Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
ISSN 1012-2354
Cilt (Volume): 30, Sayı (Issue): 4, Eylül/September-2014
http://fbe.erciyes.edu.tr/

Frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının modellenmesi

Volkan YILMAZ[1], Hakan DİLİPAK[2], Murat SARIKAYA[3], Ceren Yaman YILMAZ[4], Mustafa ÖZDEMİR[5]

[1]Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Böl., Ankara
[2]Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Böl., Ankara
[3] Sinop Üniversitesi, Mes. Yüksekokulu, Makine ve Metal Tek. Böl., Sinop
[4]Gazi Üniversitesi, Atatürk Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Tek. Böl., Ankara
[5]Bozok Üni. Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Tek. Böl., Yozgat

Anahtar Kelimeler: Frezeleme, kesme kuvveti, titreşim, yüzey kalitesi, modelleme

ÖZET

Bu çalışmada, frezeleme işlemlerinde kesme parametrelerinin kesme kuvveti, titreşim ivmesi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi çoklu regresyon analiziyle araştırılmıştır. Deneylerde işleme parametreleri olarak 132, 220, 308 m/min kesme hızı, 0,05, 0,1, 0,15, 0,2 mm/tooth ilerleme, 1, 1,5 mm kesme derinliği ve 1, 2, 4 adet sayılardaki kesici uç kullanılmıştır. Bu işleme parametreleri ile 100x50x20 mm ebatlarında AISI 1050 deney malzemesi üzerinden talaş kaldırılmıştır. Deney sonuçlarına etki eden parametrelerin oranları Minitab 15.0 yazılımı kullanılarak çoklu regresyon analiziyle ANOVA (Varyans Analizi) tabloları oluşturularak bulunmuştur. Ayrıca ara değerlerin hesaplanmasında sonuçlar için üç ayrı matematiksel formül geliştirilmiş ve tahminsel sonuçlar elde dilmiştir.

The modeling of results of cutting force, vibration and surface roughness in milling operations

Key Words: Milling, cutting force, vibration, surface quality, modeling

ABSTRACT

In this study, parameters of cutting have researched the effect on cutting force, vibration acceleration and surface roughness via multiple regression analysis. The machining parameters have used 132, 220, 308 mm/min cutting speed, 0,05, 0,1, 0,15, 0,2 mm/tooth feed rate, 1, 1,5 mm cutting depth and 1, 2, 4 the number of cutting edge in experimental. With these parameters, chips have removed on AISI 1050 material experimental at 100x50x20 sized. Experimental results of the parameters that affect the rates of multiple regression analysis using Minitab 15.0 software ANOVA (Analysis of Variance) tables were formed. In addition to, intermediate values for the calculation of the values and expected results were obtained in three separate mathematical formulas developed.

*Sorumlu Yazar (Corresponding author) e-posta:

1. Giriş

Freze tezgâhında kesme işlemi yapılırken meydana gelen kesme kuvveti; kesici kenarlar (dişler) arası mesafe, konum açısı, iş parçası geometrisi, iş mili sehimi, talaş derinliği, talaş genişliği, ilerleme miktarı, kesme hızı ve aşınma gibi birçok faktörlere bağlı olarak kesme işlemi boyunca dönme açısına bağlı olarak değişir. Bu da sistemde sürekli titreşimin oluşmasına neden olur. Bu titreşim, tezgahın mekanik veya tezgah tespitinden gelen titreşimlerden farklıdır. Çünkü bu titreşim direkt olarak tezgah parametreleri ve kesme şartlarına bağlıdır. Tezgahın çalışma şartlarına bağlı olarak kesme kuvveti değerlerinde meydana gelen ani değişiklikler, birim zamanda kaldırılan talaş miktarı, simetrik ve asimetrik kesme şartlarına bağlı olarak titreşim genliğinde de değişime sebep olur. Bunun sonucu olarak bozuk bir işleme kalitesi elde edilir. Bu bakımdan arzu edilen işleme kalitesini maksimum tezgah kapasitesini kullanarak elde edecek optimum kesme şartlarının sağlanması freze tezgahlarında işleme sıkıntısının ve doğan problemlerin esasını teşkil etmektedir. Bu amaçla, iyi bir yüzey kalitesine sahip olmak için; ilerleme hızı, talaş derinliği, kesme hızı, takım çapı, kesici takım geometrisi, iş malzemesi, konum acısı, simetrik veya asimetrik çalışma durumu, takım-tezgah çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi ve takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi gibi kesici takım ve iş parsası arasındaki titreşim genliğini istenilen kaliteyi elde etmeyi sağlayacak şekilde optimum kesme şartlarını belirlemek gerekir [1,2]. Talaşlı imalat işlemleri sırasında meydana gelen ve kontrol edilemeyen titreşimler, iş parçası yüzey kalitesinin bozulmasına, iş parçası ölçü tamlığının istenilen hassasiyette elde edilememesine, kesici takımın erken aşınmasına ve kırılmasına, takım tezgahı bileşenlerinin zarar görmesine ve yüksek gürültülere sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar talaşlı imalat işlemleri esnasında oluşan titreşimlerin karmaşık bir yapıda olduğunu ortaya koymuştur [2,3]. Talaşlı imalat alanında son yıllarda elde edilen üstün teknolojik gelişmeler, bu alandaki imalatı oldukça iyi bir düzeye çıkarmasına rağmen, hala işleme performansını etkileyen birçok sorun mevcuttur. Takım-iş parçası ara yüzeyinde fiziksel temasın varlığından ve takım tezgâhlarının hareketli elemanlarından (motor, dişli kutusu, kızak kayıt sistemleri v.b) kaynaklanan titreşimler kesici uçta etkisini göstererek yüzey kalitesini ve isleme performansını olumsuz etkilediği bir gerçektir. Kesici takım titreşimleri, işlenen parça yüzeyinde kötü yüzey kalitesi ve ölçü hassasiyetine, kesici takımın çabuk aşınmasına ve kırılmasına sebep olduğu ve daha da önemlisi takım tezgâhına önemli ölçüde zarar verdiği bilinmektedir [4-8]. Talaşlı imalat yöntemleriyle işlenen malzemelerin yüzey kalitesini artırmak için bilimsel düzeyde araştırmalar çok yoğun bir şekilde devam etmektedir. Talaşlı imalat esnasında iş parçasının yüzey kalitesini etkileyen kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme, talaş kaldıran takımın geometrisi, kesme derinliği vb.) en önemli parametrelerdir [9-10]. Ayrıca kesici takımda oluşan titreşimler, işlenen yüzeylerin kalitesini ve tezgâh verimini olumsuz etkilemektedir [11]. Makine takımlarının titreşimi, iş malzemelerinin yapılarındaki hatalar, takım aşınması veya düzensiz talaş oluşumu, işleme süresince yüzey hasarlarına sebebiyet vermektedir. Kontrol edilebilen parametreler ile istenilen yüzey pürüzlülüğü ve üretim kalitesini arttırmak için hız ve ilerleme gibi işleme parametrelerinin uygunluğunu değerlendirmek ve frezelemeden önce ürünün yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için teknikler geliştirilmektedir.

İyi kalitede bir ürün için işleme parametrelerinin doğru seçimi ve kontrol edilemeyen faktörlerin olumsuz etkilerini en aza indirebilecek parametre kombinasyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Tahmin tekniğinde önemli olan hususlar; hassasiyeti, güvenilirliği ve maliyetidir [12-15]. Literatürde tahmin tekniğinin kullanılarak birçok çalışmanın yapıldığı gözlenmiştir. Tahmin tekniği olarak, çoklu regresyon modelleme, regresyon modeli, lineer regresyon, ikinci dereceden regresyon, üstel regresyon ve yapay sinir ağları yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir [12-20].

Bu çalışmada, Bu çalışmada AISI 1050 çelik malzemenin frezelenmesinde kesme hızı, ilerleme, kesici uç sayısı ve kesme derinliğinin, titreşim, yüzey kalitesi ve kesme kuvveti üzerindeki etkisi çoklu regresyon analiziyle araştırılmış ve Anova tabloları oluşturulmuştur. Ayrıca ara değerlerin hesaplanması için matematiksel formüller oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Kimyasal bileşimi tablo 1'de verilen AISI 1050 malzeme üzerinde yapılan frezeleme deneylerinde üç farklı kesme hızı (132, 220, 308 mm/min), dört farklı ilerleme (0,05, 0,1, 0,15, 0,2 mm/tooth), iki farklı kesme derinliği (1, 1,5 mm) ve üç farklı uç sayısı (1, 2, 4) kullanılmıştır.

