



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN:1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



## 34CrNiMo6 çeliğinin frezelenmesinde kesme parametrelerinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi

*Study on the effects of the machining parameters on surface roughness and vibration in milling 34CrNiMo6 steel*

*Yazar(lar) (Author(s)): Mehmet ERBAŞ<sup>1</sup>, Abdulkadir GÜLLÜ<sup>2</sup>*

*ORCID<sup>1</sup>: 0000-0003-0371-7958*

*ORCID<sup>2</sup>: 0000-0003-1088-4105*

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article):** Erbaş M. ve Güllü A., “34CrNiMo6 çeliğinin frezelenmesinde kesme parametrelerinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 22(3): 633-639, (2019).

**Erişim linki (To link to this article):**<http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.428995

# 34CrNiMo6 Çeliğinin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İncelenmesi

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Mehmet ERBAŞ<sup>1</sup>, Abdulkadir GÜLLÜ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Çankırı Makine Kimya Endüstrisi Kurumu, Türkiye

<sup>2</sup>Gazi üniversitesi Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Türkiye

(Geliş/Received : 28.03.2018 ; Kabul/Accepted : 15.05.2018)

## ÖZ

Bu çalışmada, 34CrNiMo6 alaşımlı çelik, APKT 1705 PER-EM kodlu kesici ucun TT9030 kalitede TiAlN kaplamalı türü ile frezelenerek meydana gelen titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür. Deneylerde üç farklı kesme hızı (90, 120 ve 150 m/min), üç farklı ilerleme hızı (0,12, 0,17 ve 0,22 mm/tooth) ve üç farklı talaş derinliği (1, 2 ve 3 mm) kullanılarak, toplam 27 adet deney gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları varyans analizi ve ortalama etki grafikleri kullanılarak yorumlanmıştır. Test sonuçlarına göre yüzey pürüzlülüğü üzerinde et etkili parametrenin ilerleme hızı, titreşim üzerinde ise en etkili parametrenin kesme hızı olduğu görülmüştür. Kesme hızı ve talaş derinliği yüzey pürüzlülüğü üzerinde anlamlı bir etki göstermezken, kesme hızının artmasıyla titreşim değerinin arttığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yüzey pürüzlülüğü, titreşim, kesme parametreleri, 34CrNiMo6 alaşımlı çelik.

## Study on the Effects of the Machining Parameters on Surface Roughness and Vibration in Milling 34CrNiMo6 Steel

### ABSTRACT

In this study, 34CrNiMo6 alloyed steel was machined with TiAlN coated carbide cutting insert and the vibration and surface roughness during the process were measured. Experiments were carried out through three different cutting speeds (90, 120 and 150 m / min), three different feed rates (0,12, 0,17 and 0,22 mm / tooth) and three different depth of cuts (1, 2 and 3 mm) based on 27 full factorial experiments. The experimental results were statistically evaluated using analysis of variance (ANOVA) and mean effect plots. The test results indicated that the most effective cutting parameter on surface roughness was feed rate while the most effective parameter on vibration was cutting speed. The cutting speed and depth of cut were not exhibited a meaningful effect on the surface roughness and the vibration was increased with increasing cutting speed values.

**Keywords:** Surface roughness, vibration, cutting parameters, 34CrNiMo6 alloy steel.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaşlı imalatta yapılan çalışmalar incelendiğinde, kesme parametrelerinin elde edilen ürünün kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülecektir. Asıl amacın mümkün olduğu kadar hızlı, kaliteli ve ekonomik ürün elde etmek olduğu gerçeğini göz önünde bulundurulduğunda, optimum kesme şartlarını sağlamanın kaçınılmaz olduğu sonucuna varılır. Optimum kesme şartlarını sağlamak için sayısız deneyler yapılmış olsa da gelişen malzeme ve işleme teknolojileri sonucunda kesme şartlarının sürekli iyileştirilmesi gerekmektedir. Bunun için çeşitli veriler ölçülmekte ve değerlendirilmektedir. Bunların arasında işlenen malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri ve işleme sırasında oluşan titreşim değerleri önemli bir yere sahiptir.

