



## Analysis of the Effect Rates of Cutting Parameters on Surface Roughness using Surface Response Method

Mustafa ÖZDEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yozgat Bozok University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Machine and Metal, 06600, Merkez/YOZGAT

### Graphical/Tabular Abstract

#### Article Info:

Received: 23/07/2019

Revision 05/08/2019

Accepted: 06/08/2019

#### Highlights

- Influence of cutting parameters on surface roughness
- Turning of C45 manufacturing steel
- surface roughness prediction model

#### Keywords

Surface Roughness  
Response Surface Method  
Cutting Parameters  
Analysis of Variance

In the study, the effect rates of independent variables (cutting speed, feed rate, cutting depth and tool nose radius) on the dependent variables (surface roughness) used during turning of C45 manufacturing steel were investigated and optimum cutting parameters were determined. Turning experiments were performed according to the L27 orthogonal (Vertical) array of the response surface method (RSM). As independent variables 3 different cutting speeds (160 m/min, 260 m/min and 360 m/min), feed rate (0.05 mm/rpm, 0.18 mm/rpm and 0.31 mm/rpm), cutting depth (0.1 mm, 0.3 mm and 0.5 mm) and tool nose radius (0.4 mm, 0.8 mm and 1.2 mm) were used. As a result of variance analysis, the effects of independent variables and the effects of interactions on dependent variables were examined.

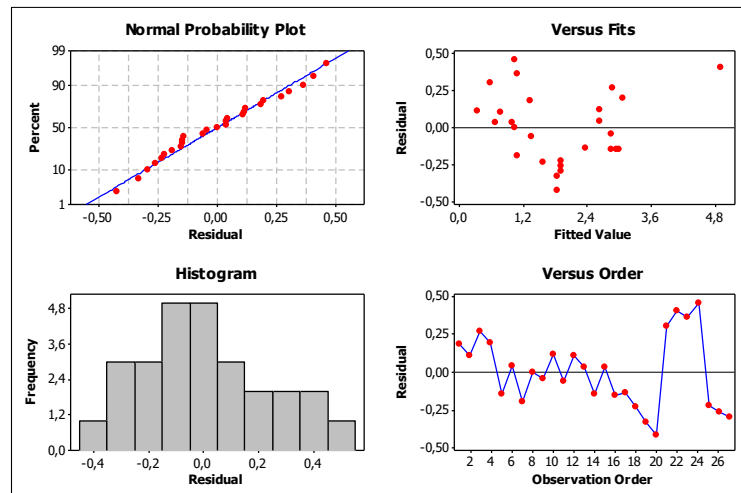


Figure A. Residual plots of model for surface roughness in cutting operation

**Purpose:** In the study, the effect rates of independent variables (cutting speed, feed rate, cutting depth and tool nose radius) on the dependent variables (surface roughness) used during turning of C45 manufacturing steel were investigated and optimum cutting parameters were determined.

**Theory and Methods:** Turning experiments were performed according to the L27 orthogonal (Vertical) array of the response surface method (RSM). As independent variables 3 different cutting speeds (160 m/min, 260 m / min and 360 m/min), feed rate (0.05 mm/rpm, 0.18 mm/rpm and 0.31 mm/rpm), cutting depth (0.1 mm, 0.3 mm and 0.5 mm) and tool nose radius (0.4 mm, 0.8 mm and 1.2 mm) were used.

**Results:** As a result, it was determined that the most effective independent variable on the dependent variable was the feed rate and tool nose radius, respectively, while the effect of cutting speed and cutting depth was found to be low. It was found that while the feed rate increased, the dependent variable increased and the tool nose radius decreased.

**Conclusion:** As a result, analysis of variance, the most effective parameters on surface roughness were determined as feed rate, tool nose radius, cutting speed and cutting depth, respectively. When independent parameters are evaluated, the effect of the cutting speed and cutting depth parameter on the results was found to be very small compared to the amount of feed and tool nose radius. When the optimization results were compared with the experimental results, it was determined that they showed high affinity to Ra, Rz and Rt by 75.30%, 67.94% and 81.65% respectively.



## Yüzey Pürüzlülüğü üzerinde Kesme Parametrelerinin Etki Oranlarının Yüzey Yanıt Yöntemi Kullanarak Analizi

Mustafa ÖZDEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, 06600, Merkez/YOZGAT

### Öz

Çalışmada, C45 imalat çeliğinin tormalanması sırasında kullanılan bağımsız değişkenlerin (kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve takım uç radyüsü) bağımlı değişkenler (yüzey pürüzlülüğü) üzerindeki etki oranları incelenerek, optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Tormalama deneyleri yüzey yanıt yöntemi (YYY) L27 orthogonal (dikey) dizinine göre yapılmıştır. Bağımsız değişkenler olarak 3 farklı kesme hızı (160 m/dak, 260 m/dak ve 360 m/dak), ilerleme miktarı (0.05 mm/dev, 0.18 mm/dev ve 0.31 mm/dev), kesme derinliği (0.1 mm, 0.3 mm ve 0.5 mm) ve takım uç radyüsü (0.4 mm, 0.8 mm ve 1.2 mm) kullanılmıştır. Varyans analizleri neticesinde bağımsız değişkenlerin etkileri ve etkileşimlerin bağımlı değişkene olan etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak, bağımlı değişken üzerinde en etkili bağımsız değişkenin sırasıyla ilerleme miktarı ve takım uç radyüsü olduğu belirlenirken, kesme hızı ve kesme derinliğinin etkisinin az olduğu belirlenmiştir. İlerleme miktarı artarken bağımlı değişkenin arttığı, takım uç radyüsü artarken azaldığı tespit edilmiştir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 23/07/2019

