

Regression Modeling of the Effect of Chip Slenderness Ratio and Cutting Parameters on Vibration

Oktaý ADIYAMAN¹ 

¹Batman University, Technology Faculty, Mechanical and Manufacturing Engineering, 72020, BATMAN

Article Info

Research article
Received: 05.05.2021
Revision: 07.08.2021
Accepted: 10.11.2021

Highlights

Cutting parameters
Stability
Rijidity
Feed rate

Keywords

Chip slenderness ratio
Vibration
Regression
Width-to-thickness
AISI 1050 steel

Graphical/Tabular Abstract

In this study, different cutting parameters (feed rate, depth of cut) were selected together with chip slenderness ratio (CSR) by using tools with three different tool approach angles as 15° , 30° and 45° in turning AISI 1050 steel. As a result, a regression model was created to determine the effect of feed rate, depth of cut, tool approach angle and CSR on vibration in all three directions (X, Y and Z).

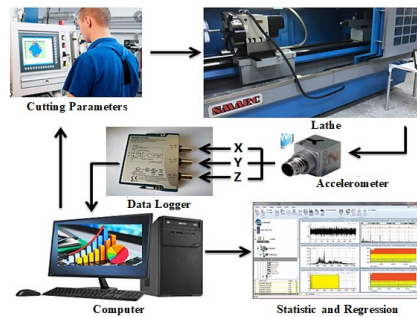


Figure A. Schematic figure of the experimental setup and process steps

Purpose: In this study, the effects of different cutting parameters (feed rate, depth of cut) and CSR on vibration were investigated by using 5 different CSR and cutters with three different approach angles in order to examine the vibration caused by CSR in turning machining of AISI 1050 steel.

Theory and Methods: In all experimental studies, feed rate, depth of cut were selected together with CSR and used tools with three different tool approach angles as 15° , 30° and 45° . AISI 1050 steel were selected as experimental turning materials. As a result, a regression model was created to determine the effect of feed rate, depth of cut, tool approach angle and CSR on vibration in all three directions. 5 different chip slenderness ratio were created (1, 3, 5, 10 and 15) and the vibrations in the turning were measured in three directions (X, Y, Z). Depending on the vibration, regression models were created for the CSR and cutting parameters. The SPSS program was used for statistical analysis.

Results: In the regression models, it was seen that the greatest effect in X, Y and Z directions was the feed rate, depth of cut and tool approach angle, respectively, and a significant model could not be created regarding the chip slenderness ratio. In addition, it was determined that the greatest vibration values occurred in the direction of feed rate. In cases where CSR is 1 and 10, minimum vibration values were measured in all directions and tool approach angles.

Conclusion: The minimum vibration occurs when the CSR is 1 and 10 in all three directions. The most stable vibrations values were obtained when the approach angle was 30° at all values of CSR. The greatest vibration values were obtained in the measurements in the direction Y. It has been observed that a more serrated structure is formed in the chips formed when the CSR is 5. In same CSR, it is seen that vibration intensity increases at CSR values with higher depth of cut.



Talaş İncelme Oranı ve Kesme Parametrelerinin Titreşim Üzerine Etkisinin Regresyon Modellenmesi

Oktay ADIYAMAN¹

¹Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine ve İmalat Mühendisliği, 72020, BATMAN

Article Info

Research article
Received: 05.05.2021
Revision: 07.08.2021
Accepted: 10.11.2021

Anahtar Kelimeler

Talaş İncelme Oranı
Titreşim
Regresyon
Genişlik kalınlık oranı
AISI 1050 çeliği

Keywords

Chip slenderness ratio
Vibration
Regression
Width-to-thickness
AISI 1050 steel

Öz

Tornalama işlemlerinde talaş derinliğinin ilerleme hızına oranı olarak tanımlanan talaş incelme oranı, üzerinde çalışılan bir konudur. Bu nedenle konunun farklı yönlerden ele alınarak incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında 15°, 30° ve 45° olacak şekilde üç farklı takım yaklaşma açısına sahip takım kullanılarak farklı kesme parametrelerinin (ilerleme değeri, talaş derinliği) talaş incelme oranı ile birlikte değerlendirilmesi yapılmıştır. Bunun sonucunda ilerleme değeri, talaş derinliği, yaklaşma açısı ve talaş incelme oranının her üç yöndeki titreşime etkisinin belirlenmesi için regresyon modeli oluşturulmuştur. Tüm deneysel çalışmalarda kesme parametreleri olarak talaş derinliği ve ilerleme değeri seçilmiştir. 5 farklı talaş incelme oranı oluşturulmuş (1, 3, 5, 10 ve 15) ve işlemedeki titreşimler üç doğrultuda (X, Y, Z) ölçülmüştür. Titreşime bağlı olarak talaş incelme oranı ve kesme parametrelerine ait her üç yönde regresyon modelleri oluşturulmuştur. Regresyon modelleri ve istatistiksel analizler için SPSS V24 programı kullanılmıştır. Uygulanan regresyon modellerinde her üç yönde de (X, Y ve Z) en büyük etkinin sırasıyla ilerleme değeri, talaş derinliği ve yaklaşma açısı olduğu görülmüş, talaş incelme oranı ile ilgili anlamlı bir model oluşturulamamıştır. Ayrıca en büyük titreşim değerlerinin ilerleme yönünde (Y yönü) meydana geldiği tespit edilmiştir. Talaş incelme oranının 1 ve 10 olduğu durumlarda tüm yönlerde (X, Y ve Z) ve yaklaşma açılarında minimum titreşim değerleri ölçülmüştür. Talaş yaklaşma açısının 30° olduğu durumlarda en stabil titreşim değerleri elde edilmiştir.

Abstract

Chip slenderness ratio, which is defined as the ratio of depth of cut to feed rate in turning processes, is an subject that has been studied. For this reason, the chip slenderness ratio should be examined from different aspects. In this paper, different cutting parameters (feed rate, depth of cut) were selected together with chip slenderness ratio by using tools with three different tool approach angles as 15°, 30° and 45° in turning AISI 1050 steel. As a result, a regression model was created to determine the effect of feed rate, depth of cut, tool approach angle and chip slenderness ratio on vibration in all three directions. In all experimental studies, depth of cut and feed rate were selected as cutting parameters. 5 different chip slenderness ratio were created (1, 3, 5, 10 and 15) and the vibrations in the turning were measured in three directions (X, Y, Z). Depending on the vibration, regression models were created in all three directions for the chip slenderness ratio and cutting parameters. The SPSS V24 program was used for regression models and statistical analysis. In the regression models, it was seen that the greatest effect in all three directions (X, Y and Z) was the feed rate, depth of cut and tool approach angle, respectively, and a significant model could not be created regarding the chip slenderness ratio. In addition, it was determined that the greatest vibration values occurred in the direction of feed rate (Y direction). In cases where chip slenderness ratio is 1 and 10, minimum vibration values were measured in all directions (X, Y and Z) and tool approach angles. When the tool approach angle is 30°, the most stable vibration values were occurred.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gerek ortagonal kesmede ve gerekse oblik kesmede talaş formu ve kesme mekaniği incelendiğinde talaş derinliği olarak adlandırılan kesilmemiş talaş genişliği ile ilerleme olarak adlandırılan kesilmemiş talaş

