



Gri İlişkisel Analiz Yöntemi ile Dupleks Paslanmaz Çeliklerin Delinmesinde Yüzey Form Özelliklerini Etkileyen Optimum Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi

Ahmet MAVİ¹

¹Gazi Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Mekatronik Bölümü, 06374, Yenimahalle/ANKARA

Öz

Bu çalışmada, farklı kaplamalara sahip (TiAlN ve TiN) matkaplar ile kesme parametrelerinin delme performansı üzerine etkileri incelenmiştir. Delme operasyonları Dupleks paslanmaz çelikler üzerinde, soğutma sıvısı kullanılarak 5 mm çapında karbür matkaplarla 18 mm derinliğinde delikler delinerek gerçekleştirilmiştir. Deneyleerde 3 farklı kesme hızı (15, 20 ve 25 m/dak) ve 3 farklı kesme ilerleme değeri (0.05, 0.075 ve 0.1 mm/dev) kullanılmıştır. Farklı matkaplar ve kesme parametrelerinin yüzey form özellikleri üzerine etkileri ölçülmüştür. Deneyleer L18 ortogonal deney tasarımına göre yapılmıştır. Elde edilen silindiriklikten sapma ve çaptan sapma değerlerinin gri ilişkisel analiz yöntemi yardımıyla optimizasyonu yapılarak en uygun kesme parametresinin TiN kaplamalı takım, 0.05 mm/dev ilerleme hızı ve 15m/dak kesme hızı olduğu görülmüştür.

Makale Bilgisi

Başvuru: 16/02/2018

Düzeltilme: 10/06/2018

Kabul: 03/07/2018

Anahtar Kelimeler

Dupleks Paslanmaz Çelik
Gri İlişkiler Analizi
Yüzey form özellikleri

Keywords

Duplex Stainless Steel
Grey relational analysis
Surface form properties

Determination of Optimum Cutting Parameters Affecting the Surface Form Properties in the Ductile Stainless Steels with Gray Relational Analysis Method

Abstract

In this study, the effects of cutting parameters with different coatings (TiAlN and TiN) on drilling performance were investigated. Drilling operations were carried out on duplex stainless steels by drilling holes 20 mm deep with 5 mm diameter drills using cooling fluid. Three different cutting speeds (15, 20 and 25 m / min) and 3 different cutting feed values (0.05, 0.075 and 0.1 mm / rev) were used in the experiments. The effects of different drills and cutting parameters on surface form properties have been measured. The experiments were carried out according to the L18 orthogonal test design. The obtained deviation from cylindricality and the deviation values were optimized by means of gray relational analysis method and the appropriate cutoff parameter was determined as A2B1C1.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaşlı imalatta takım ömrünü arttırıp işleme maliyetlerini düşürmek için optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi elzemdir [1]. Talaşlı imalatta kullanılan makinaların kullanım ömrü uzun, ilk kurulum maliyeti düşük, kesme parametrelerinin değişkenliği, son ürünün ölçü tamlığı ve seri üretime uygunluğu baz alındığında diğer imalat yöntemlerine göre tercih edilen ve en çok kullanılan yöntemdir [2].

Paslanmaz çelikler diğer metallere göre kullanım oranları dünya çapında geçen 20 yıl içinde % 5'lik bir oranda artış göstermiştir [3]. 1920'lerde geliştirilen Dublex paslanmaz çelikler, denizcilik, uzay sanayi, inşaat ve kimya işleme endüstrilerindeki kullanım oranlarının artmasıyla gittikçe yaygınlaşan bir metal haline gelmiştir [4]. Dupleks paslanmaz çelikler, yüksek korozyon direnci, yüksek gerilme mukavemetleri

*İletişim yazarı, e-mail: amavi@gazi.edu.tr

ve düşük nikel ve molibden içeriklerinden dolayı kullanım alanı artan bir malzemedir [5, 6]. Aynı özelliklerde olan diğer metallere göre Dublex paslanmaz çeliklerin daha düşük maliyetli olmaları, korozif ortamlarda tercih sebebi olmuştur. Ayrıca, 300 serisine kıyasla yüksek mukavemetinden dolayı, dubleks paslanmaz çelikler östenitik paslanmaz çelik için alternatif bir materyal olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır [7,8].