Düzeltilme: 05/08/2019

Kabul: 06/08/2019

### Anahtar Kelimeler

Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey yanıt yöntemi

Kesme parametreleri

Varyans analizleri

### Analysis of the Effect Rates of Cutting Parameters on Surface Roughness using Surface Response Method

### Keywords

Surface Roughness

Response Surface Method

Cutting Parameters

Analysis of Variance

### Abstract

In the study, the effect rates of independent variables (cutting speed, feed rate, cutting depth and tool nose radius) on the dependent variables (surface roughness) used during turning of C45 manufacturing steel were investigated and optimum cutting parameters were determined. Turning experiments were performed according to the L27 orthogonal (Vertical) array of the response surface method (RSM). As independent variables 3 different cutting speeds (160 m/min, 260 m/min and 360 m/min), feed rate (0.05 mm/rpm, 0.18 mm/rpm and 0.31 mm/rpm), cutting depth (0.1 mm, 0.3 mm and 0.5 mm) and tool nose radius (0.4 mm, 0.8 mm and 1.2 mm) were used. As a result analysis of Variance, the effects of independent variables and the effects of interactions on dependent variables were examined. As a result, it was determined that the most effective independent variable on the dependent variable was the feed rate and tool nose radius, respectively, while the effect of cutting speed and cutting depth was found to be low. It was found that while the feed rate increased, the dependent variable increased and the tool nose radius decreased.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İyi bir işlenebilirlik ve uygun yüzey pürüzlülüğü değerlerini elde etmek için optimum kesme şartlarının sağlanabilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, tezgâhının cinsi, kesici takım özellikleri, kesme şartları, kesme hızı, ilerleme miktarı kesme derinliği gibi kesme parametreleri işlenebilirliği doğrudan etkileyen parametrelerdir. Yüzey pürüzlülüğü, en önemli ürün kalitesi karakteristiğinden biridir ve işlenmiş parçaların işlevsel davranışlarında büyük öneme sahiptir. İmalat işleminde, hammaddelerin çeşitli amaçlar için kullanılacak bitmiş ürünlere dönüştürülmesi için sayısız işlem içermektedir. Pratik olarak, herhangi bir üretim işlemiyle mükemmel pürüzsüz bir yüzey elde etmek mümkün değildir. Doğru kesme şartlarında kullanılacak takım hem maliyet hem de yüzey kalitesi açısından oldukça önemlidir. Kesme şartları, kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği, takım uç radyüsü en ideal şartlarda uygulanması gerekmektedir. Bu nedenle, yüzey pürüzlülük değerini optimum seviyede elde etmek amacıyla bir çok araştırma yapıldığı ortaya çıkmaktadır [1-4]. Motorcu, AISI 1050 karbon çeliğinin tormalanmasında yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin etkilerini araştırmak amacıyla yanıt yüzey tekniği

kullanmıştır. İstenilen yüzey pürüzlülüğü için optimum kesme şartları tanımlanmıştır. Deneysel sonuçlarda ilerleme miktarının en etkili faktör olduğu belirlenmiştir [5]. Asiltürk ve arkadaşları, Taguchi ve YYY kullanarak yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme parametrelerinin etkisini varyans analizi kullanarak incelemiştir [6]. Çalışkan ve arkadaşları, ilerleme miktarı, kesme hızı, talaş derinliği ve kesici takım kaplamasının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti üzerine etkilerini araştırmışlardır. L27 Taguchi deneysel tasarım yöntemini ve YYY kullanarak süreci optimize etmişlerdir [7]. Özçatalbaş, artan kesme hızı ile yüzey pürüzlülüğünün azaldığını tespit etmiş, fakat kesme hızı artışının düşük ilerleme miktarlarında etkisinin fazla olduğunu belirtirken, artan ilerleme miktarında ise kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin azaldığını belirlemiştir [8]. Sahoo, sertleştirilmiş AISI D2 çeliğinin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünü Taguchi ve regresyon analizi kullanarak incelemiştir. Yüzey pürüzlülüğünün tahmini için oluşturulan model L27 ortogonal dizine göre tasarlanmıştır. Yapılan analizler sonucunda, yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin ilerleme miktarı olduğunu tespit etmiştir [9]. Neşeli ve diğerleri, AISI 1040 çeliğin tormalanmasında finish yüzeyi üzerinde takım geometrisinin etkisinin araştırılması üzerine çalışma gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçları YYY ile analiz edilmiştir [10]. Yaka ve arkadaşları, optimum yüzey pürüzlülük değerini elde etmek için kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği parametrelerine göre, Taguchi L9 deney tasarımı gerçekleştirmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri için regresyon ve logaritmik regresyon modeli oluşturmuştur. Elde edilen modeller ile en etkili parametrenin ilerleme miktarı olduğu belirlenmiştir [11].