kalınlığı arasındaki oran olarak tanımlayabileceğimiz talaş incelleme oranı (TİO) önemli ve çalışılabilir bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Talaş derinliğinin ilerleme oranı olarak ta kısaca tanımlayacağımız TİO, üzerinde çalışılan ancak kesin kaniye henüz varılmamış bir parametredir [1]. İlk olarak 1976 yılında Seculic S. tarafından dile getirilen [2] TİO tabiri sonrasında farklı çalışmalarda genişlik-kalınlık oranı, talaş narinlik oranı vb. adlarla anılmıştır. Kesme kuvvetlerinin ve talaş şekli dikkate alındığında Shaw [3], tornalamada kesilmemiş talaş kalınlığının (talaş derinliği), ilerleme miktarının en az beş katı olması gerektiğini tavsiye etmiştir. Sonrasında Oxley aynı oranının maksimum değerinin 10'a kadar çıkarılabileceğini belirtmiştir [4]. Yapmış olduğu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi elde ettiği model üzerinden Pednekar ve ark. bu oranın 20'ye kadar çıkarılabileceğini iddia etmiştir [5]. Ancak her türlü iş parçası malzemesi ve kesme koşulu için, anılan çalışmalarda herhangi bir kritik ve kesinleştirilmiş oran belirlenmemiştir [1]. Nakayama ve arkadaşı, sünek malzemelerde örneğin pirinç gibi malzemelerde bu oranlamının geçerli olmadığını savunmuştur. [6]. Bu nedenle, TİO'nun farklı kesme koşulları ve iş parçası malzemeleri için geçerli olan bu ve bundan sonraki çalışmalarla araştırılacak evrensel bir kriter olup olmadığı hala açık bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır [1]. Diğer bir çalışmada Rui Liu ve arkadaşları alüminyum 6061 malzemeyi ortogonal kesme şartları ile farklı TİO kullanarak işlemiş ve yeni bir oran belirlemişlerdir. 5, 10, 12.5, 16.7, 20 TİO'ları seçilerek 3 farklı kesme hızında 5 farklı ilerleme değerinde tüm işlemler yapılmıştır. Sonuç olarak tüm şartlar için geçerli olacak bir oran elde edilememiştir [1].

Sudjatmiko ve arkadaşları, Al 6061 malzemenin tornalanmasında kesme parametrelerinin (ilerleme, takım uç yarıçapı, devir sayısı ve talaş derinliği) TİO oranı, yüzey pürüzlülüğü ve takım serbest yüzey aşınma miktarı üzerine etkisinin regresyon modellemesini yapmışlardır [7]. Elde edilen talaş genişliği üzerinden elde edilen TİO değerleri, yüzey pürüzlülüğü ve kesici uç serbest (yan) yüzey üzerindeki aşınma miktarları üzerinden değerlendirilmiştir. %94.45 yüksek belirtme katsayısı (R^2) ile TİO için edilen modelde en büyük etkinin takım uç yarıçapı ve sonrasında ilerleme değeri olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü ve takım serbest yüzey aşınması için elde edilen regresyon modelinde de en büyük etkinin takım uç yarıçapı olduğu tespit edilmiştir. Sudjatmiko ve arkadaşları genel olarak tornalama işlemlerinde TİO'nı, 1 ve 5 arası seçme eğiliminde olduklarını ancak nadiren de olsa bu katsayının 50'ye kadar çıktığını belirtmişlerdir [7].

Titreşim işleme sırasında işlenen malzemenin plastik şekil değişimine uğraması ve buna karşın kesici takıma göstermiş olduğu direncin sonucu olarak kesici takımın ilk konumundan sapması ile oluşan bir olgudur [8]. Kesme parametrelerinin gerek metalik ve gerekse kompozit (Jute and NFR) [9] gibi farklı malzemelerin işlenmesi sırasında, titreşim üzerine etkisini inceleyen bir çok çalışma da yapılmıştır. Bu çalışmalar değişik analiz yöntemleri ile de analiz edilmiş ve bazı sonuçlar çıkarılmıştır. AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenmesinde ayna ve punta basıncının titreşim ve yüzey pürüzlülüğü ile ilgili etkisi araştırılmış [10] ve yüksek ayna basıncında (18 bar) en az titreşim elde edilmiştir. CuZn39Pb3 malzemenin işlenmesinde farklı ilerleme, talaş derinliği ve kesme hızı değerlerindeki oluşan titreşimlerin incelenmesinde [11] titreşim üzerine etkili parametrenin ilerleme olduğu sonucuna varılmıştır. AISI 5140 çelik malzemenin tornalanmasında yaklaşma açısının yükselmesinde titreşimin arttığı gözlenmiştir. Taguchi yöntemi ile yapılan analizlerde titreşim üzerinde en büyük etkinin ilerleme oranı olduğu görülmüştür [12]. Parçaların işlenmesinde gerek TİO ve gerekse işleme sırasında oluşan titreşimin değerlendirilmesi ve analizi için çok farklı yöntemler denenmiştir. Bu yöntemlerin en önemlileri arasında her bir parametrenin sonuç üzerinde etkisini elde etmeye yönelik regresyon modelleme sayılabilir. Regresyon analizi; bağımlı değişkendeki değişimi açıklayabilmek, diğer faktörlerin etkisi olmaksızın bağımlı değişkene etkilerinin tahminini yapabilmek, bağımlı değişkene ilişkin ortalama değerlerin bulunması amacıyla kullanılmaktadır [13]. Böyle bir regresyon modelinde bağımlı değişkendeki değişim, bağımsız değişkenler ile açıklanmaya çalışılır. AISI 4140 işlenmesinde titreşimin etkilendiği parametrelerin incelendiği çalışmada regresyon modeli elde edilmiş ve titreşim üzerinde en etkili parametrenin ilerleme değeri olduğu gözlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü için oluşturulan modellerde en etkili modelin II.dereceden regresyon modeli olduğu tespit edilmiştir [14].

Kara ve ark. AISI 4140 ıslah çeliğinin tornalanmasında kesme parametrelerinin performanslarını ve optimum işleme şartlarını belirleyen bir çalışma da yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin ilerleme (% 92,63), daha sonra sırasıyla kesme derinliği (% 2,08) ve kesme hızı (% 1,37) olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca titreşim üzerindeki en etkili parametrelerin ise ilerleme (% 88,96), daha sonra

sırasıyla kesme derinliği (%6,50) ve kesme hızının (% 4,54) olduğunu tespit etmişlerdir [15]. Rogov ve Siamak çalışmalarında diğerlerinden farklı olarak takım tutucu uzunluğunu da analizde etken parametre olarak ele almışlar ve alüminyum alaşımlı AA2024 malzemenin tormalanmasında titreşim ve yüzey pürüzlülüğünün optimizasyonunda yüzey pürüzlülüğü üzerinde en önemli parametrenin kesme hızı, titreşim üzerinde ise takım tutucu bağlama uzunluğunun olduğunu tespit etmişlerdir [16].