Malzemelerin işlenebilirliğini anlamak için en iyi strateji, malzemelerin işleme anındaki tepkilerini ölçmektir. Aynı zamanda bu tepkiler işlemedeki temel sorunların ne olduğu fikrini verir ve odaklanması gereken yerleri ortaya çıkarır. Dublex paslanmaz çeliklerin işlenmesine ilişkin literatürde yapılan bazı çalışmalar vardır. Paro ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada Dublok 27 dublex paslanmaz çeliklerle geleneksel olarak üretilmiş A 8910 1A paslanmaz çeliklerin delinebilirliklerini incelemişlerdir. İşleme sonucunda her iki malzemenin işlendiği takımlarda BUE oluşumu gözlenmiştir. BUE oluşumu geleneksel paslanmaz çeliklerde daha fazla olmuştur. Ancak takım ömrü olarak geleneksel yöntemle üretilen paslanmaz çelikleri işlerken kullanılan matkaplar diğerine göre iki kat daha fazla ömür sergilemiştir [9]. Carlborg yapmış olduğu çalışmada tornalama işlemlerinde paslanmaz çeliklerin işlenebilirliklerini kıyaslamıştır. Bu işlem için farklı özelliklere sahip dört çeşit dubleks paslanmaz çelik ve bir tanede östenitik paslanmaz çeliği farklı kesme parametrelerinde sementit karbür takımlarla işlemiş ve kesme parametrelerinin takım ömrü ve takım aşınması üzerine etkilerini incelemiştir [10]. Grzegory ve arkadaşları, dubleks paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kesme parametrelerinin takım ömrü üzerine etkilerini incelemiştir. Bu işlem için kaplamalı ve kaplamasız karbür takımlar kullanmışlar ve kaplamalı karbür takımların kaplamasız karbür takımlara nazaran daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca kesme hızının artması ile takım ömrünün azaldığı görülmüştür [11]. Braham-Bouchnak ve arkadaşları, dubleks paslanmaz çeliklerin işlenmesinde soğutma işleminin takım ömrü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Soğutucu olarak yüksek basınçlı su kullanmışlardır. Sonuç olarak kuru kesme şartlarına göre yüksek basınçlı su kullanılarak yapılan deneylerde takım ömrü %20 arttırılmıştır. [12]. Çakıroğlu ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada, Alüminyum alaşımlarında AL7075'in delinmesinde kesme parametrelerinin kesici takımında oluşan sıcaklığa etkisi Taguchi metoduna göre optimizasyonunu yapmışlar ve seçilen Taguchi tasarımı yöntemi, matkap ucu sıcaklık ölçümlerinde kesme parametrelerinin optimizasyonunda iyi bir performans sergilemektedir [13]. Yağmur ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, AISI 1050 delinebilirlik performansı araştırılmıştır Elde edilen deney verileri kullanılarak Taguchi Metodu yardımıyla en uygun kesme parametreleri belirlenmiştir. Uygulanan Taguchi yöntemi neticesinde, en uygun parametrenin kaplamalı takım için, kesme hızı 90 m/dak ve ilerleme hızı ise 0,15 mm/dev olarak bulunmuştur [14].

Yapılan çalışmalar incelendiğinde dubleks paslanmaz çelikler üzerine yapılan araştırmalar sınırlı sayıdadır. Ayrıca yapılan çalışmaların neredeyse tamamı tornalama ve frezeleme üzerinedir.

Günümüzde gelişen teknolojiye paralel olarak üretimden beklenen yüksek hassasiyet her geçen gün artmaktadır. Bu beklentileri karşılayabilecek imalat yöntem ve tekniklerinin belirlenmesi ve uygulanması üretim maliyetlerinin düşürülmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Kullanım amacına bağlı olarak değişmekle birlikte delme işlemlerinde delik kalitesini belirleyen unsurlar; Delik çapı ve Silindiriklikten sapma (eksenel kaçıklık) olarak sıralanabilir.

Delik kalitesini belirleyen bu unsurlar üzerinde kesici takım, is parçası malzemesi, kesme parametreleri ve işleme şartları gibi birçok etkili parametre vardır. Bu çalışmanın amacı gri analiz yöntemi kullanılarak, delik kalitesini belirleyen parametrelerden silindiriklikten sapma ve çaptan sapma kriterleri için optimum kesme parametrelerinin belirlenmesidir. Ayrıca en etkin kesme parametresinin belirlenmesi için de ANOVA varyans analizi kullanılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. İş Parçası Numunesi (Workpiece)

Bu çalışmada paslanmaz çelik ailesinin yeni üyesi olarak kabul edilen dubleks paslanmaz çeliklerden 1.4462 kalite paslanmaz çelik kullanılmıştır. Dublek paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimleri tablo 1'de verilmiştir.

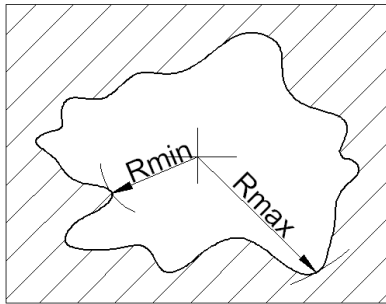
Tablo 1. Dupleks (1.4462) kalite paslanmaz çeliğin kimyasal bileşimleri.