Bu çalışmada, tormalama işlemi sonucu elde edilen bağımlı değişken üzerinde bağımsız değişkenlerin etkisi araştırılmıştır. YYY L27 ortogonal dizilimi kullanılarak yüzey pürüzlülüğü için seçilen bağımsız değişkenlerin etkileri ve etkileşimleri incelenerek arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

C45 imalat çeliğinin tormalanması esnasında işleme parametreleri olarak 3 farklı kesme hızı (160 m/dak, 260 m/dak ve 360 m/dak), ilerleme miktarı (0.05 mm/dev, 0.18 mm/dev ve 0.31 mm/dev), kesme derinliği (0.1 mm, 0.3 mm ve 0.5 mm) ve takım uç radyüsü (0.4 mm, 0.8 mm ve 1.2 mm) belirlenmiştir. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra, Rz ve Rt) üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Tormalama deneyleri, maksimum devri 4500 dev/dak olan Accuway JT-150 marka CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. İşleme deneylerinde, Ø80x220 mm boyutlarında C45 malzeme kullanılmıştır. Talaş kaldırma mesafesi 20 mm olarak alınmıştır. Deneysel çalışmada kullanılan malzemenin kimyasal kompozisyonu Çizelge 1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** C45 imalat çeliğinin kimyasal özellikleri

C	Mn	Si	P	S
0.48	0.65	0,21	0,049	0,045

Çalışmada, TAEGUTEG kalitesinde DNMG 150604, DNMG 150608 ve DNMG 150612 FG tipi uçlar tercih edilmiştir. Takımların kesme parametrelerinin belirlenmesinde kesici takım kataloğu kullanılmıştır. Deneye geçmeden önce katalog değerlerinde kesimler yapılmış kesme parametreleri hakkında ön değerlendirme fırsatı oluşturulmuştur. Çalışmada soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Deneysel çalışmada kullanılan deney malzemesi ve yüzey pürüzlülük cihazı Şekil 1’de gösterilmektedir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde Mahr MarSurf PS10 marka ve model yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmış ve ISO 4287 standardına göre ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deneyler 3 kez tekrarlanmış olup, yüzey pürüzlülük değeri ölçümleri üç farklı noktadan alınan değerlerinin aritmetik ortalaması hesaplanarak Ra, Rz ve Rt değerleri elde edilmiştir.



**Şekil 1.** Deney malzemesi ve yüzey pürüzlülük cihazı

YYY, üretim sürecine etki eden işleme parametrelerinin optimize edilmesinde kullanılan etkili bir analiz yöntemidir. Bu deney tasarımı metodu kullanılarak yapılan deneylerde, deney sayısı önemli ölçüde azaltılarak malzeme ve zaman kayıpları en aza indirilmektedir [12, 13]. YYY ile yapılan modellemelerde istatistiksel ve matematiksel teknikler birlikte kullanılır. YYY ile yapılan modellemelerde genel olarak birinci derece (linear) model ikinci derece (Quadratik) model kullanılmaktadır. Birinci derece modelin formülü Denklem 1’de görülmektedir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \quad 1$$

Birinci derece modelde değişkenler birbirinden etkileniyorsa yanıt polinomu Denklem 2’de görüldüğü gibi oluşmaktadır.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_1 X_2 \quad 2$$

Model yapısı doğrusal bir polinom değilse ikinci derece model ile çözüm aranmaktadır. Bu modele ait temel formül Denklem 3’de görülmektedir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_{12} + \beta_{22} X_{22} + \beta_{12} X_1 X_2 \quad 3$$

Yapılan çalışmada YYY ile deney tasarımı yapılmış olup, kalite özellikleri olarak yüzey pürüzlülüğü (Ra, Rz ve Rt) esas alınmıştır. Kontrol faktörleri ise Tablo 2’de belirtilen kesme hızı (V), ilerleme (f), kesme derinliği (a) ve takım uç radyüsü (R) olarak belirlenmiştir. Her bir kontrol faktör üç seviyede tanımlanmış olup YYY Merkezi (Box-Behnken desing)  $L_{27}$  düşey dizini kullanılmıştır. YYY’ne ait  $L_{27}$  ortogonal dizin Tablo 3’de sunulmuştur. Deney sonuçlarına, varyans analizi uygulanırken bu analizde bağımsız değişkenler kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve takım uç radyüsü alınırken; bağımlı değişkenler ise, yüzey pürüzlülük değerleri (Ra, Rz ve Rt) değerleri olarak alınmıştır. Gerçekleştirilen analizler neticesinde, kesme parametrelerinin ayrı ayrı ve bir birleri ile olan etkileşimleri aynı zamanda parametreler arasındaki etkileşim incelenmiştir.