Uygun kesme parametreleri seçilmediği takdirde kesici takımında zorlanma veya deformasyon meydana gelmektedir. Bu durum ise; hem yüzeyin pürüzlü çıkmasına hem de zorlanmadan dolayı tezgâhta oluşan titreşimin artmasına sebep olmaktadır[1]. Dolayısıyla titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri kesme parametrelerinin belirlenmesinde gerek ayrı ayrı gerekse birlikte değerlendirildiğinde önemli iki veri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu alanda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda farklı bakış açıları ve farklı parametreler kullanılmış, birçok konuda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Zaman zaman farklı sonuç ve yorumlara da rastlanmıştır.

AISI 304 Östenitik paslanmaz çelik malzeme değişik kesme parametreleri ile işlenmiş, malzeme yüzeyinde oluşan yüzey pürüzlülükleri incelenerek optimum kesme parametreleri belirlenmiştir. Bu çalışmada, ilerleme ile

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : mehmet.eras@gmail.com.tr

yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki incelenmiş ve ilerlemenin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünün de arttığı görülmüştür. Ayrıca, ilerlemenin yanı sıra kesme hızı ve talaş derinliğinin de yüzey pürüzlülüğünü etkilediği, bunların arasında en fazla etkinin de ilerlemede olduğu sonucuna ulaşılmıştır[2]. Benzer çalışmalar farklı malzemeler kullanılarak farklı araştırmacılar tarafından da gerçekleştirilmiş ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametre olduğu, bunu kesme hızı ve talaş derinliğinin takip ettiği görülmüştür[3-13].Yüzey pürüzlülüğü üzerine yapılan çalışmalar araştırmacıları yüzey pürüzlülüğünü önceden tahmin edebilecek modeller geliştirmeye sevk etmiştir[14-16].

Frezeleme esnasında tezgâhta oluşan titreşimlerin; işlenen yüzeyin kalitesini, kesici takımın ömrünü ve tezgâhın performansını olumsuz yönde etkilediği bilinen bir gerçektir. Uygun kesme parametrelerinin seçilmediği durumlarda oluşan titreşimler, tezgâha ve kesici takıma gelen yükü arttıracak için elde edilen yüzeyin de daha pürüzlü olmasına sebep olur[17]. Dolayısıyla araştırmacılar pürüzlülüğün ölçülmesiyle optimize edebilecekleri kesme parametrelerini oluşan titreşimle beraber değerlendirdiklerinde daha verimli sonuçlara ulaşmışlardır[18-20].

Görüldüğü üzere, farklı malzemelere farklı kesme parametreleri kullanılarak talaş kaldırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda oluşan titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri gerek ayrı ayrı gerek birlikte ölçülerek kesme parametrelerinin optimizasyonunun yapılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalarda 34CrNiMo6 çeliğinin işlenmesiyle ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmada, havacılık ve savunma sanayisinde yoğun olarak kullanılan 34CrNiMo6 çeliği farklı kesme parametrelerinde frezelenmiştir. Kullanıldığı alanlarda iyi bir yüzey kalitesinin istenmesinin önemi de düşünüldüğünde, yapılan bu çalışmanın elde edilen sonuçları doğrultusunda optimum kesme parametrelerinin seçilebilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

### 2.1. Deney Numuneleri (Experiment Samples)

Deneylerde 150mm x 200mm x 70mm (En x Boy x Kalınlık) ölçülerinde 34CrNiMo6 alaşımlı dövme malzeme kullanılmıştır. Kullanılan malzeme yüzey sertleştirmeye uygun, yüksek tokluk özelliği gösteren bir çelik olduğundan dolayı özellikle savunma sanayi başta olmak üzere, uçaklarda, otomobil ve motor parçalarında, eksantrik ve krank millerinde, direksiyon parçaları ve kovanlar gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Malzemenin kimyasal bileşimi NitonXLtPortable XRF Analyzer cihazında ölçülmüş ve kimyasal değerleri Çizelge 1.'de verilmiştir. Ayrıca malzemenin mekanik özellikleri Çizelge 2.' de verilmiştir.