C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Ni
0.03	2.0	0.035	0.015	1.0	21-23	2.5-3.5	4.5-6.5

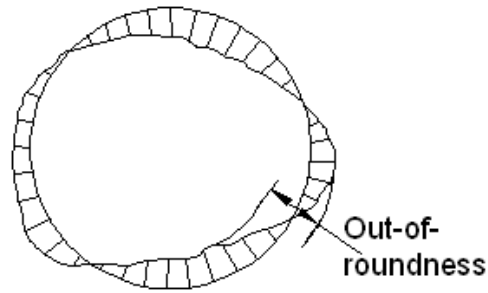
2.2. Deney Sonuçlarının Ölçülmesi (Measurement of Test Results)

Delme deneyleri 18mm kalınlığında iş parçasının iki tarafı taşlanarak ıslak kesme şartlarında boydan boya gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar yapıldıktan sonra oluşan deliklerin çaptan sapma ve silindiriklik ölçümleri Hexagon marka basit tip koordinat ölçüm cihazlarında (CMM) gerçekleştirilmiştir. Çaptan sapma için delik yüzlerinden 4 farklı noktadan dörder adet ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Silindiriklik ölçümleri delik girişi, ortası ve sonu olmak üzere üç noktadan dörder ölçüm alınarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlem tekrar edilen üç delikte de uygulanmıştır. CMM tezgâhından alınan bu verilerin ortalamaları alınarak sonuçların yorumlanmasında kullanılmıştır.

Dairesellikten sapma belirli bir merkez noktadan ölçülen en büyük ve en küçük yarıçap arasındaki fark olarak tanımlanır (Şekil 1). Ancak bir deliğin merkezinin belirlenmesi için çeşitli yollar vardır. En küçük radyal sapmanın elde edildiği noktayı merkez kabul eden MRS (minimum radyal sapma) metodu ve LSC (en küçük merkez daire) metodu gibi yaygın kullanılan metotlar vardır. Deliklerin CMM tezgâhı ile yapılan dairesellikten sapma ölçümlerinde merkez noktanın tayininde LSC metodu kullanılmıştır. LSC metodu merkez nokta, radyal koordinatlarının kareleri toplamı en küçük olan dairenin merkezini ifade etmektedir (Şekil 2) [15].



Şekil 1



Şekil 2

2.3. Deney Parametreleri (Experiment Parameters)

Delinebilirlik çalışmaları için kesme parametreleri, literatürde yapılan çalışmalar ve kesici takım üreticilerinin katalog bilgilerine göre seçilmiştir. Buna göre üç kesme hızı ve üç farklı ilerleme değeri seçilmiştir. Deneyler ıslak kesme şartlarında ve her bir deney için yeni bir matkap kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2. Kesme şartları.

Kesici Takım	0,75-1-1,25
İlerleme, f (mm/dev)	0.05 – 0.075 – 0.1
Kesme Hızı, V (m/dk)	15 - 20 - 25

2.4. Gri ilişkiler analizi (Grey relational analysis)

Bu çalışmada GRA analiz yöntemi ile Duplex paslanmaz çeliklerin delinmesinde optimum kesme parametrelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Deneysel olarak ölçülen tüm veriler 0-1 arasında normalize edilmiştir. Faktör serilerinin normalizasyonunda dikkat edilmesi gereken en önemli unsur hangi yaklaşımın kullanılacağıdır. Örneğin serideki noktaların büyük değerler olması istenen bir özellik ise lineer normalizasyonda büyük değer alan noktalar normalizasyonda “1” e yakın değerler alırken, küçük

değer alan noktalar “0” ‘a yakın değerler olacaktır [16-19]. Deney sonuçlarının normalizasyonu aşağıdaki belirtilen üç farklı yaklaşımla yapılabilir;

Eğer “En düşük En iyi” ise o zaman orijinal dizin aşağıdaki gibi normalize edilir;

$$y_i(k) = \frac{\max x_i^0(k) - x_i^0(k)}{\max x_i^0(k) - \min x_i^0(k)} \quad (1)$$

Burada $y_i(k)$ gri ilişkiler analizi normalleştirme değeri, $x_i^0(k)$ değerinin maksimum değeri $\max x_i^0(k)$, minimum değeri ise $\min x_i^0(k)$ dir. x^0 ise optimum değeri temsil eder. Grey relational analysis metodunda, gri ilişkisel derecesi belirlerken, onsekiz dizinin ($y_0(k)$ ve $y_i(k)$, $i=1, 2, \dots, 18$; $k=1, 2, 3$) ilişki derecesi tespit edilir. Gri ilişkisel katsayısı $\xi_i(k)$ aşağıda verilen eşitlik 2-5’e göre hesaplanır;

$$\xi_i(k) = \frac{\Delta_{\min} + \zeta \Delta_{\max}}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \Delta_{\max}} \quad (2)$$

$$\Delta_{0i}(k) = \|y_0(k) - y_i(k)\| \quad (3)$$

$$\Delta_{\max} = \max_{\forall j \in i} \max_{\forall k} \|y_0(k) - y_i(k)\| \quad (4)$$

$$\Delta_{\min} = \min_{\forall j \in i} \min_{\forall k} \|y_0(k) - y_i(k)\| \quad (5)$$