**Tablo 2.** Kontrol Faktörleri ve Seviyeleri

Değişkenler	Sembol	Birim	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesme Hızı	V	m/dak.	160	260	360
İlerleme Miktarı	f	mm/dev	0,05	0,18	0,31
Kesme Derinliği	a	mm	0,1	0,3	0,5
Takım uç Radyüsü	R	mm	0,4	0,8	1,2

### 3. SAYISAL ANALİZ VE DEĞERLENDİRME (NUMERICAL ANALYSIS AND EVALUATION)

YYY  $L_{27}$  ortogonal dizine göre tasarlanan deney düzeneği ve elde edilen sonuçlar Tablo 3’te gösterilmektedir. Bağımsız değişkenlerin (Kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve takım uç radyüsü) bağımlı değişkenlere (yüzey pürüzlülüğü (Ra, Rz ve Rt)) olan etkisi deneysel ve sayısal olarak

incelenmiştir. YYY tabanlı ikinci dereceden modeller geliştirilmiştir. Elde edilen Ra, Rz ve Rt verileri kullanılarak, değişkenlerin kendi aralarında nasıl etkileşime girdiklerini, bu etkileşimlerin ise bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerini analiz etmek için Minitab 16 yazılımı kullanılarak, ANOVA (Analysis of Variance) analizi yapılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme parametreleri ve etkileşimlerine bağlı olarak YYY kullanılarak Ra, Rz ve Rt için elde edilen tahmini ikinci dereceden polinom denklemleri Tablo 4'te sunulmuştur. Elde edilen değerlerin birbirine yakın ve yüksek olması modelin doğruluğunun ispatlamaktadır. Ra için hesaplanan  $R^2$  değeri % 95.04 iken, modelden anlamsız olan değişkenlerin çıkarılarak tekrar hesaplanması sonucu elde edilen  $R^2(\text{adj})$  (düzeltilmiş kareler değeri) % 91.94'tür. Tahmini  $R^2(\text{pred})$  % 84.95 olarak hesaplanmıştır. Yani modelin eksik veri noktalarını tahmin etmedeki gücü % 84.95'dir.  $R^2$  ve  $R^2(\text{adj})$  değerlerinin birbirine yakın ve yüksek olması geliştirilen modelin güvenilirliğini ispatlamaktadır. Rz ve Rt değerlerinde de yüksek yakınsama değerleri elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Yüzey Cevap Yöntemi  $L_{27}$  Ortogonal Dizin

Deney No	Kontrol Faktörleri				Deney Sonuçları		
	(V)	(f)	(a)	(R)	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )	Rt ( $\mu\text{m}$ )
1	160	0,05	0,3	0,8	1,521	8,916	10,306
2	360	0,05	0,3	0,8	0,451	1,991	2,993
3	160	0,31	0,3	0,8	3,137	13,633	15,663
4	360	0,31	0,3	0,8	3,27	15,508	13,624
5	260	0,18	0,1	0,4	2,706	11,627	11,977
6	260	0,18	0,5	0,4	2,673	11,084	11,247
7	260	0,18	0,1	1,2	0,904	5,505	5,471
8	260	0,18	0,5	1,2	1,034	5,09	5,152
9	160	0,18	0,3	0,4	2,81	12,602	13,08
10	360	0,18	0,3	0,4	2,751	11,652	11,921
11	160	0,18	0,3	1,2	1,292	7,75	9,969
12	360	0,18	0,3	1,2	0,89	4,528	3,547
13	260	0,05	0,1	0,8	1,029	6,73	6,782
14	260	0,31	0,1	0,8	2,809	12,404	12,941
15	260	0,05	0,5	0,8	0,72	4,039	6,798
16	260	0,31	0,5	0,8	2,834	12,285	12,424
17	160	0,18	0,1	0,8	2,24	9,688	12,949
18	360	0,18	0,1	0,8	1,339	6,117	8,658
19	160	0,18	0,5	0,8	1,498	8,564	13,856
20	360	0,18	0,5	0,8	1,423	6,817	6,598
21	260	0,05	0,3	0,4	0,899	3,254	5,312
22	260	0,31	0,3	0,4	5,294	23,432	20,452
23	260	0,05	0,3	1,2	1,443	8,18	6,75
24	260	0,31	0,3	1,2	1,512	4,89	6,086
25	260	0,18	0,3	0,8	1,682	7,668	8,668
26	260	0,18	0,3	0,8	1,643	7,299	8,599
27	260	0,18	0,3	0,8	1,611	7,727	8,906

**Tablo 4.** Regresyon Denklemleri ve R<sup>2</sup> değerleri

Regresyon Denklemleri	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> (pred)	R <sup>2</sup> (adj)
<b>Ra</b> =1.46737-0.00752506V+17.8606f-4.02216a +2.0528R+ 0.0231346Vf+0.010325Va-0.00214375VR+3.21154fa- 20.7981Rf+0.509375Ra	% 95.04	% 84.95	% 91.94
<b>Rz</b> = 5.0806-0.0380582V+70.2795f-12.4462a +16.025R+0.169231Vf+ 0.0228Va-0.0142VR+24.7308fa- 112.827Rf+0.4Ra	% 95.25	% 86.28	% 92.28
<b>Rt</b> =1.56186-0.0045499V+63.0348f+8.4115a+14.1324R+ 0.101423Vf-0.0370875Va-0.0328937VR-5.125fa-75.9808Rf +1.28438Ra	% 95.38	% 85.92	% 92.49