**Çizelge 1.** 34CrNiMo6 malzemenin % olarak kimyasal bileşimleri (Chemical composition in % of 34CrNiMo6 material)

C	Si	Mn	S	Cu	Al
0,322	0,222	0,6	0,014	0,191	0,013
Cr	Mo	Ni	V	Nb	Fe
1,489	0,141	1,581	0,007	0,008	95,41

**Çizelge 2.** 34CrNiMo6 malzemenin mekanik özellikleri (Mechanical properties of 34CrNiMo6 material)

Çekme dayanımı (N / mm <sup>2</sup> )	Akma gerilmesi (MPa)	Kopma uzaması (%)	Sertlik (HB)
971,91	751	12,5	306-313

### 2.2. Deneylerde Kullanılan Tezgâh, Kesici Takım, Takım Tutucu ve Ölçme Cihazları (Milling Machine, Cutting Tools, Tool Holder And Measuring Instruments Used In Experiments)

Yapılan deneyler; Oerlikon KD2 CNC MCT32 marka tezgâhta, TaeguTec firması tarafından üretilen APKT 1705 PER-EM kodlu kesici ucun TT9030 kalitede TiAlN kaplamalı türü ve yine aynı firmanın TES D63-44-27-AP17 numaralı takımı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanılan takım üç sıra yatayda, üç sırada dikeyde olmak üzere 9 adet kesici uç ile çalışmaktadır.

Deneyler sonucunda oluşan yüzey pürüzlülük değerleri, Q.P.T RT-10 Yüzey Pürüzlülük Ölçme Cihazı kullanılarak ölçülmüştür. İş parçasının yüzeyi 200 mm ölçüsü boyunca 5 farklı bölgeden ayrı ayrı ölçülmüş ve ortalama pürüzlülük (Ra) değeri kriter olarak alınmıştır. Böylece takımın talaşa giriş ve çıkış bölgelerinde titreşimden dolayı oluşan aşırı dalgalanmaların ölçülen pürüzlülük değerlerinde yanlış yorumlanmasının önüne geçilmiştir.

İşleme esnasında oluşan titreşim değerleri, ucundaki mıknatıslı prob aracılığı ile iş parçasına bağlanabilen ProVibro PVM 303 model titreşim ölçme cihazı ile ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

### 2.3. Kesme Parametreleri (Cutting Parameters)

Deneylerde kullanılan kesme parametreleri, kesici takım firmasının katalog değerleri ve tezgâh kapasitesi de dikkate alınarak Çizelge 3.' te verilmiştir.

**Çizelge 3.** Deneylerde kullanılan kesme parametreleri (Cutting parameters used in experiments)

Faktörler	Seviyeler
Kesme hızı (m/min)	90 - 120 - 150
Diş başı ilerleme miktarı (mm/tooth)	0,12 - 0,17-0,22
Talaş derinliği (mm)	1,0 -2,0 - 3,0