Burada $\Delta_{0i}(k)$, $y_0(k)$ ve $y_i(k)$ arasındaki mutlak sapma değeri, ζ = ayırt edici katsayı (0_1); Δ_{\min} , Δ_{0i} değerlerinin minimum değeri, Δ_{\max} ise, maksimum değeridir. Gri ilişkisel oluşum katsayılarının ortalaması alınarak Gri ilişkisel derecesi (Υ_i) elde edilir ve aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$\Upsilon_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \xi_i(k) \quad (6)$$

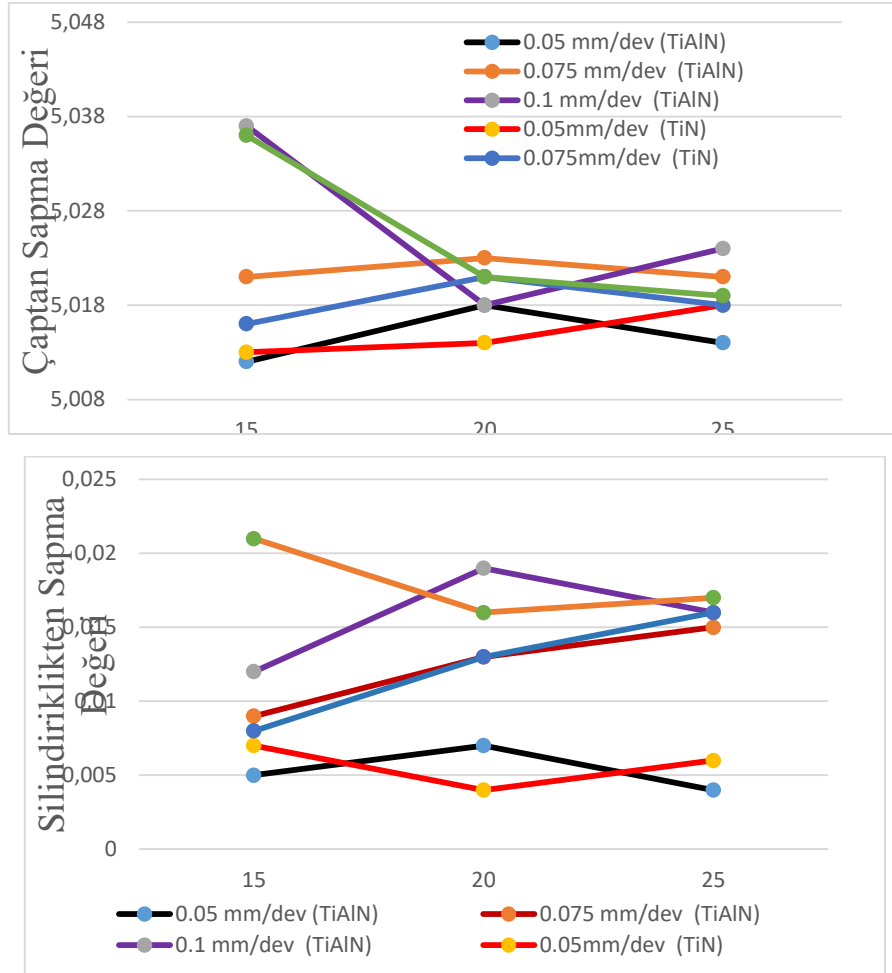
Burada n, normalize edilmiş deney sonuçlarından elde edilen gri ilişkisel katsayı sayısıdır. Yüksek Gri ilişkisel oluşum derecesi $y_0(k)$ ile $y_i(k)$ arasında güçlü bir ilişki olduğunu gösterir. Eğer kıyaslanan iki seri aynı değerlerde ise, gri ilişkisel derecesi 1 olarak bulunur. Gri ilişkisel derecesi ile kıyaslama yapılan seri değerinin referans olarak kullanılan seri değerine ne kadar yakın olduğunu belirler.

3. DENEYSSEL VERİLER VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL DATA AND DISCUSSION)

Bu çalışmada, dubleks paslanmaz çeliklerin delinmesi sonucu oluşan yüzey form özelliklerinden; çaptan sapma ve silindiriklik incelenmiştir. Farklı kesme parametreleri (Bu parametreler üç adet olup, sırasıyla kesici takım, ilerleme hızı (f) ve kesme hızı (Vc)) sonucu elde edilen verilerin optimizasyonu için gri ilişkiler analizi yöntemi kullanılmıştır. Deney parametreleri ve seviyeleri Table 3’de sunulmuştur.

