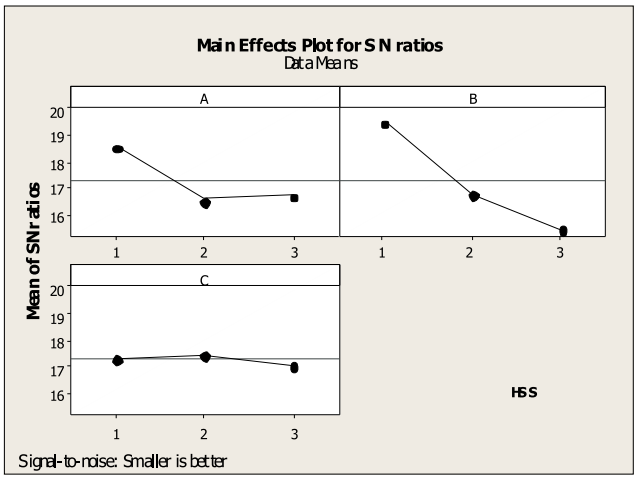
No	TiA1N kaplamalı matkaplar					
	sç		sd		ss	
	mm	S/N (dB)	mm	S/N (dB)	mm	S/N (dB)
1	0,03645	28,766	0,0265	31,535	0,0278	31,119
2	0,04175	27,587	0,0825	21,671	0,04168	27,601
3	0,1148	18,801	0,1215	18,309	0,0652	23,715
4	0,0486	26,267	0,046	26,745	0,03944	28,081
5	0,0842	21,494	0,08505	21,407	0,0587	24,627
6	0,0945	20,491	0,0712	22,950	0,0595	24,510
7	0,05184	25,707	0,0722	22,829	0,0582	24,702
8	0,09225	20,701	0,07572	22,416	0,07061	23,023
9	0,0953	20,418	0,1102	19,156	0,05541	25,128

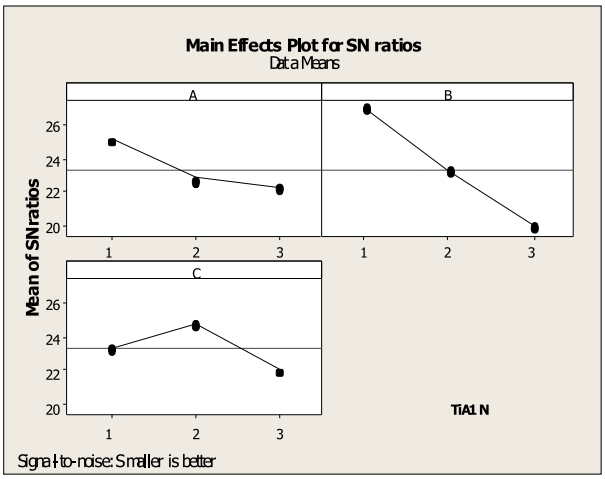
Tablo 6. Parametre Seviyelerinin S/N Yanıt Tablosu

Seviyeler	Matkap çapı			Kesme hızı			İlerleme		
	sç	sd	ss	sç	sd	ss	sç	sd	ss
Kaplamasız matkaplar									
1	18,56	23,69	25,99	19,51	24,43	24,85	17,34	23,87	22,21
2	16,58	21,24	22,53	16,82	21,92	24,58	17,46	21,62	26,34
3	16,69	19,99	23,13	15,50	18,58	22,21	17,02	19,44	23,09
Delta(max-min)	1,98	3,70	3,46	4,01	5,85	2,64	0,44	4,42	4,12
Sıralama	2	3	2	1	1	3	3	2	1
Kaplamalı matkaplar									
1	25,05	23,84	27,48	26,91	27,04	27,97	23,32	25,63	26,22
2	22,75	23,70	25,74	23,26	21,83	25,08	24,76	22,52	26,94
3	22,28	21,47	24,28	19,90	20,14	24,45	22,00	20,85	24,35
Delta(max-min)	2,78	2,37	3,19	7,01	6,90	3,52	2,76	4,79	2,59
Sıralama	2	3	2	1	1	1	3	2	3