### 3. DENEYSSEL BULGULAR

#### (EXPERIMENTAL FINDINGS)

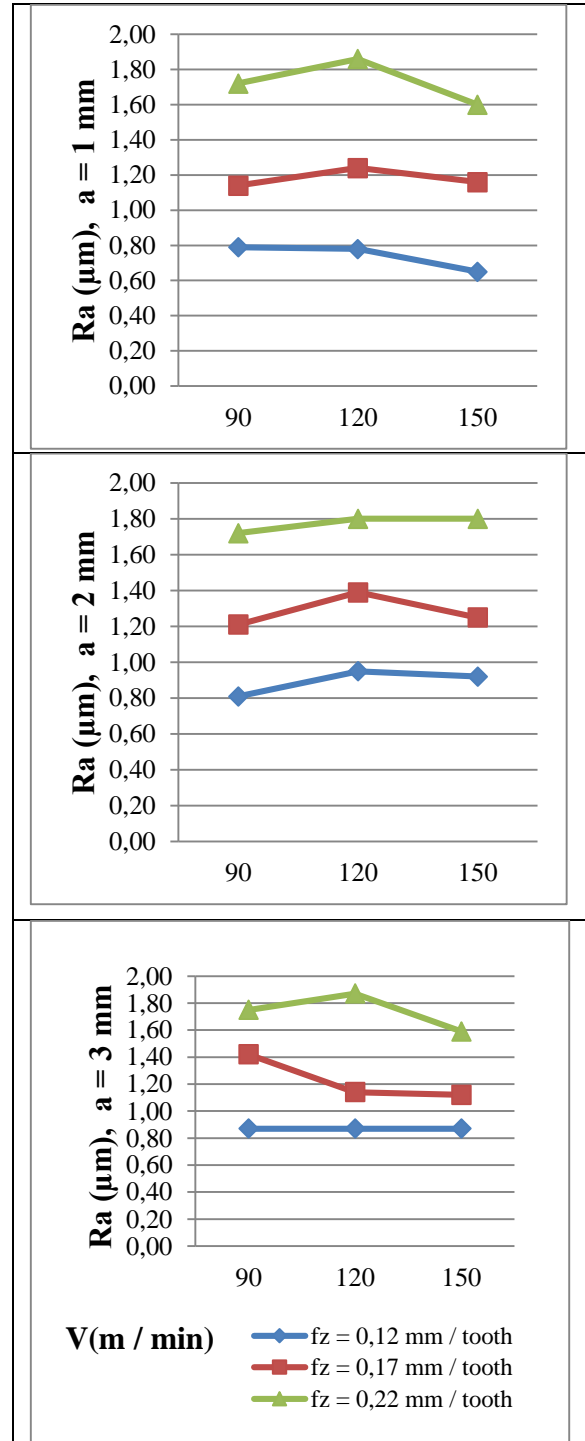
Üç farklı kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliği kullanılarak 27 adet deney gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, her bir numunenin ortalama yüzey pürüzlülüğü ve deneyler sırasında oluşan titreşim değerleri ölçülerek Çizelge 4.' te verilmiştir.

**Çizelge 4.** Deney sonuçları (Experimental results)

DENEY NO	Talaş Derinliği a (mm)	Kesme Hızı V(m/ min)	İlerleme Miktarı Fz (mm/rev)	Titreşim Vib(mm/s)	Yüzey Pürüzlülüğü Ra (µm)
1	1	90	0,12	0,15	0,79
2			0,17	0,25	1,14
3			0,22	0,3	1,72
4	2		0,12	0,3	0,81
5			0,17	0,3	1,21
6			0,22	0,4	1,72
7	3		0,12	0,4	0,87
8			0,17	0,5	1,42
9			0,22	0,5	1,75
10	1	120	0,12	0,4	0,78
11			0,17	0,3	1,24
12			0,22	0,5	1,86
13	2		0,12	0,5	0,95
14			0,17	0,7	1,39
15			0,22	0,7	1,80
16	3		0,12	0,8	0,87
17			0,17	0,9	1,14
18			0,22	1,1	1,87
19	1	150	0,12	0,7	0,65
20			0,17	0,7	1,16
21			0,22	0,8	1,6
22	2		0,12	0,6	0,92
23			0,17	0,6	1,25
24			0,22	1,2	1,80
25	3		0,12	0,9	0,87
26			0,17	0,9	1,12
27			0,22	1,2	1,59

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirilip grafikleri çizilmiş, kesme parametrelerinin oluşan yüzey pürüzlülük ve titreşim değerlerine etkileri incelenmiştir.

### 3.1. Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülük Değerine Etkileri (Effects on Surface Roughness Value of Cutting Parameters)

**Şekil 1.** Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülük değerlerine etkilerinin grafiksel değişimi (Graphical variation of effects of cutting parameters to surface roughness values)

Şekil 1.' de, Çizelge 4.' teki yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimiyle ilgili grafikler oluşturulmuştur. Oluşturulan grafikler incelendiğinde;

1, 2 ve 3mm talaş derinliklerinin tamamında artan ilerleme miktarının yüzey pürüzlülük değerlerini arttırdığı açıkça görülmektedir. İlerleme miktarının artması daha pürüzlü bir yüzey elde edilmesine sebep olmaktadır.