Tablo 1. AISI 1050 deney malzemesinin kimyasal bileşimi

%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr
0,430	0,212	0,730	0,0197	0,0390	0,0776
%Mo	%Ni	%Al	%Co	%Cu	%Fe
0,00752	0,0972	0,0110	0,00603	0,297	98,06

Deneyler ISO 8688-1 ve 8688-2'de belirtilen deney şartlarına uygun olarak gerçekleştirilmiş ve deneylerde TPKN 2204 PDR PK6030 TiN kaplı karbür kesici uç ile FKR 2017 0080 takım tutucu kullanılmıştır. Deneylerde 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. Kesme parametrelerinin "girdi" olarak değerlendirildiği deneysel çalışmalar neticesinde "çıktı" olarak; kesme kuvveti (F), titreşim ivme seviyeleri (RMS) ve yüzey kalitesi (ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra) değerlendirilmiştir. Titreşim ivme seviyelerinin ölçülmesinde Commtest VB 3000 Titreşim analiz cihazı (spektrum Analizoru) kullanılmıştır. Yüzey kalitesini belirlemek amacıyla, işlenmiş yüzeylerde ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerini ölçmek için portatif bir yüzey pürüzlülük cihazı olan Mahr Perthometer M1 cihazı kullanılmıştır. Kuvvet ölçme cihazı olarak, KİSTLER 9257B tipi dinamometre kullanılmıştır. Her deney için yeni bir kesici uç kullanılmak suretiyle toplam 72 adet deney sonucu alınmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2.1. Çoklu Regresyon Analizi

Kesme derinliği, ilerleme hızı, kesme hızı ve kesici uç sayısı parametrelerinin "girdi" parametreleri olarak değerlendirildiği deneysel çalışmalar neticesinde, "çıktı" parametreleri olarak; kesme kuvveti, titreşim ivme seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü değerleri ortaya konulmuştur.

Çoklu regresyon analizi ve varyans analizi için, Minitab 15 paket programı kullanılmıştır. Genelde regresyon analizi; bağımlı değişkendeki değişimi açıklayabilmek; diğer faktörlerin etkisi olmaksızın, bağımlı değişkene etkilerinin tahminini yapabilmek; bağımlı değişkene ilişkin ortalama değerlerin bulunması amacıyla kullanılmaktadır [21]. Böyle bir regresyon modelinde bağımlı değişkendeki değişim, bağımsız değişkenler ile açıklanılmaya çalışılır. Korelâsyon katsayısının karesi (R^2) olarak bilinen bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı ise, regresyon modelindeki açıklama miktarının açıklanmayan miktara olan oranıdır. Regresyon katsayısı ise, ilgili bağımsız değişkendeki bir birimlik artışın değişkende oluşturacağı değişim miktarıdır. Bu bilgiler sonucunda, çoklu regresyon analizi, kesme derinliği, ilerleme hızı, kesme hızı ve kesici uç sayısı gibi kesme parametreleri değişkenleri ile kesme kuvveti, titreşim ivme seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini tahmin etmeyi sağlamaktadır.

Deney sonuçlarına, çoklu regresyon analizi uygulanırken bu analizde bağımlı değişkenler kesme kuvveti (Fx), titreşim ivme seviyesi (RMS) ve yüzey pürüzlülüğü (Ra) alınırken; bağımsız değişkenler ise, kesme derinliği (a), ilerleme hızı (f), kesme hızı (V) ve kesici uç sayısı (s) olarak alınmıştır. Çoklu regresyon modelinde elde edilen denklem formları denklem (1) deki gibidir [15,21].

$$Fx, RMS, Ra = k_0 + k_1 a + k_2 f + k_3 V + k_4 s \quad (1)$$

3. Bulgular ve Tartışma

Tablo 2'de görüldüğü üzere kesme kuvveti, titreşim ivme seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü için regresyon modelinden elde edilen bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkenleri açıklama oranları sırasıyla R^2= %75,4 düzeltilmiş $R^{2\,d}$ =73,9, R^2=86,1 düzeltilmiş $R^{2\,d}$ =85,2, R^2=52,7 düzeltilmiş $R^{2\,d}$ =49,8'dir.