TİO ile ilgili yapılan çalışmada Demir ve arkadaşı, kesme parametrelerinin (talaş derinliği, ilerleme) farklı yaklaşma açılarında ve farklı TİO'larında yüzey pürüzlülüğüne etkisini incelemiş, talaş morfolojisi ile ilgili analizler yaparak titreşim ve TİO arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Keskin deformasyon kırılmaları ve tırtıklı yapıya sahip olmayan lamelli tip talaş yapısının 30^0 yaklaşma açısında 0,1-0,15 mm/dev ilerleme ile ve TİO'nun 10 ve 15 değerlerinde elde edildiğini tespit etmişlerdir. Buna bağlı olarak ta bu değerlerde yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığını tespit etmişlerdir [17]. Yine aynı yazarlar benzer bir çalışmayı aynı kesme parametrelerini kullanarak kesici takımdaki aşınmayı, titreşim ve TİO'nuna bağlı olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada da 150 lik yaklaşma açısında daha şiddetli ve düzensiz titreşimlerin elde edildiği, büyük derinlikte ve daha büyük adımlı ve bozuk yapıya sahip talaş şekilleri ile birlikte kesici takım üzerinde en büyük aşınma miktarlarının ve bölgelerinin olduğu gözlenmiştir. En büyük titreşim dalgalanmalarının talaş derinliği (X) yönünde olduğu sonucuna varılmıştır. Optimum sonuçların 30^0 yaklaşma açısında ve TİO'nun 15 olduğu durumda olduğu gözlenen çalışmada en sert (derin) deformasyon kırıklarının TİO'nun 1 olduğu durumda olduğu gözlenmiştir. Ek olarak kesici uç içinde bağlayıcı olan Co'nun az miktarda da olsa talaş formu içine karıştığı yapılan EDX analizlerinde tespit edilmiştir [18].

Yapılan tüm araştırmalarda talaş incelleme oranı ile titreşim arasındaki ilişkinin incelenmesine yönelik az sayıda çalışmanın bulunduğu ve yapılan az sayıdaki çalışmalarda da TİO ile ilgili kesin kaniye varılamadığı görülmüştür. Bu nedenle de konu halen değişik araştırmacılar tarafından incelenmeye değer bir alan olarak görülmektedir. Bu çalışmada yukarıdaki çalışmalara paralel olarak AISI 1050 çeliğinin tormalanarak işlenmesinde, TİO ile oluşan titreşimin incelenmesi amacıyla 5 farklı TİO kullanılarak ve üç farklı yaklaşma açısına sahip kesicilerle, farklı kesme parametrelerinin (ilerleme, talaş derinliği) ve TİO'nun titreşim üzerine etkisi incelenmiştir. Deneysel verilerin X, Y ve Z yönlerindeki elde edilen titreşim üzerindeki etkisi elde edilen regresyon modeliyle açıklanmaya çalışılmış ve her bir parametrenin etkisi araştırılmıştır. Bu yönüyle regresyon analizi ile elde edilebilecek bir formülasyonun ve ilkesel bir yaklaşımın geliştirilip geliştirilemeyeceği yönünde bilimsel bir katkı elde edilmesi hedeflenmiştir. İleriki çalışmalarda farklı tip malzemelerin işlenmesi ile de konunun daha da genişletilmesi planlanmaktadır.

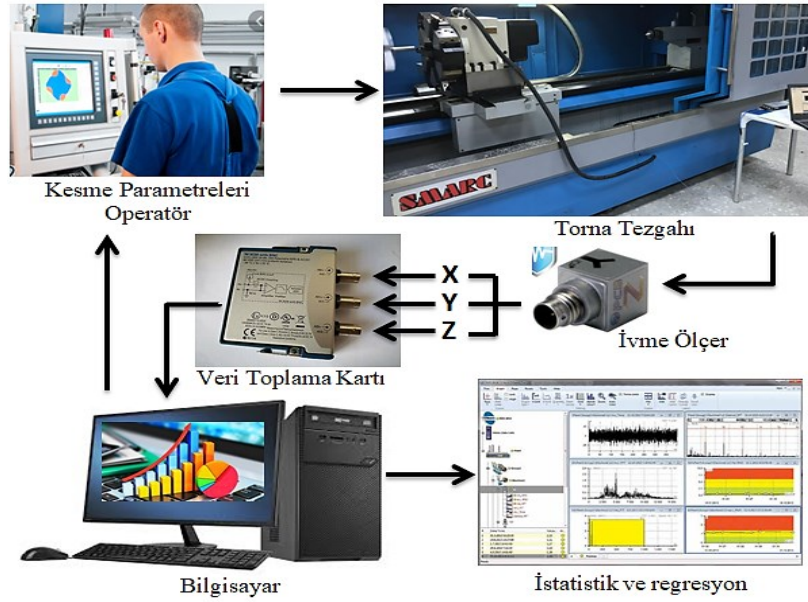
2. MATERYAL ve METOT (MATERIAL and METHOD)

2.1. Deneysel Çalışma (Experimental Study)

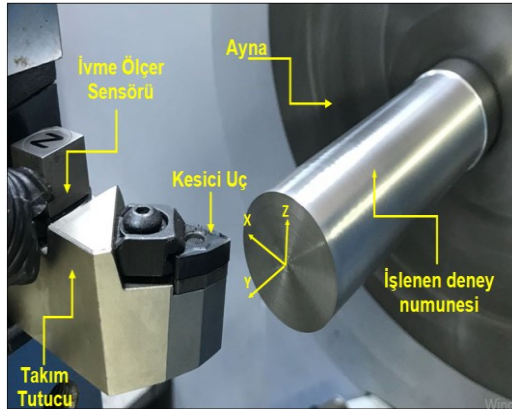
Tüm tormalama işlemlerinde SMARC marka CAK6166B X 200 modeli CNC torna tezgahı kullanılmış ve işleme sırasında elde edilen titreşimler NI-9230 C model ivmeölçer ile ölçülmüştür. Titreşim değerleri -30 g ve +30 g aralığında belirlenmiş, piezoelektrik ölçer bir prob ile titreşimler alınarak bir datalogger vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Deneyselerde kullanılan tezgah ve ölçüm şekli ile işlem basamaklarını gösterir deney düzeneği Şekil 1'de görülmektedir.

Deneyselerin yapılışında 30 mm çapında ve 150 mm boyunda AISI 1050 imalat çeliği kullanılmış ve kullanılan bu milin boy olarak 100 mm'lik kısmı ayna ayakları dışında kalacak şekilde bağlanmıştır. Bağlanan iş parçasının 80 mm'lik boyu işlenmiştir (Şekil 2). Daha sonra ivmeölçer probu takım tutucu üzerine bağlanmıştır. Tüm tormalama işlemleri soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. AISI 1050 imalat çeliğine ait kimyasal ve mekanik özellikler ile iş parçası ve prob bağlantısı Şekil 2'de görülmektedir.

Şekil 2'de görüldüğü üzere X yönü talaş derinliği (a) yönü (radyal kuvvet doğrultusu), Y yönü ilerleme (f) yönü ve Z yönü ise esas kesme kuvveti yönü şeklinde tanımlanabilir.