Çaptan Sapma Sonuçlarının Optimizasyonu ve Değerlendirilmesi

Delik üzerinde çaptan sapma sonuçları için her bir kontrol faktörünün analizi S/N yanıt tablosu ile yapılmıştır (Tablo 6). Bu tablodan kaplamalı ve kaplamasız matkaplar için çaptan sapma değerleri üzerinde en etkili faktörler sırasıyla kesme hızı, matkap çapı ve ilerleme oranı olmuştur. Taguchi teknikleri ile Şekil 1'den, Tablo 2'de verilen kontrol





Şekil 1. Çaptan Sapma Sonuçları İçin Kontrol Faktörlerinin S/N Oran Grafikleri

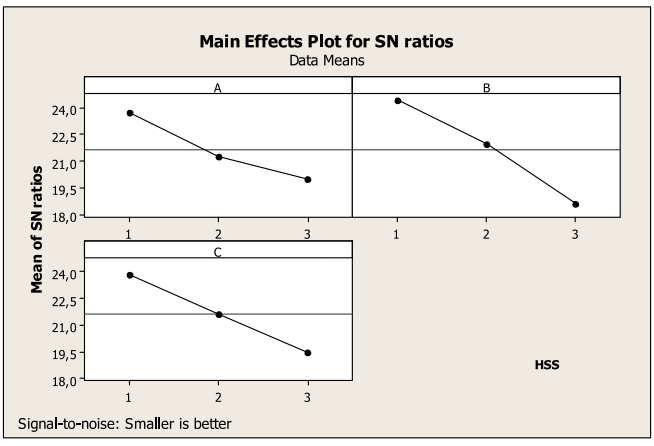
parametrelerinin optimum seviyeleri belirlenmiştir. S/N değerinin büyük olduğu seviye, tüm faktörlerin seviyeleri arasında optimum seviyedir.

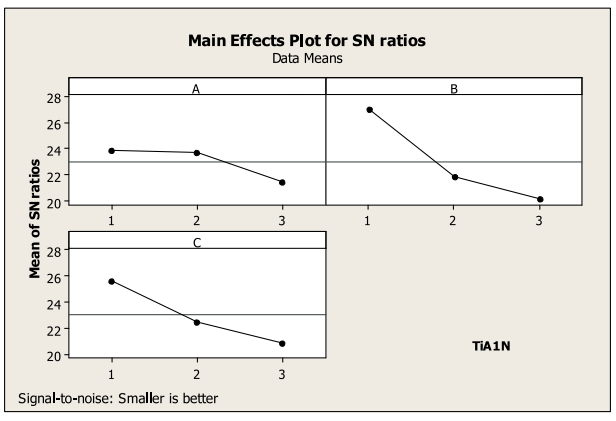
Herhangi bir parametre için en iyi değer o parametrenin tüm seviyeleri içerisinde elde edilen en büyük S/N oranına göre bulunmuştur. Buna göre hem kaplamasız hem de kaplamalı matkaplarda optimum yani en düşük çaptan sapma değeri, matkap çapının birinci seviyesinde (A1), kesme hızının birinci seviyesinde (B1) ve ilerleme değerinin ikinci seviyesinde (C2) elde edilmiştir.

Delik Çaplarının Dairesellikten Sapma (Ovalite) Sonuçlarının Optimizasyonu ve Değerlendirilmesi