Tablo3. Deneylerde kullanılan faktörler ve seviyeler

Sembol	Kesme Parametreleri	Seviyeler		
		1	2	3
A	Takım	TiAlN	TiN	---
B	İlerleme Hızı, f (mm/dev)	0.05	0.075	0.1
C	Kesme Hızı, Vc (m/dak)	15	20	25

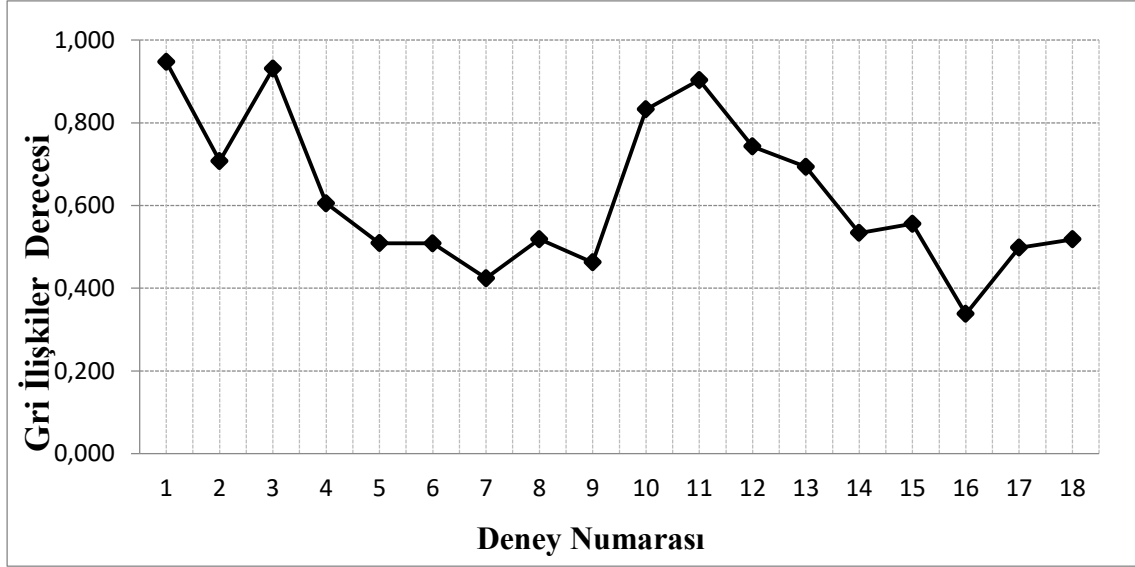


Grafik 1. Kesme hızı ve ilerleme değerlerine bağlı olarak çaptan sapma ve Silindiriklikten sapma

Karbür takımlarla, farklı kesme parametrelerinde delinen deliklerin çap ve silindiriklikten sapma değerlerindeki değişimler Tablo 4'te verilmiştir. Ölçülen tüm delik çap değerlerinin anma çapından daha büyük olduğu ve bu büyüklüğün matkap çapına göre %1'in altında kalan değerlerde olduğu görülmüştür. Grafik 1 incelendiğinde, genel olarak kesme hızının artması ile delik çap değerlerinin arttığı görülmektedir. Kesme hızına bağlı artış eğiliminin özellikle 0.075 mm/dev ilerleme hızında daha belirgin olduğunu söylemek mümkündür. Artan kesme hızının titreşimleri arttırmasının delik çaplarının büyümesine sebep olduğu düşünülmektedir [20].

Grafik 1'e bakıldığında genel olarak artan kesme hızı ile silindiriklikten sapma değerleri artış göstermiştir. Ancak bu artış lineer olmamıştır. Kesme hızının artması ile bu artışın daha düzenli olduğu görülmektedir. Özellikle 0.075 mm/dev ilerleme hızlarında bu artışın daha belirgin olduğunu söylemek mümkündür. En düşük silindiriklikten sapma değeri 0,004 mm en büyük silindiriklikten sapma değeri ise 0,021 mm olarak ölçülmüştür. Artan kesme hızı ile meydana gelen yüksek sıcaklıkların kesici takım ve is parçası boyutsal kararlılığını olumsuz yönde etkileyerek silindiriklikten sapma değerlerini arttırdığı düşünülmektedir [21].

Genel olarak ilerleme hızındaki artışla birlikte delik çaplarının büyüdüğü ve silindiriklikten sapma değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 3. Deney numaralarına göre gri ilişkiler derecesi

Üç parametreye bağlı olarak üç seviye faktörü ile bunlara karşılık gelen iki tepki değişkeni için ortogonal dizin olan L_{18} (2×1 , 2×3) deneysel dizini tasarlanmıştır. Tablo 4’de deney numaralarına karşılık gelen ortogonal dizilim ve bunlara karşılık gelen tepki değişkenleri görülmektedir. Tablo 4’den de anlaşıldığı üzere kesme parametrelerinin değişimine göre çaptan sapma %32 değişirken silindiriklikten sapma değerleri de %19 değişmiştir. En iyi silindiriklik değeri TiAlN kaplamalı takımlarda 0,05 mm/dev ilerlemede ve 15 m/dak kesme hızında oluşurken, en iyi çaptan sapma değeri TiN kaplamalı takımlarda 0,05 mm/dev ilerlemede ve 20 m/dak kesme hızında oluşmaktadır.