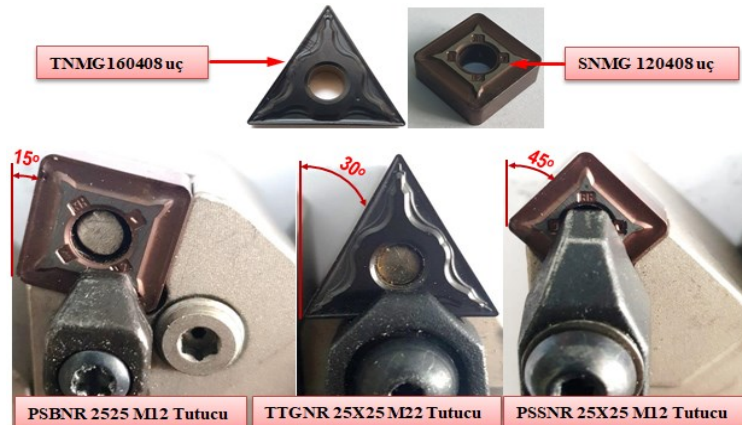
Şekil 1. Deney düzeneği ve işlem basamaklarının şematik gösterimi



Kimyasal içerik		Mekanik Özellikler	
Element	% Ağırlık		
C	0,47-0,55	Gerilme Dayanımı	690 MPa
Fe	0,60-0,90	Akma Dayanımı	0.47-0.55
Mn	98,46-98,92	Kayma Modülü	80 GPa
S	≤0,0	Elastik Modül	190-210 GPa
P	≤0,0	Poison Oranı	0.27-0.30
		Kopma Uzaması	0.27-0.30
		Sertlik, Brinell	197
		Isıl İletkenlik	49.8 W/mK

Şekil 2. İvmeölçerin takım tutucuya montajı ve işlenen malzemenin kimyasal-mekanik özellikleri

Tornalama için burun yarıçapı 0.8 mm ve üç farklı yaklaşma açısına sahip TNMG 160408 ve SNMG 120408 standardına sahip iki çeşit insert uç, PSBNR 2525 M12, TTGNR 25x25 M22 ve PSSNR 25X25 M12 standardına sahip üç farklı takım tutucuya bağlanarak talaş alma işlemleri yapılmıştır. Co bağlayıcılı, W, Ti karbür kesici insert uçlar, takım tutucu katerlere 15°, 30° ve 45° derecelik takım yaklaşma açalarına (Kr) sahip olacak şekilde bağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Takım tutucu ve kesici uçlar

Deney tasarımında toplamda 18 adet deney parçasının dış çapları pas ve yüzeydeki sert tabakanın alınması amacıyla eşit çapta tornalanmış ve daha sonra farklı talaş derinliklerinde tek pasoda işlenmiştir. Kullanılan kesme parametreleri ise Tablo 1’de gösterilmektedir. Tüm tornalama işlemlerinde kesme hızı sabit olacak şekilde 75 m/dk olarak seçilmiştir. Talaş incelme oranı (TİO) talaş derinliğinin ilerleme hızına oranı olarak açıklanmaktadır ve genellikle bu oran 5 ila 20 arasında alındığında kesme hızındaki değişim miktarının % 22 olduğu yapılan önceki çalışmalarda görülmektedir [19]. Yapılan deneylerde TİO değerleri 1, 3, 5, 10 ve 15 olarak seçilmiştir.

Tablo 1. Tornalama işlemlerinde kullanılan kesme parametreleri

Deney No	İlerleme Hızı (f) (mm/dev)	Talaş Derinliği (a) (mm)	Talaş İncelme Oranı (TİO-CSR=a/f)	Yaklaşma Açısı (Kr)
1	0.5	0.5	1	15
2	0.5	1.5	3	15
3	0.1	0.5	5	15
4	0.45	2.25	5	15
5	0.1	1	10	15
6	0.15	2.25	15	15
7	0.5	0.5	1	30
8	0.5	1.5	3	30
9	0.1	0.5	5	30
10	0.45	2.25	5	30
11	0.1	1	10	30
12	0.15	2.25	15	30
13	0.5	0.5	1	45
14	0.5	1.5	3	45
15	0.1	0.5	5	45
16	0.45	2.25	5	45
17	0.1	1	10	45
18	0.15	2.25	15	45

2.2. Regresyon Analizi (Regression Analysis)

Regresyon analizi genel olarak bir veya birden fazla bağımlı değişken üzerinde bağımsız olan değişkenlerin etkilerini sayısal (oransal) olarak veren ve bağımlı değişkene etkilerini tahmin etmekte kullanılır [12]. Regresyon denkleminin deney verilerine uygulanışında bağımlı ve bağımsız değişkenler olarak Tablo 1’de belirtilen parametreler uygulanmış ve toplam 18 deney yapılmıştır. Burada bağımsız değişken olarak talaş derinliği (a), ilerleme değeri (f), talaş incelme oranı (TİO) ve yanaşma açısı (Kr), bağımlı değişkenler ise X, Y ve Z yönündeki ölçülen genlik değeri (GXg, GYg, GZg) olarak belirlenmiştir. Çoklu regresyon modelinin elde edilmesinde 1 nolu formül kullanılmıştır.

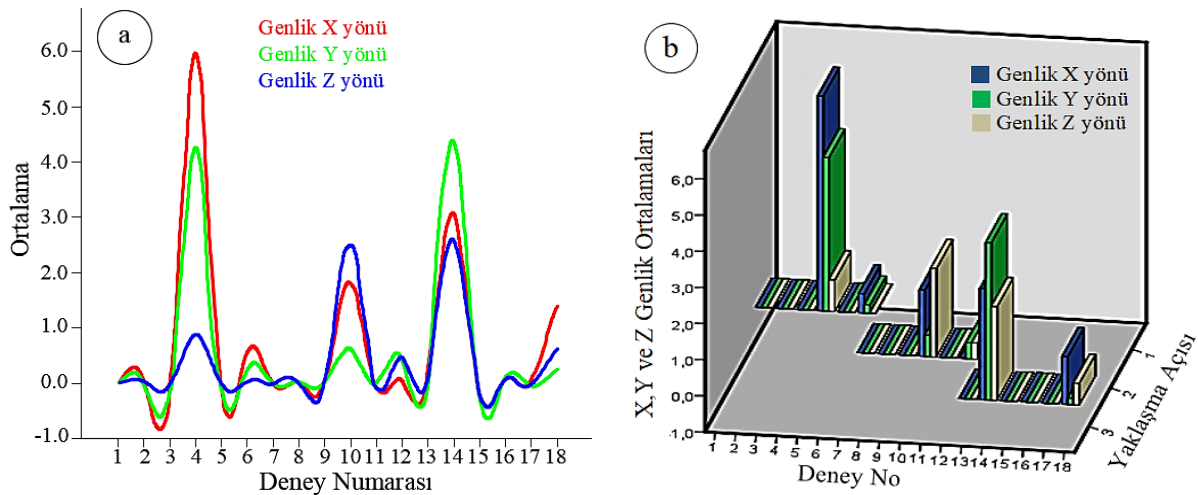
$$GXg, GYg, GZg = k_0 + k_1f + k_2a + k_4Kr$$

Tüm regresyon ve istatistik işlemleri SPSS V24 programında uygulanmıştır. İlk olarak bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama oranı olarak tanımlanan korelasyon katsayısının karesi (R^2) belirlenmiş ve modelin deneyi açıklama şiddeti ölçülmüştür. Korelasyon katsayısının 1'e yakın olması bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni açıklama yeteneğini göstermektedir. Yapılan regresyon analizlerinde %95 güven aralığı esas alınmıştır. Regresyon eşitliğinin elde edilmesinde ilk olarak tüm deney ölçümlerinin normal dağılım gösterip göstermediği araştırılmıştır. Sonrasında deney parametreleri arasında herhangi bir korelasyonun olup olmadığı araştırılmış ve en sonunda da regresyon denklemi elde edilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA (RESULTS and DISCUSSION)

3.1. TİO ve Titreşim (Chip Slenderness Ratio and Vibration)

Elde edilen titreşim genlik değerlerinin yaklaşma açısına (K_r) göre değerlendirilmesinde Şekil 4'teki grafikler elde edilmiştir.