Tablo 2. Model özeti

Model	R^2	$R^2{}_d$
Fx	75,4	73,9
RMS	86,1	85,2
Ra	52,7	49,8

3.1 Kesme Kuvveti Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Kesme kuvveti için geliştirilen istatistiksel modelin uygunluğu varyans analizi kullanılarak kontrol edilmiş (tablo 3) ve modelin P (anlamlılık katsayısı) değerine bağlı olarak %95 güven aralığı düzeyinde uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3. Kesme kuvveti modeli için varyans analizi

Kesme Hızı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	2160271	4	540068	51,29	0,000
Hata(artık)	705543	67	10530	_	_
Toplam	2865814	71	_	_	_

Tablo 4'de verilen varyans analizi sonuçlarına, göre %95 güven aralığında, kesme kuvvetleri üzerinde en etkili parametrelerin %41,4 ile ilerleme, %19,9 ile kesme derinliği, %14,7 ile kesici uç sayısı olduğu görülmüştür. Kesme hızının, kesme kuvveti üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu, başka bir deyişle kesme kuvveti üzerinde çok az bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Kesme kuvveti için ANOVA sonuçları

Faktörler	SD	KT	Varyans	F Değeri	P	YD
Kesme derinliği	1	568889	568889	54,56	0,000	%19,9
İlerleme	3	1185301	395100	37,90	0,000	%41,4
Kesme hızı	2	32416	16208	1,55	0,219	%1,1
Kesici uç sayısı	2	422371	211186	20,26	0,000	%14,7
Hata	63	656836	10426	-	-	%22,9
Toplam	71	2865814	-	-	-	%100

SD:Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, P:Anlamlılık<0,05, YD:Yüzde dağılımı

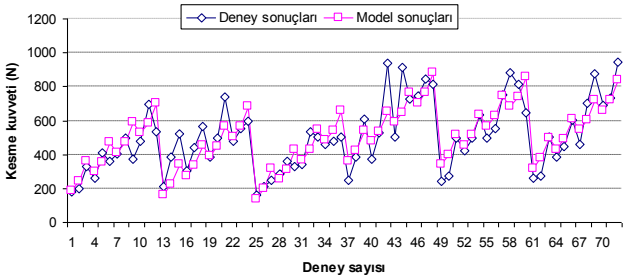
Kesme kuvveti için yapılan regresyon analizi sonucu, istatistiksel model sabiti ve değişkenlerin katsayı tablosu tablo 5'de verilmiştir. Faktörlerin etkileri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına paralel olarak kesme kuvvetine, bağımsız değişkenler içerisinden en büyük etkiyi ilerlemenin (f) yaptığı ortaya çıkmıştır. Bağımsız değişkenlerin (a, f, V, s) kesme kuvvetine olan etkileri dikkate alınarak denklem 2'de verilen matematiksel formül geliştirilmiştir.

Tablo 5. Kesme kuvveti model sabiti ve katsayılar tablosu

Faktör	Katsayılar	Std. Katsayılar	t	P
Sabit (C)	-312,28	80,11	-3,90	0,000
Kesme derinliği (a)	355,56	48,37	7,35	0,000
İlerleme (f)	2287,3	216,3	10,57	0,000
Kesme hızı (V)	-0,2500	0,1683	-1,49	0,142
Uç sayısı (s)	59,083	9,697	6,09	0,000

$$Fx=-312.3 + 355.6\times a + 2287.3\times f - 0.25\times V + 59.1\times s \quad (2)$$

Regresyon modelinden elde edilen kesme kuvveti sonuçları ile deney sonuçlarının karşılaştırmalı grafiği şekil 1' de görülmektedir.



Şekil 1. Kesme kuvvetleri deney sonuçları ile model sonuçlarının karşılaştırılması

3.2 Titreşim İvmesi Seviyesi (RMS) Sonuçlarının İstatistiksel Analiz

Titreşim ivmesi seviyesi için geliştirilen istatistiksel modelin uygunluğu varyans analizi kullanılarak kontrol edilmiş (tablo 6) ve modelin P (anlamlılık katsayısı) değerine bağlı olarak %95 güven aralığı düzeyinde uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 6. Titreşim İvmesi seviyesi modeli için varyans analizi

Kesme Hızı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Regresyon	5,7476	4	1,4369	103,58	0,000
Hata(artık)	0,9295	67	0,0139	_	_
Toplam	6,6770	71	_	_	_