Yapılan L_{18} deneysel tasarım sonuçlarına göre silindiriklikten sapma ve çaptan sapma değerlerinin düşük olması talep edilmektedir. Bu sebeple “en düşük - daha iyi” dizin normalizasyon yaklaşımı kullanılmıştır. Bütün ölçüm sonuçların normalize edilmiş değerlerine karşılık hesaplanan mutlak sapma değerleri ve hesaplanan gri ilişkiler analizi sonuçları Table 5’te verilmiştir. Bütün deneyler için gri ilişkisel katsayıları ve bu katsayılar sonucunda da gri ilişkisel dereceleri elde edilmiştir. Katsayılar bulunur iken ayırt edici katsayı $\zeta = 0.5$ olarak alınmıştır. tablo 5 ve Şekil 3’ten de açıkça anlaşıldığı gibi Gri ilişkisel derecelerinden en büyük olan değer 1 numaralı deneyde elde edilmiştir.

Tablo 4. L_{18} Ortogonal dizini kullanan deney tasarımı ve sonuçları

Deney no.	A	B	C	Kesici Takım Kaplama Tipi	İlerleme Hızı, f (mm/dev)	Kesme Hızı, Vc (m/dak)	Çaptan Sapma (mm)	Silindiriklikten Sapma (mm)
1	1	1	1	TiAlN	0.05	15	5.012	0.005
2	1	1	2	TiAlN	0.05	20	5.018	0.007
3	1	1	3	TiAlN	0.05	25	5.014	0.004
4	1	2	1	TiAlN	0.075	15	5.021	0.009
5	1	2	2	TiAlN	0.075	20	5.023	0.013
6	1	2	3	TiAlN	0.075	25	5.021	0.015
7	1	3	1	TiAlN	0.1	15	5.037	0.012
8	1	3	2	TiAlN	0.1	20	5.018	0.019

9	1	3	3	TiAlN	0.1	25	5.024	0.016
10	2	1	1	TiN	0.05	15	5.013	0.007
11	2	1	2	TiN	0.05	20	5.015	0.004
12	2	1	3	TiN	0.05	25	5.018	0.006
13	2	2	1	TiN	0.075	15	5.016	0.009
14	2	2	2	TiN	0.075	20	5.021	0.013
15	2	2	3	TiN	0.075	25	5.018	0.015
16	2	3	1	TiN	0.1	15	5.036	0.021
17	2	3	2	TiN	0.1	20	5.021	0.016
18	2	3	3	TiN	0.1	25	5.019	0.017

İlk olarak, her bir parametre için aynı seviye değerlerinin toplanıp ortalaması alınarak o parametre için ortalama Gri ilişkisel derecesi elde edilmiştir. Bu işlem ikinci ve üçüncü seviyeler içinde her bir parametre için tekrarlanarak Gri ilişkisel dereceler için tepki tablosu elde edilmiş olur. Çıkan sonuçlara göre “en düşük- en iyi” göre yapılan değerlendirme sonucu Tablo 6’daki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 6’ya göre A2B1C1 optimum parametre olarak tespit edilmiştir. Buna göre A2; TiN takımında, B1; 0.05 mm/dev ilerleme hızında ve C1; 15m/dak kesme hızı olduğu görülmektedir.

Tablo 5. Normalize edilmiş değerler, hesaplanan gri ilişkisel katsayı, gri ilişkisel derecesi ve 18 uyumluluk dizisi için sıralar