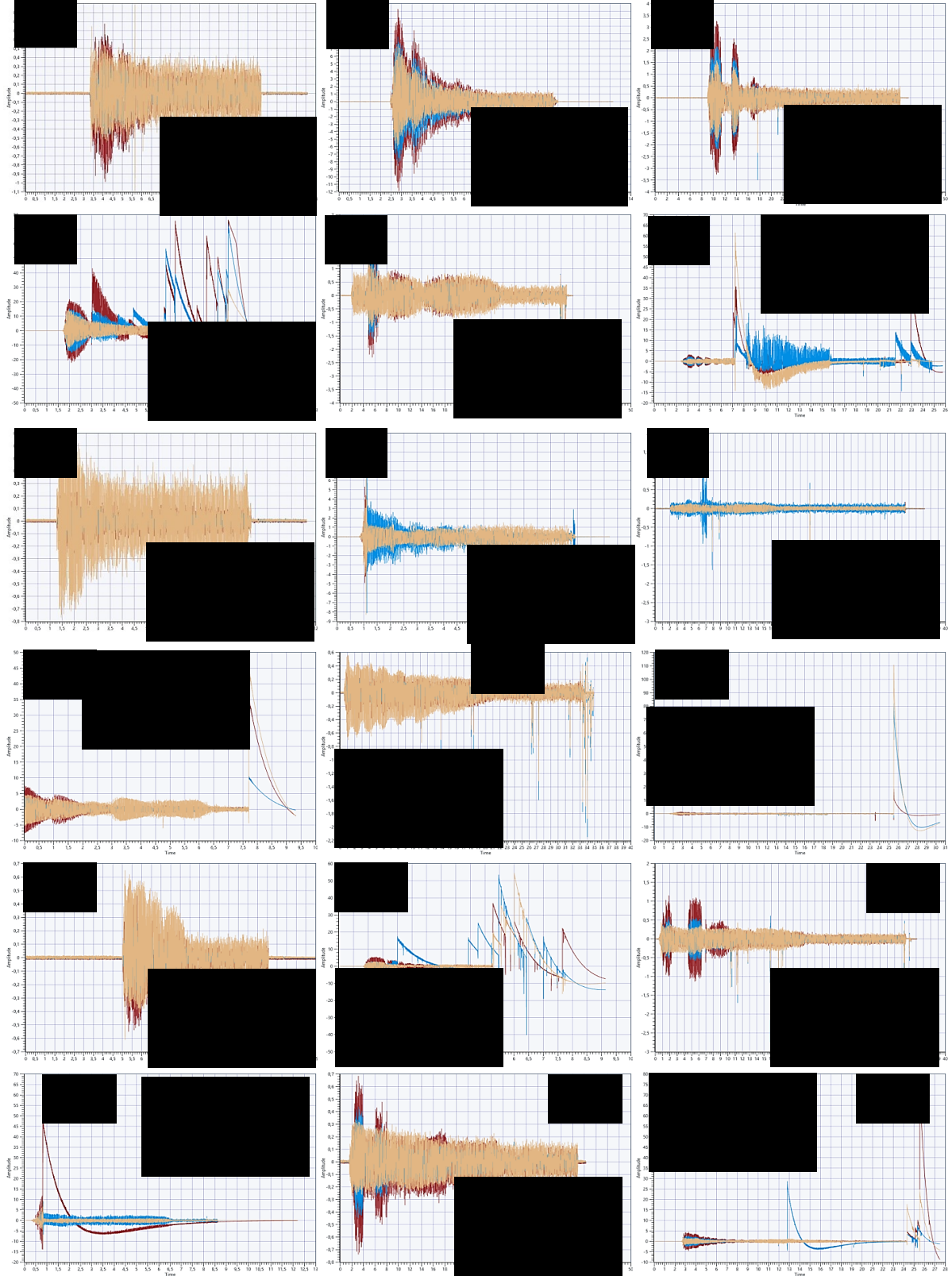


Şekil 4. X, Y ve Z doğrultularındaki genlik değerleri grafiği

Şekil 4 (a)'da görüldüğü üzere genlik şiddeti olarak 4, 10 ve 14 nolu deneylerde en yüksek titreşim genlik değerleri elde edilmiştir. Şekil 5 (a) ve (b) ve Şekil 5 grafikleri birlikte değerlendirildiğinde yüksek ilerleme ve talaş derinliği ile birlikte yaklaşma açısının küçük olduğu durumlarda (15°) en yüksek titreşimin oluştuğu görülmektedir. Ayrıca 45° lik yaklaşma açısında da (Şekil 4 a ve b) görüldüğü üzere yüksek titreşim değerleri oluşmakta, yüksek ilerleme ve talaş derinliklerinde en düşük titreşim değerlerinin 30° lik yaklaşma açısında oluştuğu görülmektedir. Bu sonuçlar yüksek ilerleme ve talaş derinliklerinde, düşük ve yüksek yaklaşma açılarının iyi sonuç vermediğini göstermektedir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da titreşimin ilerleme hızı, kesme hızı ve talaş derinliğine bağlı olarak doğrusal bir etki yaptığını belirtmektedir. Ancak talaş derinliğinin etkisinin ihmal edilebilecek seviyede olduğunu söylemektedir [20]. Burda da talaş derinliğinden daha ziya de etkinin ilerleme ile elde edildiği kanaatindeyiz.