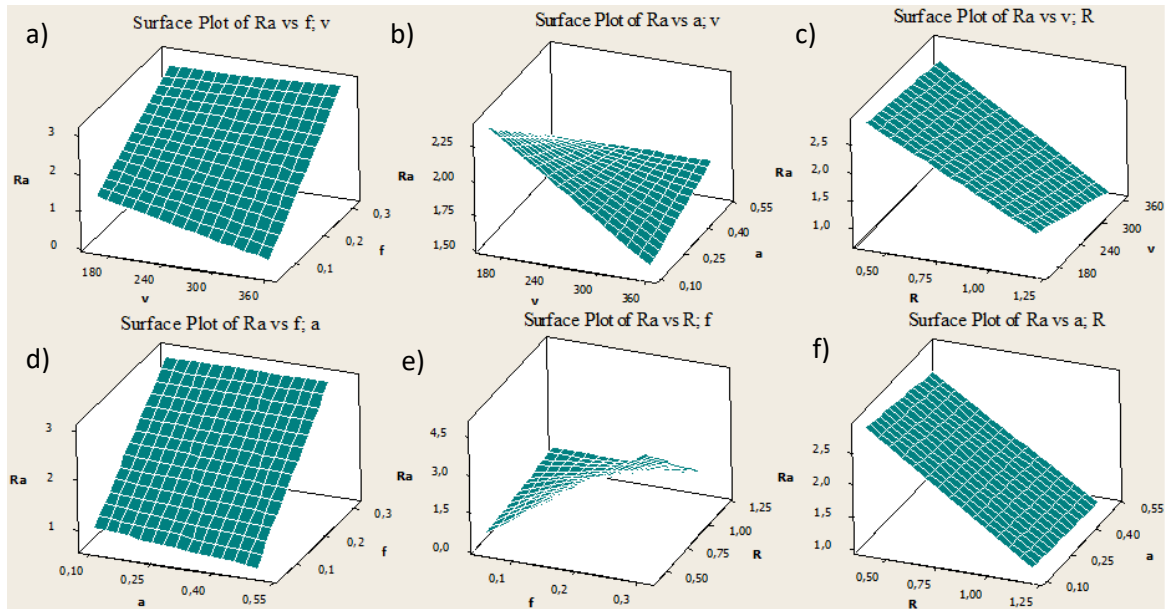
Varyans analizi sonrasında, doğrusal model+etkileşimleri (linear+intractions) incelenmiş ve bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etki oranları Tablo 5'te gösterilmektedir. Tablo 5-a, 5-b ve 5-c incelendiğinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra, Rz ve Rt) üzerindeki etkileri p<0.05 anlamsallık değeri bakımından incelendiğinde V, f ve R'nin anlamlı olduğu a'nın ise anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Bağımsız değişkenler arasındaki etkileşimler incelendiğinde Ra üzerinde f\*R, Rz de V\*f ve f\*R ve Rt' de ise V\*f, V\*R ve f\*R etkileşimlerinin anlamlı olduğu diğer değişkenlerin ise p anlamsallık değeri bakımından anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki katkı oranları incelendiğinde varyans analiz sonuçlarına göre Ra, Rz ve Rt üzerinde en etkili bağımsız değişken, ilerleme miktarı olarak belirlenmiştir. İlerleme miktarını Ra, Rz ve Rt'ye sırasıyla, %46.50, %38.27 ve %34.62 etki ettiği tespit edilmiştir. İkinci etkili kesme parametresi olan takım uç radyüsü ise; %28.74 Ra, %22.6 Rz ve %26.57 Rt'ye katkı sağlamıştır. V ve a parametrelerinin Ra ve Rz üzerinde katkı oranı sırasıyla %1.6, %0.2 ve %3.36, %0.28 olurken, Rt üzerinde ise V'nin %15.74, a ise %0.14 oranında katkı sağladığı belirlenmiştir.