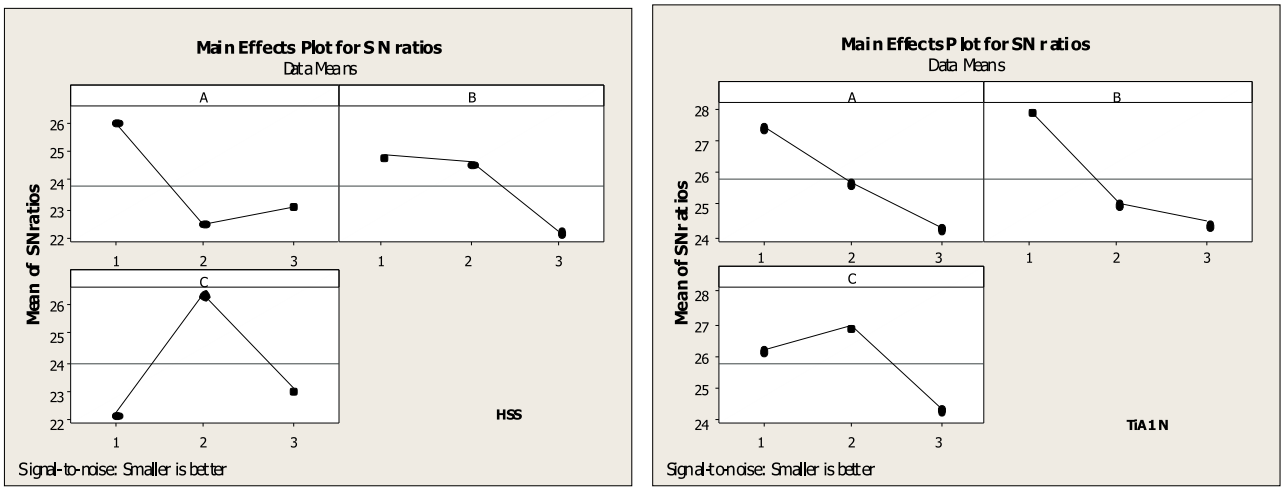
Delik ölçülerinin dairesellikten sapma (ovalite) sonuçları için her bir kontrol faktörünün analizi S/N yanıt tablosu ile yapılmıştır (Tablo 6). Bu tablodan kaplamalı ve kaplamasız matkaplar için dairesellikten sapma değerleri üzerinde en etkili faktörler sırasıyla kesme hızı, ilerleme ve matkap çapı 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.

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 yani en düşük dairesellikten sapma değeri, matkap çapının birinci seviyesinde (A1), kesme hızının birinci seviyesinde (B1) ve ilerleme değerinin birinci seviyesinde (C1) elde edilmiştir.





Şekil 2. Dairesellikten Sapma Sonuçları İçin Kontrol Faktörlerinin S/N Oran Grafikleri



Şekil 3. Silindirlikten Sapma Sonuçları İçin Kontrol Faktörlerinin S/N Oran Grafikleri

Delik Çaplarının Silindirlikten (Eksenel) Sapma Sonuçlarının Optimizasyonu ve Değerlendirilmesi

Delik ölçülerinin silindirlikten (eksenel) sapma sonuçları için her bir kontrol faktörünün analizi S/N yanıt tablosu ile yapılmıştır (Tablo 6). Bu tablodan kaplamasız matkaplar için silindirlikten sapma değerleri üzerinde en etkili faktörler sırasıyla ilerleme, matkap çapı ve kesme hızı olmuştur. Kaplamalı matkaplar için ise en etkili faktörler sırasıyla kesme hızı, matkap çapı ve ilerleme oranı olmuştur. Taguchi teknikleri ile Şekil 3'ten, 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 kaplamasız hem de kaplamalı matkaplarda optimum yani en düşük silindirlikten sapma değeri, matkap çapının birinci seviyesinde (A1), kesme hızının birinci seviyesinde (B1) ve ilerleme değerinin ikinci seviyesinde (C2) elde edilmiştir.

Doğrulama Deneyleri

Taguchi optimizasyon metodunu kullanarak, yapılan deneysel çalışma da kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü delik kalitesi değerlerinin optimal sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlar bazen mevcut deneylerden herhangi biri olabilirken, bazen ise yapılan deneylerin haricinde bir deney sonucu olabilmektedir. Nitekim yaptığımız bu çalışmada da durum bu şekilde ortaya çıkmıştır. Ovalite için optimum sonuca mevcut deneylerden kontrol faktörlerinin A1B1C1 seviyesinde ulaşılırken, çaptan sapma ve eksenel sapma değeri için optimum sonuca mevcut deneylerden farklı olarak kontrol faktörlerinin A1B1C2 seviyesinde ulaşılmıştır. Doğrulama deneyinden elde edilen sonuçlar, yapılan optimizasyonun başarısını yansıtmaktadır. Bu doğrultuda optimal şartların

Tablo 7. Çaptan Sapma Değerleri İçin Optimum Sonuçlar ve Doğrulama Deneyleri

Taguchi Optimizasyonu	Kaplamasız matkaplar						Kaplamalı matkaplar					
	Tahmin edilen			Doğrulama deneyi			Tahmin edilen			Doğrulama deneyi		
Seviye	A1B1C2			A1B1C2			A1B1C2			A1B1C2		
Kesme şartları	6	20	0,1	6	20	0,1	6	20	0,1	6	20	0,1
Sapma (mm)	0,08348			0,10675			0,02524			0,03945		