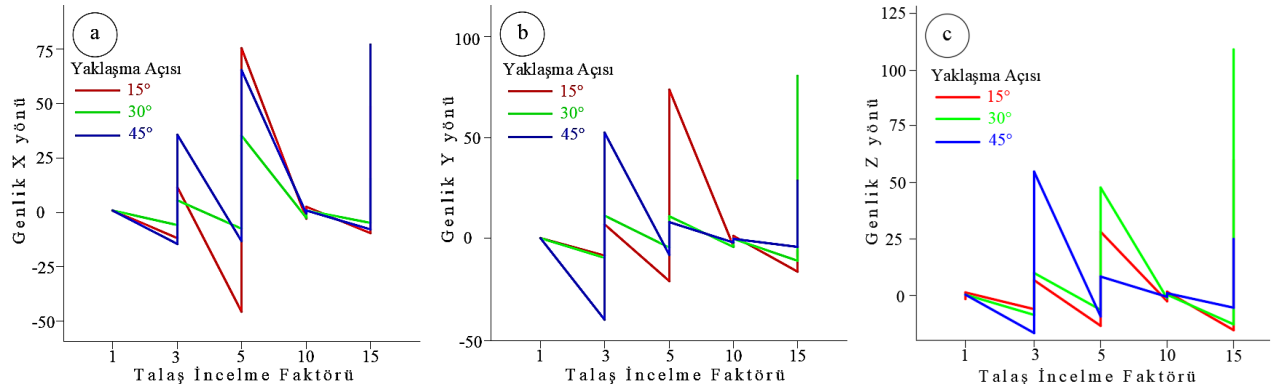
Tüm deneylerden elde edilen ve işlem sırasında elde edilen 18 deney numunesine ait titreşim grafikleri Şekil 5'te gösterilmektedir.

Şekil 5 incelendiğinde yaklaşma açısının 15° ve 45° değerlerinde çok daha yüksek kararsızlıklar görülmektedir. Bu açılardaki kararsız olmayan ve daha dengeli titreşim değerlerinin elde edildiği durumların ise, TİO'nun 1 (şekil 4 te 13, 7 ve 1 nolu grafikler) veya 10 (şekil 4 te 17, 11 ve 5 nolu grafikler) olduğu durumlar olduğu görülmektedir. Tüm durum ve şartlarda en dengeli durum ise 30° lik yaklaşma açılarında elde edilmiştir.



Şekil 5. Farklı TİO ve yaklaşma açılara sahip tornalanan parçalara ait titreşim grafikleri

TİO olarak karşılaştırma yapıldığında ise X, Y ve Z yönlerindeki ölçülen genlik değerlerinin talaş incelleme faktörü bakımından grafikleri Şekil 6'da verilmektedir.

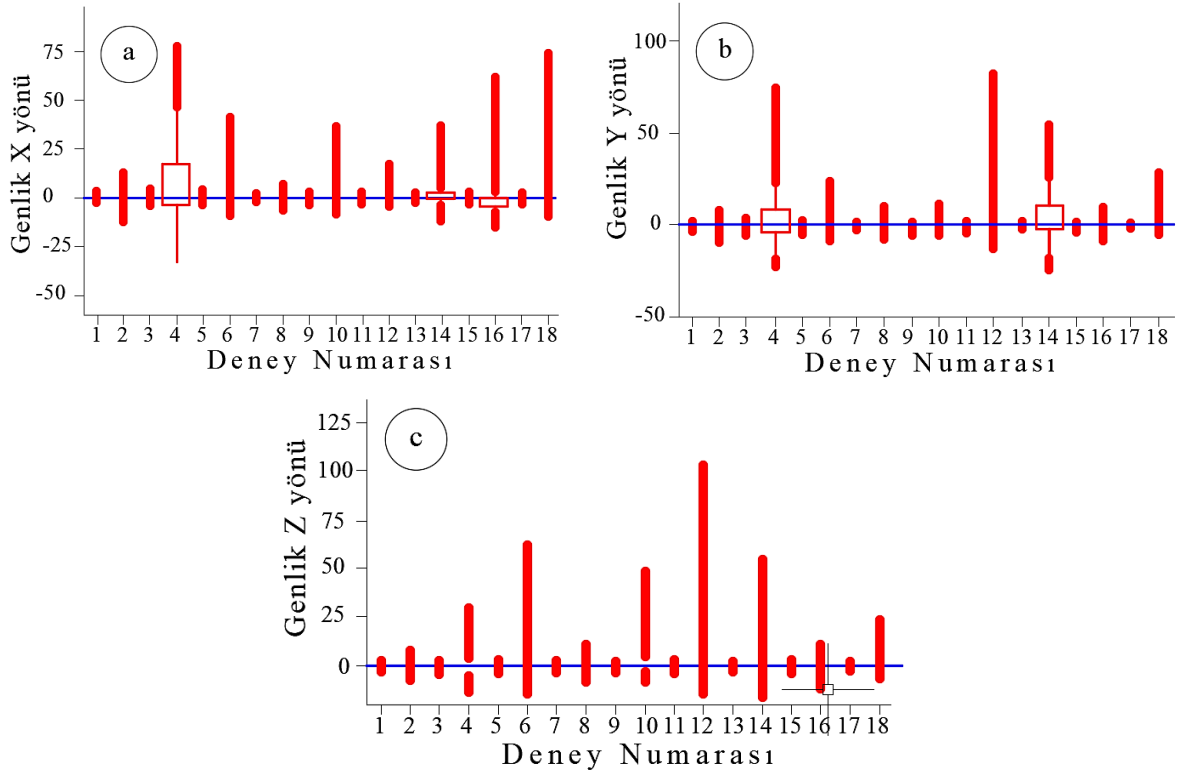


Şekil 6. Talaş incelme faktörlerinin yaklaşma açılarına göre titreşim grafikleri [17,18]

Şekil 6 a, b ve c incelendiğinde her üç yönde de TİO'nun 1 ve 10 olduğu durumlarda (1, 7, 3, 5, 11, 17 nolu deneyler) (Tablo 1) en düşük titreşimin olduğu görülmektedir. TİO'nun 1 ve 10 olduğu durumlarda yaklaşma açısının etkisiz olduğu da ayrıca görülmektedir. Ayrıca tüm talaş incelme oranının her değerinde (1,3,5,10 ve 15) yaklaşma açısının 30^0 olduğu durumlarda en kararlı ve dengeli genlik değerlerinin olduğu, 15^0 ve 45^0 derecelik yaklaşma açıları ise genlik değerleri arasında aşırı bir değişimin olduğu görülmektedir. Diğer taraftan genlik şiddetleri X, Y ve Z yönü bakımından TİO'nun her değeri diğer yönlerdeki (X,Y Z) değerleri bakımından karşılaştırıldığında, en düşük genlik şiddetinin Z yönünde (Şekil 6 c) en yüksek genlik şiddetlerinin ise Y yönünde olduğu görülmektedir (Şekil 6 b). Bu yön daha önce de ifade edildiği üzere ilerleme doğrultusudaki ölçülen genlikler olduğundan TİO'na en fazla ilerleme değerinin etki ettiği ve yüksek titreşimlere neden olduğu görülmüştür. Literatürdeki çalışmalara paralellik arzeden bu durum [7] ilerleme değeri ile TİO arasındaki ilişkiye odaklanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Deney şartları incelendiğinde TİO oranının 10 olduğu durum en düşük ilerleme değerleridir. TİO nun 1 olduğu değerler ise ilerlemenin en yüksek olduğu ancak buna karşın talaş derinliğinin de en düşük olduğu işleme şartları olduğunu görmekteyiz. Bu durumda bizim kanaatimiz, TİO'nun 1 ve 10 olduğu durumlardaki işleme zamanları karşılaştırıldıktan sonra en kısa işleme zamanını sağlayan TİO'nun değeri seçilerek tormalama operasyonu yapılmalıdır. Daha önce titreşim üzerine talaş derinliğinin çok az bir etkiye sahip olduğu belirtilmiş ve bu yönde literatürdeki araştırmalar da [20] buna paralel sonuçlar elde edildiği ifade edilmişti. Burada uygulamada genel olarak ilerlemenin en yüksek değerlerinin TİO'da tercih edilmesi gerektiği kanaati oluşmaktadır. Ancak yüzey pürüzlülüğünün çok önemli olduğu durumlarda ise TİO'nun 10 olduğu kesme parametreleri seçilebilir. Zülküf ve arkadaşının yaptığı çalışmada da [17] TİO 10 olduğu durumda yüzey pürüzlülüğünde buna paralel olarak en düşük değerlerin elde edildiği görülmüştür ve bu iddiamızı destekler mahiyettedir.