Tablo 7'de verilen varyans analizi sonuçlarına, göre %95 güven aralığında, titreşim ivme seviyesi üzerinde en etkili parametrelerin %37,1 ile ilerleme, %29,3 ile kesici uç sayısı, %11,4 ile kesme derinliği ve %8,7 ile kesme hızı olduğu görülmüştür. Tüm parametrelerin titreşim ivme seviyesi üzerindeki etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 7. Titreşim seviyesi için ANOVA sonuçları

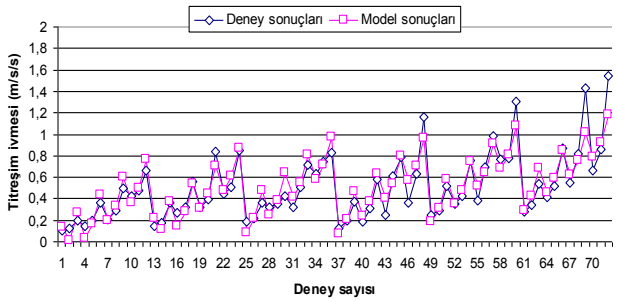
Faktörler	SD	KT	Varyans	F Değeri	P	YD
Kesme derinliği	1	0,76344	0,76344	53,55	0,000	%11,4
İlerleme	3	2,47992	0,82664	57,99	0,000	%37,1
Kesme hızı	2	0,58138	0,29069	20,39	0,000	%8,7
Kesici uç sayısı	2	1,95419	0,97710	68,54	0,000	%29,3
Hata	63	0,89811	0,01426	-	-	%13,5
Toplam	71	6,67703	-	-	-	%100

SD:Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, P:Anlamlılık<0,05, YD:Yüzde dağılımı

Titreşim ivme seviyesi için yapılan regresyon analizi sonucu, istatistiksel model sabiti ve değişkenlerin katsayı tablosu tablo 8'de verilmiştir. Faktörlerin etkileri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına paralel olarak titreşim seviyesine, bağımsız değişkenler içerisinden en büyük etkiyi ilerlemenin (f) yaptığı ortaya çıkmıştır. Bağımsız değişkenlerin (a, f, V, s) titreşim seviyesine (RMS) olan etkileri dikkate alınarak denklem 3'de verilen matematiksel formül geliştirilmiştir.

Tablo 8. Titreşim seviyesi model sabiti ve katsayılar tablosu

Faktörler	Katsayılar	Std. Katsayılar	t	P
Sabit (C)	-1,00217	0,09194	-10,90	0,000
Kesme derinliği (a)	0,41189	0,05552	7,42	0,000
İlerleme (f)	3,3164	0,2483	13,36	0,000
Kesme hızı (V)	0,0012287	0,0001932	6,36	0,000
Uç sayısı (s)	0,13189	0,01113	11,85	0,000



Şekil 2. Titreşim seviyesi deney sonuçları ile model sonuçlarının karşılaştırılması

3.3 Yüzey Pürüzlülüğü (Ra) Sonuçlarının İstatistiksel Analizi

Yüzey pürüzlülüğü için geliştirilen istatistiksel modelin uygunluğu varyans analizi kullanılarak kontrol edilmiş (tablo 9) ve modelin P (anlamlılık katsayısı) değerine bağlı olarak %95 güven aralığı düzeyinde uygun olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 9. Yüzey pürüzlülüğü modeli için varyans analizi

Kesme hızı	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	P
Regresyon	3,99140	4	0,99785	18,63	0
Hata(artık)	3,58879	67	0,05356	_	_
Toplam	7,58019	71	_	_	_

Tablo 10' de verilen varyans analizi sonuçlarına, göre %95 güven aralığında, yüzey pürüzlülüğü üzerinde en etkili parametrelerin %30,8 ile kesici uç sayısı, %23,3 ile ilerleme, %3,2 ile kesme hızı ve %0,7 ile kesme derinliği olduğu görülmüştür.