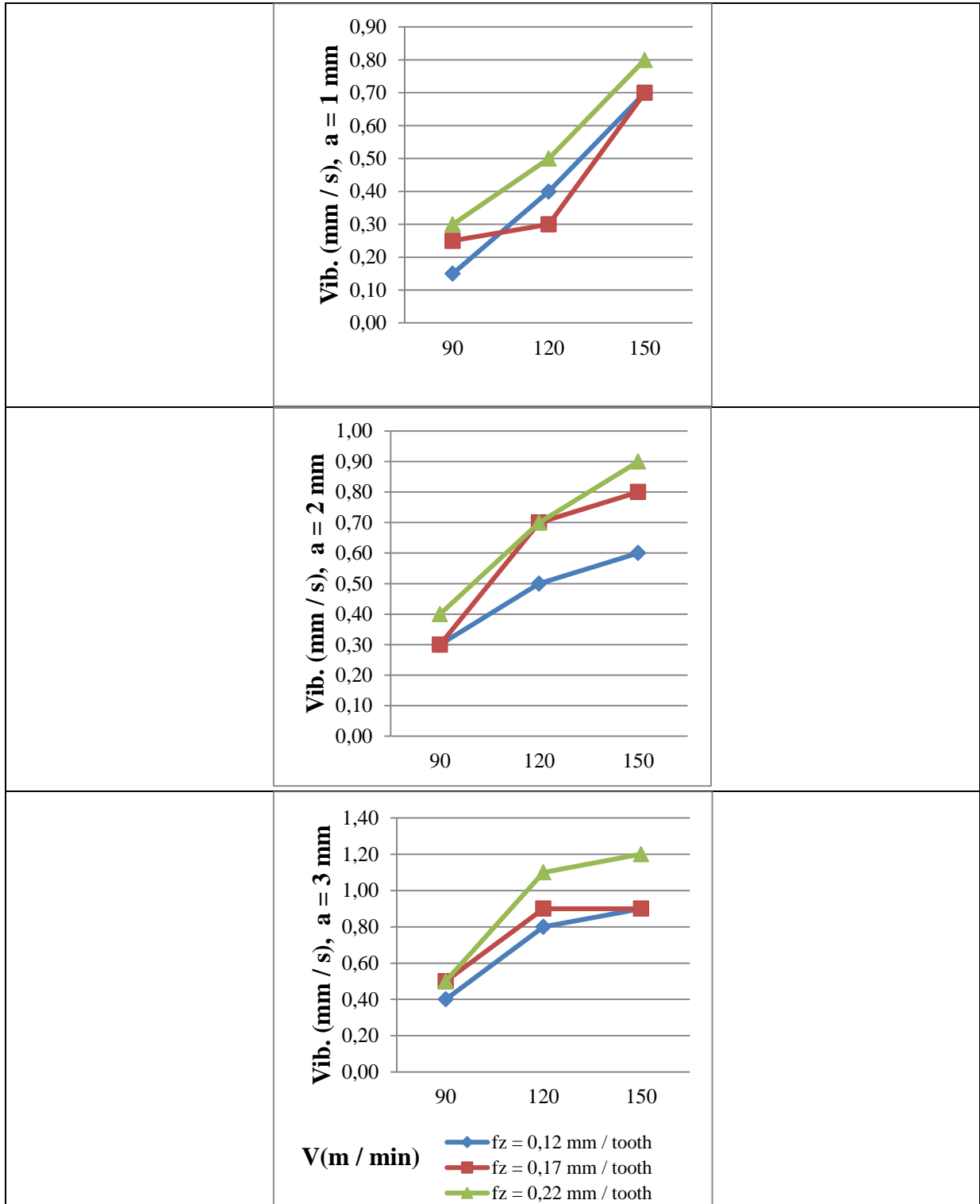
Buna ek olarak, kesme hızı ve talaş derinliğindeki değişimin yüzey pürüzlülük değerlerinde ciddi bir etkiye sebep olmadığı sonucu da görülmüştür. Bu durumu Şekil

3.' te gösterilen yüzey pürüzlülüğü için ortalama etki grafiği de desteklemektedir.