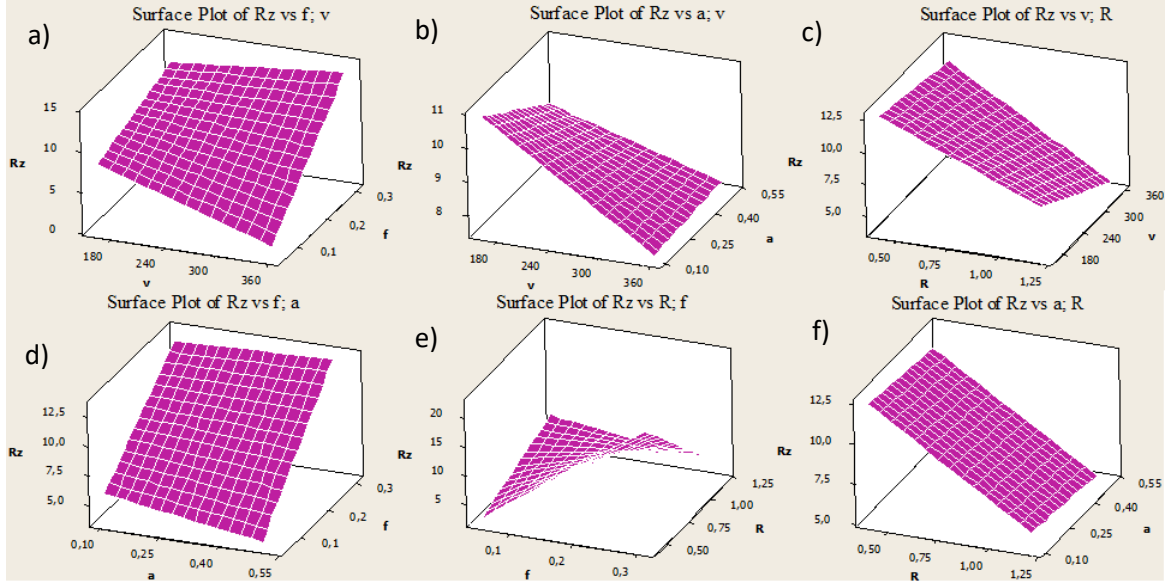
**Tablo 5.** Varyans Analiz sonuçları

Kaynak	SD	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	%Cont.
a) Ra							
V	1	0,4697	0,4697	0,4697	5,16	0,037	1,60
f	1	13,6384	13,6384	13,6384	149,96	0,000	46,50
a	1	0,0595	0,0595	0,0595	0,65	0,430	0,20
R	1	8,4303	8,4303	8,4303	92,69	0,000	28,74
V*f	1	0,3618	0,3618	0,3618	3,98	0,063	1,23
V*a	1	0,1706	0,1706	0,1706	1,88	0,190	0,58
V*R	1	0,0294	0,0294	0,0294	0,32	0,577	0,10
f*a	1	0,0279	0,0279	0,0279	0,31	0,587	0,10
f*R	1	4,6786	4,6786	4,6786	51,44	0,000	15,95
a*R	1	0,0066	0,0066	0,0066	0,07	0,790	0,02
Hata	16	1,4552	1,4552	0,0909			4,96
Toplam	26	29,3279					100
b) Rz							
V	1	17,618	17,618	17,618	11,33	0,004	3,36
f	1	200,426	200,426	200,426	128,90	0,000	38,27
a	1	1,464	1,464	1,464	0,94	0,346	0,28
R	1	118,491	118,491	118,491	76,21	0,000	22,63

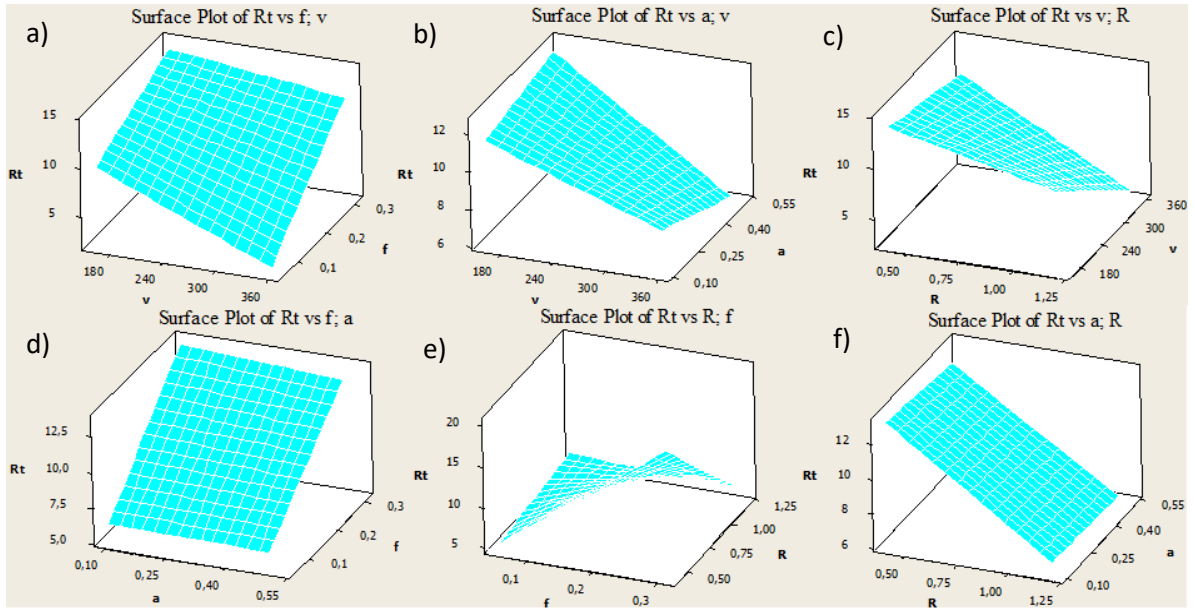
V*f	1	19,360	19,360	19,360	12,45	0,003	3,70
V*a	1	0,832	0,832	0,832	0,53	0,475	0,16
V*R	1	1,290	1,290	1,290	0,83	0,376	0,25
f*a	1	1,654	1,654	1,654	1,06	0,318	0,32
f*R	1	137,687	137,687	137,687	88,55	0,000	26,29
a*R	1	0,004	0,004	0,004	0,00	0,960	0,00
Hata	16	24,878	24,878	1,555			4,75
Toplam	26	523,705					100,00
c) Rt							
V	1	67,602	67,602	67,602	54,47	0,000	15,74
f	1	148,748	148,748	148,748	119,86	0,000	34,62
a	1	0,609	0,609	0,609	0,49	0,494	0,14
R	1	114,170	114,170	114,170	92,00	0,000	26,57
V*f	1	6,954	6,954	6,954	5,60	0,031	1,62
V*a	1	2,201	2,201	2,201	1,77	0,202	0,51
V*R	1	6,925	6,925	6,925	5,58	0,031	1,61
f*a	1	0,071	0,071	0,071	0,06	0,814	0,02
f*R	1	62,442	62,442	62,442	50,31	0,000	14,53
a*R	1	0,042	0,042	0,042	0,03	0,856	0,01
Hata	16	19,857	19,857	1,241			4,62
Toplam	26	429,619					100,00