Kesme derinliği ve kesme hızının yüzey kalitesi üzerindeki etkisinin anlamsız olduğu, başka bir deyişle yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin çok az olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 10. Yüzey pürüzlülüğü için ANOVA sonuçları

Faktörler	SD	KT	Varyans	F Değeri	P	YD
Kesme derinliği	1	0,05791	0,05791	1,15	0,288	%0,7
İlerleme	3	1,76471	0,58824	11,64	0,000	%23,3
Kesme hızı	2	0,23622	0,11811	2,34	0,105	%3,2
Kesici uç sayısı	2	2,33728	1,16864	23,12	0,000	%30,8
Hata	63	3,18408	0,05054	-	-	%42
Toplam	71	7,58019	-	-	-	%100

SD:Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, P:Anlamlılık<0,05, YD:Yüzde dağılımı

$$RMS = -1{,}002 + 0{,}412 \times a + 3{,}316 \times f + 0{,}001 \times V + 0{,}132 \times s \quad (3)$$

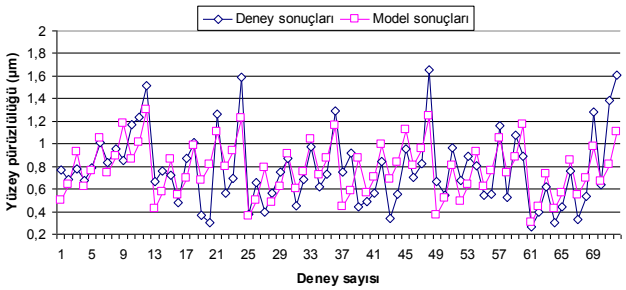
Yüzey pürüzlülüğü için yapılan regresyon analizi sonucu, istatistiksel model sabiti ve değişkenlerin katsayı tablosu tablo 11'de verilmiştir. Faktörlerin etkileri incelendiğinde varyans analizi sonuçlarına paralel olarak yüzey pürüzlülüğüne, bağımsız değişkenler içerisinden en büyük etkiyi kesici uç sayısının yaptığı ortaya çıkmıştır. Bağımsız değişkenlerin (a, f, V, s) yüzey pürüzlülüğüne (Ra) olan etkileri dikkate alınarak denklem 4'de verilen matematiksel formül geliştirilmiştir.

Tablo 11. Yüzey pürüzlülüğü model sabiti ve katsayılar tablosu

Faktör	Katsayılar	Std. Katsayılar	t	P
Sabit (C)	0,4477	0,1807	-10,90	0,016
Kesme derinliği (a)	-0,1134	0,1091	7,42	0,302
İlerleme (f)	2,4656	0,4879	13,36	0,000
Kesme hızı (V)	-0,0007971	0,0003796	6,36	0,040
Uç sayısı (s)	0,14422	0,02187	11,85	0,000

$$Ra = 04477 - 0{,}1134 \times a + 2{,}4656 \times f - 0{,}0008 \times V + 0.1442 \times s \quad (4)$$

Regresyon modelinden elde edilen kesme kuvveti sonuçları ile deney sonuçlarının karşılaştırmalı grafiği şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Yüzey pürüzlülüğü deney sonuçları ile model sonuçlarının karşılaştırılması

4. Sonuçlar

- Deney sonuçlarından elde edilen kesme kuvveti, titreşim seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına etki eden parametreler belirlenip matematiksel model geliştirilmiştir. Her iki modelin de %95 güven aralığı seviyesinde kullanılabilir olduğu tespit edilmiştir.
- Modellerden elde edilen sonuçlar da hata miktarının az ve sonuçların deneysel sonuçlara yakın olduğu görülmüştür.
- Deney sonuçlarına en yakın değeri veren modelin titreşim ivme seviyesi modeli olduğu ortaya çıkmıştır.
- Kesme kuvvetine en fazla etki eden parametrenin ilerleme, en az etki eden parametrenin ise kesme hızı olduğu tespit edilmiştir.
- Titreşim ivme seviyesine en fazla etki eden parametrenin ilerleme, en az etki eden parametrenin ise kesme hızı olduğu belirlenmiştir.
- Yüzey pürüzlülüğüne en faz etki eden parametrelerin kesici uç sayısı ve ilerleme, en az etki eden parametrenin ise kesme derinliği olduğu görülmüştür.
- Kesme hızı arttıkça kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü azalırken, titreşim ivme seviyesi artmıştır.
- İlerleme ve kesici uç sayısındaki artış her üç sonucunda artmasına sebep olmuştur.