Yapılan regresyon analizi sonucunda elde edilen eşitlik aşağıda verilmiştir. Elde edilen regresyon oranı  $R^2 = \%94,17$  olarak bulunmuştur. Buna göre:

$$Ra = -0,237 + 0,01742a - 0,01227V + 3,73556F \quad (1)$$

### 3.2.Kesme Parametrelerinin Titreşim Değerine Etkileri (Effects on Vibration Value of Cutting Parameters)



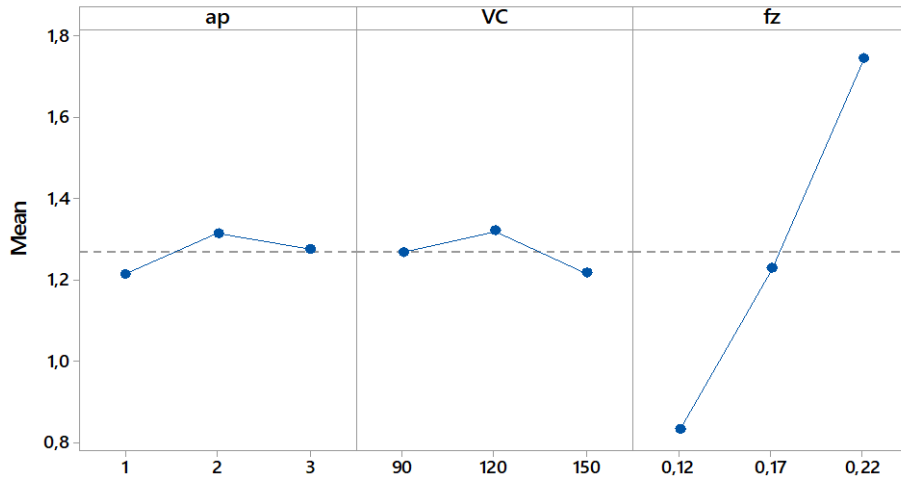
eşitliği elde edilmiştir.

Farklı malzemelerle gerçekleştirilen birçok çalışmada da görüldüğü gibi artan ilerleme miktarı daha pürüzlü bir yüzey elde edilmesine sebep olmaktadır[1],[4-6][8-9][16] [21-22]

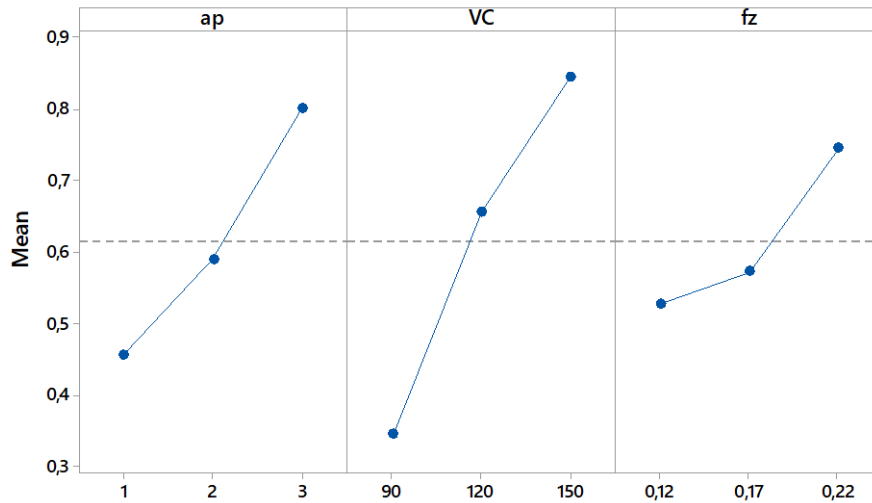
Elde edilen veriler kullanılarak yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 5.' te gösterilmiştir. Burada kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etki oranları da görülmektedir.