Ayrıca, Şekil 6 incelendiğinde titreşim üzerine en büyük kararsızlıkların 3 farklı yaklaşma açısında da en kötü olarak, TİO'nun 5 olduğu ve en düşük kararsızlıkların ve en stabil durumların ise TİO'nun 1 ve 10 olduğu durumlarda olduğu görülmektedir. Yapılan bir çalışmada [17], TİO ile talaş morfolojisi arasındaki incelenmiş ve daha az tırtıklı, deformasyon çatlaklarının daha az ve lamelli tip düzgün bir talaş oluşumunun elde edildiği deney şartlarının yaklaşma açısının 30^0 olduğu durumda olduğu görülmüştür. 15^0 ve 45^0 lik yaklaşma açıları daha tırtıklı, ciddi deformasyon çatlaklarının olduğu talaş yapısı elde edilmiştir. Literatürdeki bu sonuçlara göre şekil 6'daki grafikler incelendiğinde, 30^0 'lik yaklaşma açıları en stabil durumun oluşmasının elde edilen talaş yapısından dolayı ve 30^0 'lik yaklaşma açısında daha düzgün, daha az tırtıklı ve deformasyon çatlaklarının en az olduğu talaş şekli elde edildiğinden dolayı olduğu kanaatindeyiz.

Titreşim şiddetlerinin, deney numarasına göre sıralanması ile elde edilen sonuçlar Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Deney grupları arasındaki genlik farkları

Şekil 7 incelendiğinde en büyük titreşim genlik değerlerinin Y yönünde olduğu görülmektedir. Y yönü işlemede ilerleme yönü doğrultusu olduğundan dolayı en büyük titreşim değerlerinin Y yönünde olması doğaldır. Hem talaş kalınlığı hem de uzunluğu, sert tormalama işlemlerinde ilerleme hızı ile önemli ölçüde dalgalanır [21]. Radyal kuvvet doğrultusu olan X yönünde ve esas kesme kuvveti (F_c) yönü olan Z yönündeki titreşim değerleri daha düşük çıkmaktadır.

Ayrıca en düşük ilerleme değeri olan 0,1 mm/dev değerine sahip 3, 5, 9, 11, 15 ve 17 nolu deneylerde (Tablo 1) X, Y ve Z yönündeki genlik değerlerinin tümünde talaş derinliği artmasına rağmen genlik değerlerinde çok büyük bir farklılığın oluşmadığı görülmektedir. Daha önceki çalışmalarda [20] da bu sonuç görülmüş ve talaş derinliğinin en az etkiye sahip olduğu belirtilmişti. Buradan titreşim üzerinde talaş derinliğine kıyasla ilerleme değerinin daha da etkin olduğu sonucu çıkarılabilir. Buna ek olarak ilerlemenin düşük olduğu bu deneylerde, yaklaşma açısının da etkin olmadığı görülmekte ve aynı yaklaşma açısına sahip deneylerde (3-5 nolu deneylerde 15° , 9-11 nolu deneylerde 30° ve 15-17 nolu deneylerde 45°) titreşim genlik değerlerinde eşit düzeyde titreşimlerin her üç yönde de (X,Y ve Z) elde edildiği görülmektedir.

Tablo 1 değerlerinde, en yüksek ve aynı talaş incelleme faktörü değerlerine sahip ($T\dot{I}O=15$ ve ilerleme 0,15 mm/dev, talaş derinliği 2,25 mm) deneyler 6, 12 ve 18 numaralı deneylerdir. Bu deneyler incelendiğinde (şekil 7) genlik X, Y ve Z değerlerinin yüksek değerlerde çıktığı gözlenmiştir. Bu da bize, düşük ilerleme değerlerinde ve yüksek talaş derinliklerinde talaş incelleme oranının yüksek çıkmasına bağlı olarak titreşimlerin şiddetinin arttığını göstermektedir. Ancak AISI 1050 malzemenin alüminyum malzemeye göre daha sert yapıda olması Sudjatmiko'nun çalışmasındaki gibi lineer bir eğrinin elde edilmesini zorlaştırmakta ve çok katı sonuçlara ulaşmamızı engellemektedir. Bu yönüyle de konu daha sert olan AISI 4140, impaks gibi çelik malzemelerde de araştırılma ihtiyacı doğurmaktadır. Bu durum talaş morfolojisinin incelenmesindeki önceki çalışmalarda da [17] sert malzemelerde görülmüştür ve $T\dot{I}O$ ile diğer kesme parametreleri, titreşim vb çıktı değerlerinin değerlendirilmesinde kesin ve katı kuralların ifade edilmesini zorlaştırmıştır.

Belirli talaş derinliği ve ilerlemenin seçilmesinden dolayı elde edilen talaş incelleme oranı ($T\dot{I}O$) değeri, özellikle sürekli talaş formuna sahip sünek çelik veya metalin kesilmesi işleminde talaşın şeklini etkileyecektir [22].

3.2. Regresyon Modeli (Regression Model)

Regresyon analizi öncesinde farklı değerlere sahip tüm parametrelerin uygulanmasındaki elde edilen titreşim değerleri şeklindeki sonuçların anlamlı bir şekilde birbirlerinden farklı olduğunun tespiti gerekmektedir. Bunun için yapılan değerlendirmelerde önem (Sig) değerlerinin güven katsayısı olan 0,05 değerinden küçük olması gerekmektedir. Tablo 2’de yapılan tüm deneylerden elde edilen her doğrultudaki (X, Y ve Z) önem (Sig) değerleri görülmektedir.