Kaynaklar

1. Yılmaz, V., Frezeleme uygulamalarında işleme parametrelerinin sebep olduğu titreşimlerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
2. Ay, M., CNC freze tezgahında frezeleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin ve titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1-3, 30-33, 48-50, 2003.
3. Lee K, Y,. Kang M, C,. Jeong Y, H,. Lee D, W,. Kim J. S., Simulation of surface roughness and profile in high speed end milling, *J. Material Processing Technology*, 113: 410-415, 2001.
4. Sadettin, O., Ali Osman, E., Necip, C., Ersan, A., Tool wear evaluation by vibration analysis during end milling of AISI D3 cold work tool steel with 35 HRC hardness, *2DT&E International*, 121-126, 2006.
5. Taskesen, A,. Ercan, Y., Dik kesme işlemi sırasında takım tezgahı titreşimlerinin ve kararlılığının bir serbestlik dereceli kesme modeli ile nonlineer analizi ve tırlamanın tahmini, *11. Makina Teorisi Sempozyumu*, Ankara, 503-515, 2003.
6. Wiercigroch, M., Chaotic Vibration of a Simple Model of the Machine Tool- Cutting Process System, *ASME Journal of Engineering for Industry*, 119: 468-475, 1997.
7. Yellowley, I., A Simple Predictive Model of Orthogonal Metal Cutting, *International Journal of Machine Tools Manufacturing*, 27:357-365, 1987.
8. Konodo, E., Ota, H., Kawai, T., A New Method To Detect Regenerative Chatter Using Spectral Analysis, Part 1: Basic Study On Criteria For Detection of Chatter, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 119:461-466, 1997.
9. Lin, S. C., Hu, M. R,. Low vibration control system in turning, *Int. J. Mach. Tools Manufact*., 32:629, 1992.
10. Choudhury, S. K., Sharath, M.S., On line control of machine tool vibration during turning, *J. Mater. Proc. Technol*. 47:251, 1995.
11. Saxena, J. P., Effect of machining conditions on cutting tool vibrations, Advances in Machine Tool Design and Manufacturing Technology, *Proceedings of the 10th All India Machine Tool Design and Research Conference (Durgapur, India)*, 98:106, 1982.
12. Mıke, S., L., Joseph, C., Caleb M., Surface Roughness Prediction Technique For Cnc End-Milling, Journal Of Industry Technology, 15, 1, 1-1-6, 1998.

13. Kadırgama, K., Naar, M., M., Zukı, M., M., Rahman, M., M., Rejab, M., R., M., Daud, R., Hesseın, A., Optimization Of Surface Roughness An End-Milling On Mound Aluminium Alloys (Aa6061-T6) Using Response Surface Method And Radian Basis Function Network, Jordan Of Mechanical And Industrial Engineering, 2, 4, 209-214, 2008.
14. Lahıdı, B., Determining Deflection For Metal Turning Operations, Journal Of Industrial Technology, 13, 2, 21-33, 1997.
15. Çakır, C.,M., Mathematical Modeling Of Surface Roughness For Evaluating The Effects Of Cutting Parametres And Coating Material, Journal Of Materials Processing Technology, 209, 102-109, 2009.
16. Çakır, C., M., Demirayak, İ., Kesme Parametrelerinin ve Kaplama Tabakasının İş Parçası Yüzey Kalitesi Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, Iv Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Bildiri Kitabı, 263-270, Konya, 2007.
17. Thamma, R., Comparision Between Multiple Regression Models Tostudy Effect Of Turning Parameters On The Surface Roughness, Proceedings Of The 2008 Iajc-Ijme International Conference, 133-145, Usa, 2008.
18. Tosun, N., Özler, L., A Study Of Tool Life İn Hot Machining Using Artificial Neural Networks And Regression Analysis Method, Journal Of Material Processing Technology, 124, 99-104, 2002.
19. Yang, Y. K., Chuang, M. T., Lın, S. S., Optimization Of Dry Machining Parameters For High-Purity Graphite İn End Milling Process Via Design Of Experiments Methods, Journal Of Materials Processing Technology, 209, 4395- 4400, 2009.
20. Meral, G., Dilipak, H., Sarıkaya, M., The Modeling of Drilling Parameters Effect on the Hole Quality in Drilling of AISI 1050 Material Via Multiple Regression Method, Electronic Journal of Machine Technologies, Vol. 8, No 1, 37 – 46, 2011.
21. Şıklar, E., "Regresyon Analizine Giriş", Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir, 2000.