Şekil 3.  $R_a$  üzerinde Bağımsız Parametrelerin Etkileşim Grafikleri



Şekil 4. Rz üzerinde Bağımsız Parametrelerin Etkileşim Grafikleri

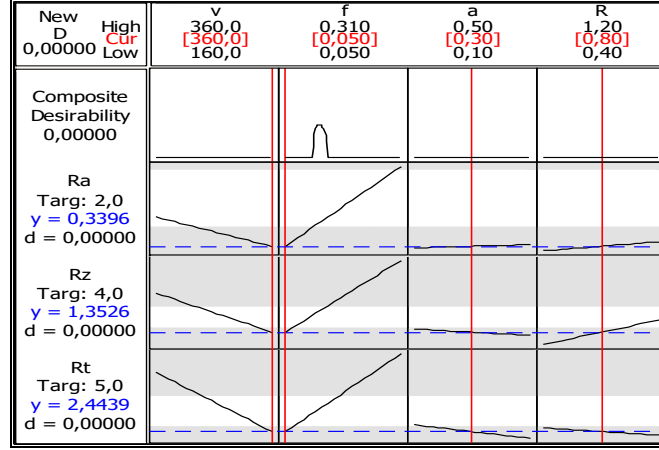


Şekil 5. Rt üzerinde Bağımsız Parametrelerin Etkileşim Grafikleri

Şekil 3'te sunulan grafikler Şekil 4 ve Şekil 5'te elde edilen bağımsız parametrelerin etkileşim grafikleri ile benzerlik göstermektedir. Kesme parametreleri arasında en etkili parametreler olan  $f$  ve  $R$ 'nin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi Şekil 3-Şekil 5'te gösterilmektedir.  $f$ 'nin artması ile yüzey pürüzlülük değeri artmaktadır. Bu durum, ilerleme miktarı ile  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_t$  arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu bize göstermektedir. Literatür incelendiğinde, yüzey pürüzlülük değerinin  $f$ 'nin karesiyle oransal olarak artacağına işaret eden teorik formül ( $R_a=0.32I_f^2/R$ ) ile paralellik göstermektedir.  $f$  artmasıyla birlikte kesme bölgesinde sürtünmeden dolayı sıcaklığın arttığı ve oluşan ısının takım-talaş ve takım iş parçası ara yüzeyinde yoğunlaştığı bilinmektedir [13-17].  $f$ 'in artmasıyla işlenen yüzeyde kalıcı gerilmeler artacağından,  $R_a$  değerlerinde artışın olması beklenen bir sonuçtur. Genel olarak takım uç yarıçapı ile  $R_a$  değeri ters orantılıdır. Takım uç yarıçapı arttıkça  $R_a$  azalır, azaldıkça  $R_a$  değeri artar. Bu durum, takım uç yarıçapı arttıkça, malzeme üzerinde sürtünme miktarı da artmaktadır. Takım-iş parçası arasında artan sürtünmeden dolayı malzemenin özgül kesme direnci azalacak ve malzeme üzerinden daha kolay talaş kaldırılacaktır. Bu nedenle de yüzey pürüzlülük değerinde azalma meydana geldiği düşünülmektedir.  $v$  ve  $a$ 'nın  $R_a$ ,  $R_z$  ve  $R_t$  üzerinde fazla etkili olmadığı tespit edilmiştir.



Deneyler sonrasında yapılan optimizasyon deneyleri en düşük yüzey pürüzlülük değerinin elde edildiği kesme hızının 3. seviyesi (360 m/dak), ilerleme miktarının 1.seviyesi (0.05 mm/dev), kesme derinliğinin 2. seviyesi (0.3 mm) ve takım uç radyüsünün 2. seviyesi (0.8 mm) olan kesme parametreleri ve seviyelerinde elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Optimizasyon Grafikleri

#### 4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bağımsız değişkenlerin (Kesme hızı, ilerleme miktarı, kesme derinliği ve takım uç radyüsü) bağımlı değişkene (yüzey pürüzlülüğü) etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen deneyler neticesinde, elde edilen sonuçları aşağıda verilmiştir.