**Çizelge 5.** Yüzey pürüzlülüğü ve titreşim için varyans analizi sonuçları etki oranları (Variance analysis results impact ratios for surface roughness and vibration)

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F	P	Etki oranı(%)
Yüzey Pürüzlülüğü						
Regression	3	3,76525	1,25508	123,92	0,000	
ap	1	0,01742	0,01742	1,72	0,203	% 0,435
VC	1	0,01227	0,01227	1,21	0,282	% 0,306
fz	1	3,73556	3,73556	368,82	0,000	% 93,431
Error	23	0,23295	0,01013			
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>3,99820</b>				<b>94,172</b>
Titreşim						
Regression	3	1,8701	0,62338	43,59	0,000	
ap	1	0,5339	0,53389	37,33	0,000	% 24,278
VC	1	1,1250	1,12500	78,66	0,000	% 51,157
fz	1	0,2112	0,21125	14,77	0,001	% 9,603
Error	23	0,3289	0,01430			
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>2,1991</b>				<b>85,04</b>



**Şekil 3.** Yüzey pürüzlülüğü için ortalama etki grafiği (Main effect plot for surface roughness)



**Şekil 4.** Titreşim için ortalama etki grafiği (Main effect plot for vibration)

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu deneysel çalışmada; 34CrNiMo6 çeliğin farklı kesme parametreleri ile frezelenmesinde; iş yüzeyinde oluşan pürüzlülük değerleri ve tezgâhta oluşan titreşim değerleri incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

İş üzerindeki yüzey pürüzlülüğü için:

- Yapılan deneylerin hepsinde de ilerleme miktarının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinde de bir artış meydana gelmiştir.
- İlerleme miktarı, yüzey pürüzlülüğüne etki oranı %93,431 ile en etkili parametre olmuştur.
- Yüzey pürüzlülüğünün değişiminde kesme hızı ve talaş derinliğinin önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür.
- Artan ilerleme miktarı ile kesici takımın malzeme yüzeyiyle temas aralığı arttığı için elde edilen yüzeyin daha pürüzlü bir yüzey olmasına sebep olduğu düşünülmektedir.
- En iyi pürüzlülük değeri 1mm talaş derinliği, 0,12 mm/tooth ilerleme miktarı ve 150 m/min kesme hızı değerinde elde edilmiştir.

Tezgâh üzerindeki titreşim için:

- Kesme parametrelerinden kesme hızının %51,157 oran ile en önemli etkiyi sağladığı, bunu %24,278 ile talaş derinliği ve %9,603 ile ilerleme miktarının sağladığı görülmektedir.
- Kesme hızının artması kesici takımı kapasitesinden daha hızlı bir kesme yapmaya zorladığından dolayı tezgâhta oluşan titreşim değerini de arttırmaktadır.
- Benzer şekilde talaş derinliğinin artması da sürtünen yüzeyi arttırmakta ve bu durum ise tezgâhın daha fazla zorlanmasına, kesici takımın daha çabuk aşınmasına ve tırlama titreşimlerinin artmasına sebep olmaktadır.
- En düşük titreşim değerine ise 1mm talaş derinliği, 0,12 mm/tooth ilerleme miktarı ve 90 m/min kesme hızı değerinde ulaşılmıştır.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Lohithaksha M. and Maiyara, "Optimization of machining parameters for end milling of inconel 718 superalloy using taguchi based grey relational analysis", *Procedia Engineering*, 64: 1276-1282, (2013).
- [2] Tekaslan Ö., Gerger N. ve Şeker U., "AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerde kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüklerinin araştırılması", *BAU FBE Dergisi*, 10:3-12, (2008).
- [3] Sheth S. and George P.M., "Experimental investigation and prediction of flatness and surface roughness during face milling operation of WCB material", *Procedia Technology*, 23: 344-351, (2016).
- [4] Dilipak H. ve Gezgin A., "AISI D3 çeliğinin frezelenmesinde, kesici uç sayısı, kesme hızı ve ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin araştırılması", *Politeknik Dergisi*, 13: 29-32, (2010).
- [5] Alauddin M., Baradie M.A. El and Hashmi M.S.J., "Computer-aided analysis of a surface-roughness model for end milling", *Journal of Materials Processing Technology*, 55: 123-127, (1995).
- [6] Gökkaya H., Sur G. ve Dilipak H., "Kaplamaless sementit karbür kesici takım ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel olarak incelenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12: 59-64, (2006).
- [7] Narasimhulu A., Paruchuri Venkateswara R. and Ghosh S., "Dry machining of Ti-6Al-4V using PVD coated TiAlN tools", *Proceedings of the World Congress on Engineering, London, U.K.*, 978-988, (2012).
- [8] Zhang Julie Z., Chen Joseph C. and Kirby E. D., "Surface roughness optimization in an end-milling operation using the taguchi design method", *Journal of Materials Processing Technology*, 184: 233-239, (2007).
- [9] Şahin N., "Kalıp çeliklerinin freze tezgâhında işlenmesinde kesme parametrelerinin, takım talaş ara yüzey sıcaklığı, kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkisinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi*, (2012).
- [10] Çetin M., Bilgin M., Ulaş H.B. ve Tandıroğlu A., "Kaplamaless sementit takımına AISI 6150 çeliğinin frezelenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi", *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 168-176, (2011).
- [11] Gezgin A., Prizmatik parçaların frezelenmesi esnasında, kesici uç sayısının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara : *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi*, 2007.
- [12] Yılmaz V., Dilipak H., Sarıkaya M., Yılmaz C.Y. ve Meral G., "Frezeleme işlemlerinde titreşimi ve yüzey pürüzlülüğünü etkileyen parametrelerin optimizasyonu", *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 4:37-44, (2014).
- [13] Karabulut,Ş. ve Şahinoğlu A., "R260 çeliklerinin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, güç tüketimi ve makine gürültüsü üzerine etkileri", *Politeknik Dergisi*, 21(1):237-244, (2018).
- [14] Brezocnik M., Kovacic M. and Ficko M., "Prediction of surface roughness with genetic programming", *Journal of Materials Processing Technology*, 157-158:28-36, (2004).
- [15] Nas E., Samtaş G. ve Demir H., "CNC frezelemede yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametrelerin matematiksel olarak modellenmesi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18:47-59, (2012).
- [16] Baek D. K., Ko T. J. and Kim H. S., "Optimization of feedrate in a face milling operation using a surface roughness model. s.l.", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 41:451-462, (2001).
- [17] Logins A. and Torims T., "The influence of high-speed milling strategies on 3D surface roughness parameters", *Procedia Engineering*, 100:1253-1261, (2015).
- [18] Zhang S. J., To S., Zhang G. Q. and Zhu Z. W., "A review of machine-tool vibration and its influence up on surface generation in ultra-precision machining", *International Journal of Machine Tools&Manufacture*, 91:34-42, (2015).

- [19] Oktem H., Erzurumlu T. and Erzincanlı F., “*Prediction of minimum surface roughness in end milling mold parts using neural network and genetic algorithm. s.l.*”, ***Materials and Design***, 27: 735-744, (2006).
- [20] Kant G. S. and Kuldip S., “*Prediction and optimization of machining parameters for minimizing power consumption and surface roughness in machining. s.l.*”, ***Journal of Cleaner Production***, 83:151-164, (2014).
- [21] Şahinoğlu A., Karabulut Ş., and Güllü A., “Study on spindle vibration and surface finish in turning of Al 7075”, ***Solid State Phenomena***, 261: 321-327, (2017).
- [22] Şahinoğlu A., Güllü A. ve Dönertaş M. A., “GGG50 malzemenin torna tezgâhında işlenmesinde kesme parametrelerinin titreşim , ses şiddeti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisinin araştırılması”, ***Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi***, 2: 67–79, (2017).