Tablo 8. Dairesellikten Sapma Değerleri İçin Optimum Sonuçlar ve Doğrulama Deneyleri

Taguchi Optimizasyonu	Kaplamasız matkaplar						Kaplamalı matkaplar					
	Tahmin edilen			Doğrulama deneyi			Tahmin edilen			Doğrulama deneyi		
Seviye	A1B1C1			A1B1C1			A1B1C1			A1B1C1		
Kesme şartları	6	20	0,05	6	20	0,05	6	20	0,05	6	20	0,05
Sapma (mm)	0,03132			0,0356			0,02934			0,0265		

Tablo 9. Silindirlikten Sapma Değerleri İçin Optimum Sonuçlar ve Doğrulama Deneyleri

Taguchi Optimizasyonu	Kaplamasız matkaplar						Kaplamalı matkaplar					
	Tahmin edilen			Doğrulama deneyi			Tahmin edilen			Doğrulama deneyi		
Seviye	A1B1C2			A1B1C2			A1B1C2			A1B1C2		
Kesme şartları	6	20	0,1	6	20	0,1	6	20	0,1	6	20	0,1
sapma (mm)	0,02677			0,0217			0,02631			0,02715		

tahmin edildiği ve hesaplamalar sonucu elde edilen değerler ile doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen değerler Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9'da sunulmuştur.

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

SONUÇLAR

Literatürde yapılan çalışmalar da dikkate alınarak deney sonuçlarının daha sağlıklı ve kabul edilebilir değerlerde olmasına yardımcı olacağı ve optimal değerlere daha kısa zamanda ulaşılarak 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 sonucuyla yapılan değerlendirmelere göre;

- Taguchi yöntemiyle işleme şartlarında istenmeyen faktörlerin etkisi kısa zamanda tespit edilmiş, zaman ve maliyet düşürülerek ürün kalitesi arttırılmıştır.
- Doğrulama deneyleri neticesinde Taguchi optimizasyonunun başarıyla uygulandığı görülmüştür.
- Kontrol faktörlerinin aynı seviyelerinde TiA1N kaplamalı matkap performansının kaplamasız HSS matkaplara göre yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca her iki matkap türünün aynı işleme şartlarında en iyi sonuçlar elde edilerek Taguchi metodunun güvenilirliği farklı bir yöntemle daha bulunmuştur.
- Kaplamalı ve kaplamasız matkaplar kullanıldığında çaptan sapma ve dairesellikten sapma (ovalite) değerleri üzerindeki en etkili faktörün kesme hızı olduğu tespit edilmiştir.
- Kaplamasız matkaplar için silindirlikten sapma değeri üzerinde en etkili faktörün ilerleme; kaplamalı matkaplar için ise en etkili faktörün kesme hızı olduğu görülmüştür.
- Matkap çapı ve kesme hızı arttıkça her üç sapma değerinin de arttığı belirlenmiştir.
- Optimum ovalite değeri matkap çapı, kesme hızı ve ilerlemenin en düşük kullanıldığı parametrelerde (6 mm, 0,05 mm/rev, 20 m/min) görülmüştür.
- Optimum çaptan sapma ve eksenel kaçıklık matkap çapı ve kesme hızının en düşük seviyesinde (6 mm, 20 m/min), ilerleme hızının ise ikinci seviyesinde (0,1 mm/rev) elde edilmiştir.