- Yüzey pürüzlülük değerinin en uygun olduğu kesme parametreleri V=360 m/dak, ilerleme miktarı f=0.05 mm/dev, kesme derinliği 0.3 mm ve takım uç radyüsü 0.8 mm olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda optimum yüzey pürüzlülük değeri Ra=0.451 µm, Rz=1.991 µm ve Rt=2.993 µm olarak elde edilmiştir.
- Varyans analizleri neticesinde yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametreler sırasıyla ilerleme miktarı, takım uç radyüsü, kesme hızı ve kesme derinliği olarak belirlenmiştir.
- Yüzey pürüzlülük değeri ilerleme miktarı artarken arttığı, fakat takım uç radyüsü arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. İlerleme miktarının Ra, Rz ve Rt'ye sırasıyla, %46.50, %38.27 ve %34.62 etki ettiği, takım uç radyüsü ise; %28.74 Ra, %22.6 Rz ve %26.57 Rt'ye katkı sağlamıştır.
- Bağımsız parametreler değerlendirildiğinde, kesme hızı ve kesme derinliği parametresinin sonuçlar üzerine etkisi ilerleme miktarı ve takım uç radyüsüne göre oldukça az olduğu belirlenmiştir.
- Gerçekleştirilen optimizasyon sonuçları deney sonuçları ile kıyaslandığında Ra, Rz ve Rt'ye sırasıyla %75.30, %67.94 ve %81.65 oranında yüksek yakınlık gösterdiği belirlenmiştir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Selvam, Milon D., & Senthil, P. (2016). Investigation on the effect of turning operation on surface roughness of hardened C45 carbon steel. Australian Journal of Mechanical Engineering 14, 131-137.
- [2] Cakir, M. C., Ensarioglu, C., & Demirayak, I. (2009). Mathematical modeling of surface roughness for evaluating the effects of cutting parameters and coating material. Journal of Materials Processing Technology, 209, 102-109.
- [3] Tekaslan, Ö., Gerger, N., & Şeker, U. (2008). AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10, 3-12.
- [4] Korkut, I., Boy, M., Karacan, I., & Seker, U. (2007). Investigation of Chip-back temperature during machining depending on cutting parameters. Materials and Design, 28

- [5] Motorcu, A. R. (2009). Surface Roughness Evaluation when Machining Carbon Steel with Ceramic Cutting Tools. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Uludağ University*, 14, 139-145.
- [6] Asiltürk, I., Neşeli, S., & İnce M. A., (2016). Optimisation of parameters affecting surface roughness of Co28Cr6Mo medical material during CNC lathe machining by using the Taguchi and RSM methods. *Measurement*, 78, 120-128.
- [7] Çalışkan, H., Kurbanoglu, C., Panjan, P., & Kramar, D. (2012). Investigation of the performance of carbide cutting tools with hard coatings in hard milling based on the response surface methodology. *International Journal Advanced Manufacturing Technology*, 12, 170-174.
- [8] Özçatalbas, Y., & Ercan, F. (2003). The effects of heat treatment on the machinability of mild steels. *Journal of Materials Processing Technology*, 136, 227-238.
- [9] Sahoo, A. K. (2014). Application of Taguchi and regression analysis on surface roughness in machining hardened AISI D2 steel. *International Journal of Industrial Engineering Computations* 5, 295-304.
- [10] Neşeli, S., Yıldız, S., & Türkeş, E. (2011). Optimization of tool geometry parameters for turning operations based on the response surface methodology. *Measurement* 44, 580–587.
- [11] Harun, Y., Levent, U., & Akkuş, H. (2016). AISI 1040 çeliğinin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün çoklu regresyon ile incelenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16, 770-775.
- [12] Sönmez, F., Başak, H., & Baday, Ş. (2016). Haddeme İşleminin Yüzey Yanıt Yöntemi İle Analizi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji GU J Sci Part:C* 4, 275-283.
- [13] Öktem, H., Erzurumlu, T., & Kurtaran, H. (2005). Application of response surface methodology in the optimization of cutting conditions for surface roughness. *Journal of Materials Processing Technology*, 170, 11-16.
- [14] Nalbant, M., Gökkaya, H., & Sur, G. (2007). Application of Taguchi method in the optimization of cutting parameters for surface roughness in turning. *Materials and Design*, 28, 1379-1385.
- [15] Wang, X., & Feng, C. X. (2002). Development of empirical models for surface roughness prediction in finish turning. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20, 348-356.
- [16] Turgut, Y., & Çakmak, I. (2019). Investigation of the Effect of Chip Breaker Form on Surface Roughness and Cutting Forces in AISI 1040 Steel Milling. *GU J Sci, Part C*, 7, 482-494.
- [17] Akkurt, M. *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları*. Birsen Yayınevi, İstanbul, (1998).
- [18] Özdemir, M. (2019). Analysis with Taguchi Method of Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness and Cutting Force, 6th International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecture Sciences, 713-722.