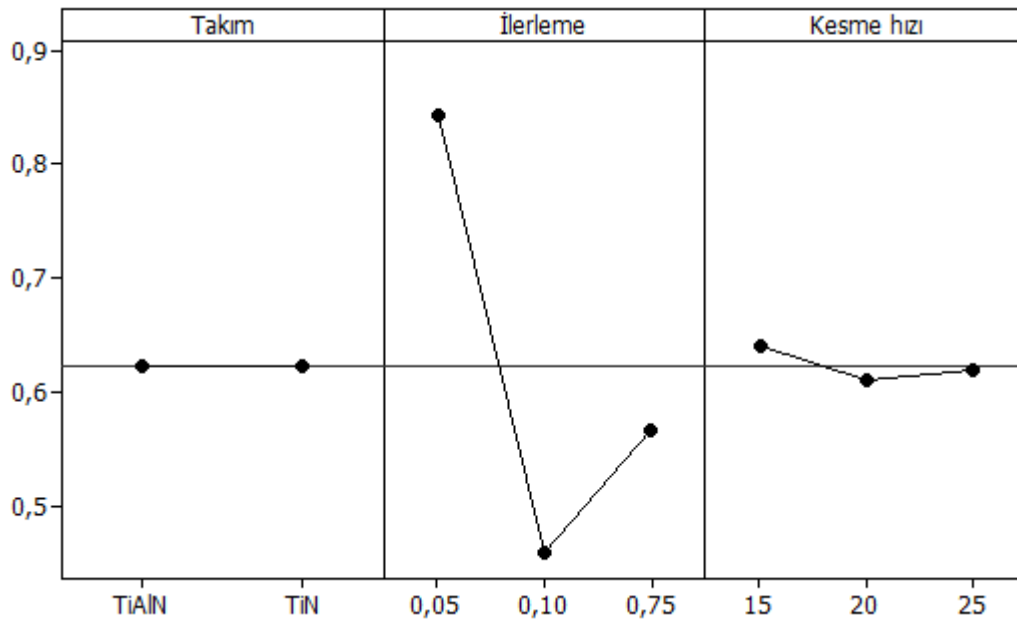
Deney No	Normalize edilmiş değerler		Hesaplanan gri ilişkisel katsayısı		Gri İlişkisel Derecesi	Sıra
	Çaptan Sapma (mm)	Silindiriklikten Sapma (mm)	Çaptan Sapma (mm)	Silindiriklikten Sapma (mm)		
1	1.000	0.941	1.000	0.895	0.947	1
2	0.760	0.824	0.676	0.739	0.707	6
3	0.920	1.000	0.862	1.000	0.931	2
4	0.640	0.706	0.581	0.630	0.606	8
5	0.560	0.471	0.532	0.486	0.509	13
6	0.640	0.353	0.581	0.436	0.509	14
7	0.000	0.529	0.333	0.515	0.424	17
8	0.760	0.118	0.676	0.362	0.519	11
9	0.520	0.294	0.510	0.415	0.462	16
10	0.960	0.824	0.926	0.739	0.833	4

11	0.880	1.000	0.806	1.000	0.903	3
12	0.760	0.882	0.676	0.810	0.743	5
13	0.840	0.706	0.758	0.630	0.694	7
14	0.640	0.471	0.581	0.486	0.534	10
15	0.760	0.353	0.676	0.436	0.556	9
16	0.040	0.000	0.342	0.333	0.338	18
17	0.640	0.294	0.581	0.415	0.498	15
18	0.720	0.235	0.641	0.395	0.518	12

Tablo 6. İşleme parametreleri için tepki tablosu

Sembol	Parametre	Faktör seviyesine göre ortalama gri ilişkisel derece			
		Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Max-Min
A	Takım	0.6238	0.6239*		0.000
B	İlerleme Hızı, (mm/dev)	0.8440*	0.5677	0.4599	0.384
C	Kesme Hızı, (m/dak)	0.6402*	0.6116	0.6198	0.029

A2B1C1



Şekil 4. Kesici takım, ilerleme hızı (f) ve kesme hızı (Vc) etki dereceleri.

Elde edilen GRİ derecelerine bağlı kalarak Taguchi yardımıyla “en küçük en iyi” eşitliğine göre sonuçların optimizasyonu yapılarak Şekil 4 elde edilmiştir. Şekil 4’e göre A2B1C1 olarak optimum parametrelerin doğruluğu kontrol edilerek Tablo 7’ deki başlangıç ve tahmini GİA sonuçları elde edilmiştir. Daha sonra delme işlemlerinde bu kombinasyona göre üç adet doğrulama deneyleri yapılarak bu sonuçların ortalaması alınarak sonuçlardaki iyileşmenin %5.62 olduğu görülmektedir.

Tablo 7. Doğrulama deneyi sonuçları

	Başlangıç Kesme Parametreleri	Optimum Kesme Parametreleri	
		Tahmini	Deneysel
Seviye	A1B3C3	A2B1C1	A2B1C1
Çaptan Sapma (mm)	5.024		5.025
Silindiriklikten Sapma (mm)	0.016		0.013
GİA	0.462	0.860427	0.488

GİA'deki gelişme = 0.026

GİA'deki iyileşme yüzdesi = %5.62

Tablo 6 ve Grafik 1 incelendiğinde genel olarak silindiriklikten ve çaptan sapma değerleri için optimum kesme parametrelerinin TiN kaplamalı takımlarla delinen deliklerde, 0.05mm/dev ilerleme hızı ve 15 m/dak kesme hızında elde edildiği görülmektedir. Yapılan deney sonuçları ile uygulanan gri ilişkiler analizi sonuçları birbiri ile uyumaktadır.