KAYNAKÇA

1. **Yalçın, B.** 2002. "Yüksek Hız Çeliği Kesici Takım Üzerine Yapılan Titanyum Nitrür Kaplamanın Kesici Takım Performansına Etkilerinin İncelenmesi." Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
2. **Tonshoff, H.L., Spintig, W., Konig, W., Neises, A.** 1994. "Machining of Holes Developments in Drilling Techonolgy," Annals of the CIRP, vol. 43 (2), p. 551-560.
3. **Dinç, C., Lazoglu, I., Serpenguzel, A.** 2008. "Analysis of Thermal Fields in Orthogonal Machining With Infrared Imaging," Journal of Materials Processing Technology, vol. 198, p. 147-154.
4. **Bono, M.** 2006. "The Location of the Maximum Temperature on the Cutting Edges of A Drill," International Journal of Machine Tools & Manufacture, vol. 46, p. 901-907.
5. **Kim, K.W., Ahn, T.K.** 2005. "Force Prediction and Stress Analysis of a Twist Drill from Tool Geometry and Cutting Conditions," International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, vol. 6 (1).
6. **Kelly, J.F., Cotterell, M.G.** 2002. "Minimal Lubrication Machining of Aluminium Alloys," Journal of Materials Processing Technology, vol. 120, p. 327-334.
7. **Strenkowski, J.S.** 2004. "An Analytical Finite Element Technique for Predicting Thrust Force and Torque in Drilling," International Journal of Machine Tools and Manufacture, vol. 44, p. 1413-1421.
8. **Armerago, E.J.A., Cheng, O.Y.** 1972. "Drilling With Flat Face and Canventional Twist Drill-II. Experimental Investigation," Int. J. Mach. Tool Des. Res., vol. 12, p. 37-54.
9. **Kaynak, Y.** 2006. "Matkap ile Delik Delme Esnasında Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvveti ve Sıcaklığın Değişimine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi,"

Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

10. **Soylu, A.** 2007. "Bir Delme Dinamometresi Tasarım ve İmalatı ile HSS-1040 Malzeme Çiftinde İlerleme Kuvveti ve Döndürme Momentinden Analiz," Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
11. **Zaquini, L.** 2006. "Expert System for The Definition of The Cutting Parameters and Machining Strategies," Caravelcut, Switzerland.
12. **Canpolat, N.** 2008. "Değişik Takviyeli Kompozit Malzemenin Matkapla Delinebilirliğinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması," Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
13. **Kıvak, T.** 2007. "Inconel 718'in Delinebilirliğinin Araştırılması," Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
14. **İnçal, E.** 2007. "PVD Yöntemiyle Kaplanan HSS Takım Çeliklerinin Karakterizasyonu ve Aşınma Dayanımının İncelenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
15. **Tosun, G.** 2004. "The Drilling of An Al/SiCp Metal-Matrix Composites. Part I: Microstructure," Composites Science and Technology, vol. 64, p. 299–308.
16. **Zolgharni, M.** 2008. "Energy Efficiency Improvements in Dry Drilling with Optimised Diamond-like Carbon Coatings," Diamond and Related Materials, vol. 17, p. 1733-1737.
17. **Lauderbaugh, L.K.** 2009. "Analysis of the Effects of Process Parameters on Exit Burrs in Drilling Using A Combined Simulation And Experimental Approach," Journal of Materials Processing Technology, vol. 209: p. 1909-1919.
18. **Haggrty, W.A.** 1961. "Effect of Point Geometry and Dimentional Symmetry on Drill Performance," Int. J. Mach. Tool Des. Res., vol. 1, p. 41-58.
19. **Scheflerr, E.** 2001. "Statistische Versuchsplanun und -auswertung, Eine Einführung in die Praxisder statistischen Versuchsplanung," Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart, ISBN 3- 342-00366-9, 1-50.
20. **Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M.** 2004. "Deney Tasarımı Yöntemiyle Matkap Uçlarında Performans Optimizasyonu," İTÜ Mühendislik Dergisi, vol. 3, p. 117-128.
21. **Ay, M., Turhan, A.** 2010. "Investigation of the Effect of Cutting Parameters on the Geometric Tolerances And Surface Roughness in Turning Operation" Electronic Journal of Machine Technologies, vol. (7), p. 55-67.
22. **Akkurt, M.** 1998. "Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları," Birsen Yayınevi, İstanbul, s. 23-90.
23. **Chen, Y. H., Tam, S. C., Chen, W. L., Zhengy, H. Y.** 1996. "Application of Taguchi Method in the Optimization of Laser Micro-Engraving of Photomasks," International Journal of Materials & Product Technology, vol. 11, p. 333-344.
24. **Şirvancı, M.,** 1997. "Kalite İçin Deney Tasarımı," Literatür Yayınları, 110 s.