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Dubleks paslanmaz çeliklerin delinmesi işleminde kesme parametrelerinin Silindiriklikten sapma ve çaptan sapma üzerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmayla elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Farklı kaplama tiplerine sahip takımlarla yapılan deneylerin tamamında ilerleme hızı arttıkça silindiriklik ve çaptan sapma değerlerinde bir artış olduğu görülmüştür.
- Taguchi yöntemi kullanılarak yapılan çalışmada; TiN kaplamalı takım, 0.05 mm/dev ilerleme hızı ve 15m/dak kesme hızı en uygun deney parametresi olarak belirlenmiştir.
- Gri ilişkesel analizi tepki değerleri incelendiğinde, en düşük tepki değerlerinin bulunduğu dizilim A2B1C1 olarak bulunmuştur.
- Tahmin edilen değerler ile deneyler sonucu elde edilen değerlerin uyum içerisinde olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Y. Işık, M. C. Çakır, Hız Çeliği Takımlar için Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Teknoloji, 1:2 (2001)111-118.
- [2] İ. Korkut, M.A. Dönertaş, Kesme Parametrelerinin Frezelemede Oluşan Kesme Kuvvetleri Üzerine Etkileri. Politeknik dergisi, 6:1(2003) 385-389.
- [3] N.R. Baddoo, Stainless steel in construction: are view of research, applications, challenges and opportunities. Journal of Constructional Steel Research, 64:11 (2008) 1199–1206.
- [4] J. Olsson, M. Snis, Duplex a new generation of stainless steels for desalination plants. Desalination, 205:1–3 (2007) 104–113.

- [5] J.O. Nilsson, Super duplex stainless steels. *Materials Science and Technology*, 8:8, 1992.
- [6] I. H. Toor, P. J. Hyun, H.S. Kwon, Development of high Mn–N duplex stainless steel for automobile structural components. *Corrosion Science*, 50:2 (2008) 404–410.
- [7] H. Sieurin, R. Sandström, Austenite reformation in the heat-affected zone of duplex stainless steel 2205. *Materials Science and Engineering A*, 418 (2006) 250–256.
- [8] J. M. Cabrera, A. Mateo, L. Llanes, J. M. Prado, M. Anglada, Hot deformation of duplex stainless steel. *Materials Processing Technology*, 143-144 (2003) 321–325.
- [9] J. Paro, H. Hänninen, V. Kauppinen, Tool wear and machinability of HIPed P/M and conventional cast duplex stainless steels. *Wear* 249:3–4 (2001) 279–284.
- [10] C. Carlborg, Machinability of duplex stainless steel. *Proceedings of Duplex StainlessSteel*, 1:1 (1991) 683–696.
- [11] G. Królczyk, M. Gajek, S. Legutko, Effect Of The Cutting Parameters Impact on Tool Life in Duplex Stainless Steel Turning Process. *Tehnički vjesnik*, 20:4 (2013) 587-592.
- [12] T. Braham-Bouchnak, G. Germain, P. Robert, J. L. Lebrun, High Pressure Water Jet Assisted Machining Of Duplex Steel: Machinability And Tool Life. *International Journal of Material Forming*, 3:1 (2010) 507–510.
- [13] R. Çakıroğlu, A. Acır, Optimization of cutting parameters on drill bit temperature in drilling by Taguchi method. *Measurement*, 46:9 (2013) 3525-3531.
- [14] S. Yağmur, R. Çakıroğlu, A. Acır, U. Şeker, AISI 1050 çeliğinin delinmesinde kesme kuvvetlerinin Taguchi metodu ile optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5:2 (2017) 241-246
- [15] İnternet: Mahr Federal Inc., “Four methods of measuring out-of-roundness” <http://www.mahr.com/index.php?NodeID=13616>, 2009.
- [16] A. Z. Aghaie, A. B. Rahimi, A. Akbarzadeh, A general optimized geometry of angled ribs for enhancing the thermo-hydraulic behavior of a solar air heater channel – a Taguchi approach, *Renew. Energy* 83 (2015) 47–54.
- [17] S. Güneş, E. Manay, E. Şenyiğit, V. Özceyhan, A Taguchi approach for optimization of design parameters in a tube with coiled wire inserts, *Appl. Therm. Eng.* 31:4–15 (2011) 2568–2577.
- [18] .A. Acır, M. E. Canlı, İ. Ata, R. Çakıroğlu, Parametric optimization of energy and exergy analyses of a novel solar air heater with grey relational analysis. *Applied Thermal Engineering*, 122 (2017) 330–338.
- [29] R. Çakıroğlu, A. Acır, Al2014 malzemesinin delinmesinde takım talaş ara yüzey sıcaklıkları ve kesme kuvvetinin Taguchi metodu ile optimizasyonu. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 10:2 (2013).
- [20] M., Kurt, Y., Kaynak, E., Bağcı, Evaluation of drilled hole quality in Al 2024 alloy, *Int J Adv Manuf Technol*, 37 (2008) 1051-1060.
- [21] M., Bono, J., Ni, The effects of thermal distortions on the diameter and cylindricity of dry drilled holes, *Int J Mach Tools Manuf*, 41(2001) 2261-2270.