Tablo 2. Tüm deneylere ait “significant” değerleri

	Genlik Xg				Genlik Yg				Genlik Zg			
	Den.No	İstatistik	df	Önem (Sig)(P) değeri	Den.No	İstatistik	df	Önem (Sig)(P) değeri	Den.No	İstatistik	df	Önem (Sig)(P) değeri
	1	,197	93396	,000	1	,188	93396	,000	1	,173	93396	,000
	2	,218	84182	,000	2	,219	84182	,000	2	,233	84182	,000
	3	,217	279587	,000	3	,212	279587	,000	3	,138	279587	,000
	4	,123	77236	,000	4	,163	77236	,000	4	,209	77236	,000
	5	,123	256504	,000	5	,116	256504	,000	5	,065	256504	,000
	6	,360	165039	,000	6	,219	165039	,000	6	,381	165039	,000
	7	,125	74451	,000	7	,129	74451	,000	7	,146	74451	,000
	8	,154	65313	,000	8	,124	65313	,000	8	,115	65313	,000
	9	,073	237907	,000	9	,086	237907	,000	9	,083	237907	,000
	10	,342	59631	,000	10	,260	59631	,000	10	,340	59631	,000
	11	,075	223433	,000	11	,063	223433	,000	11	,125	223433	,000
	12	,329	194814	,000	12	,452	194814	,000	12	,449	194814	,000
	13	,249	95982	,000	13	,243	95982	,000	13	,243	95982	,000
	14	,301	58464	,000	14	,132	58464	,000	14	,329	58464	,000
	15	,136	231015	,000	15	,106	231015	,000	15	,070	231015	,000
	16	,371	78075	,000	16	,172	78075	,000	16	,187	78075	,000
	17	,095	270591	,000	17	,082	270591	,000	17	,058	270591	,000
	18	,412	175891	,000	18	,310	175891	,000	18	,392	175891	,000

Tablo 2’deki tüm deneylerde önem (Sig.) değerlerinin 0,05 değerinin altında olduğu görülmektedir. Bu da elde edilen tüm deneylerde seçilen parametrelere bağlı olarak elde edilen genlik değerleri için anlamlı bir farklılığın olduğu anlamına gelmektedir. Deneyler ile ilgili diğer bir husus elde edilen titreşim değerlerinin normal dağılım gösterip göstermediğinin tespit edilmesidir. Bu tespitın amacı; ölçülen titreşim değerlerinin parametrik veya nonparametrik olmasının tespit edilmesidir. Böylece elde edilecek sonraki istatistikî sonuçların analiz yöntemi belirlenip regresyon fonksiyonu elde edilecektir. Normal dağılımın tespit edilmesinde, ilk ve en önemli gösterge, elde edilen X,Y ve Z doğrultusundaki titreşim değerleri (Genlik Xg,Yg,Zg) analizinde çarpıklık ve basıklık değerleridir. SPSS programından örnek bir deneydeki, deneye ait değerler Tablo 3’te, yapılan bu çalışmadaki tüm deneylere ait basıklıklık ve çarpıklık değerlerinin toplu gösterimi Tablo 4’te görülmektedir.

Tablo 3. Genlik değerlerinin çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerleri tablosu

		<i>İstatistik</i>	<i>Std.Hata</i>	
Genlik Xg	Ortalama	-0,003720097	0,0003738872	
	95% Ortalama için anlamlık değeri	Alt Sınır	-0,004452912	
		Üst Sınır	-0,002987282	
		Medyan	-0,003513318	
	Standart Sapma	0,1142627582		
	Çarpıklık	-0,994	0,008	
	Basıklık	8,378	0,016	

Tablo 4. Tüm deneylere ait Genlik Xg için çarpıklık (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerleri

<i>Deney No</i>	<i>Değerler</i>	<i>Deney No</i>	<i>Değerler</i>	<i>Deney No</i>	<i>Değerler</i>
1	Çarpıklık -0,994	7	Çarpıklık -0,331	13	Çarpıklık -0,457
	Basıklık 8,378		Basıklık 3,287		Basıklık 10,021
2	Çarpıklık -0,022	8	Çarpıklık 0,270	14	Çarpıklık 1,816
	Basıklık 12,812		Basıklık 70,242		Basıklık 2,593
3	Çarpıklık 0,017	9	Çarpıklık -2,850	15	Çarpıklık -0,112
	Basıklık 31,024		Basıklık 176,949		Basıklık 20,196
4	Çarpıklık 0,576	10	Çarpıklık 3,330	16	Çarpıklık 3,581
	Basıklık 0,470		Basıklık 11,683		Basıklık 14,267
5	Çarpıklık 0,004	11	Çarpıklık -0,556	17	Çarpıklık -0,492
	Basıklık 14,314		Basıklık 8,269		Basıklık 4,526
6	Çarpıklık 3,587	12	Çarpıklık 5,540	18	Çarpıklık 6,406
	Basıklık 14,568		Basıklık 39,143		Basıklık 45,178

Tablo 4'te sadece X yönündeki genlik ölçümlerine ait "çarpıklık" ve "basıklık" değerleri verilmiştir. Burada herhangi bir ölçüm verisinin normal dağılım göstermemesi tüm değerlerin nonparametrik olduğunu göstermektedir. Yapılan daha önceki çalışmalarda bu değerlerin -1,96 ve +1,96 değerleri arasında [24], +1 ve -1 değerleri arasında [25], +1,5 ve -1,5 değerleri arasında [25] ya da +2 ve -2 [26] değerleri arasında olması, elde edilen ölçüm değerlerinin normal dağıldığının göstergesi olarak değerlendirilmiştir. Tablo 4'teki değerlerde çarpıklık ve basıklık değerlerinin bu aralıktaki değerlerin dışında olduğu görülmektedir. Ayrıca diğer analizler yöntemleri olan histogram eğrileri grafikleri ve normal Q-Q testlerinde ölçülen X,Y ve Z yönündeki elde edilen genlik değerleri bizlere titreşim genlik değerlerinin normal dağılım şeklinde gerçekleşmediğini göstermiştir.

Regresyon işlemi öncesinde normal dağılım göstermeyen ve non parametrik olduğu belirlenen gruplar arasındaki ilişkinin de incelenmesi ve deney numarası olarak gösterilen grupların birbiri ile ilişkili olup olmadığı, başka bir tanımla her grubun ayrı davranış sergileyip sergilemediklerinin incelenmesi gerekmektedir. SPSS programında yapılan analizde Tablo 5'te gösterilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 5. X, Y ve Z yönlerindeki genlik ölçümlerinin ilişkisel analizi

Hipotez Testi Özeti				
	Benzerlik hipotezleri	Test Cinsi	Önem (Sig.) değeri	Karar
1	Genlik X yönü'nün dağılımı, Deney No kategorileri arasında aynıdır.	Kruskal-Wallis bağımsız örnek testi	,000	Benzerlik hipotezi red
2	Genlik Y yönü'nün dağılımı, Deney No kategorileri arasında aynıdır.	Kruskal-Wallis bağımsız örnek testi	,000	Benzerlik hipotezi red
3	Genlik Z yönü'nün dağılımı, Deney No kategorileri arasında aynıdır.	Kruskal-Wallis bağımsız örnek testi	,000	Benzerlik hipotezi red

Tablo 5'te görüldüğü üzere tüm ölçüm yönlerinde (X, Y ve Z) elde edilen değerlerin benzerlik hipotezlerinin red edildiği (sarı bölge-H₀ hipotezi red) ve önem (Sig.) değerlerinin 0,05 değerinden küçük olması nedeniyle tüm yönlerdeki ölçüm gruplarının (1-18) birbirinden farklı gruplar olduğu ve birbirinden farklı davranış sergilediği anlaşılmaktadır.

Belirtme katsayısı şekliyle tanımlanan R² sayısı, bir deney setinde seçilen bağımsız değişkenlerin ölçüm sonucu olan değerleri ifade eden bağımlı değişkeni açıklama oranı olarak tanımlanmaktadır. Yapılan analizlerde SPSS de elde edilen R² değerleri X yönüne bağlı olarak %88.7, Y yönüne bağlı olarak %89.6 ve Z yönüne bağlı olarak %89.3 olarak saptanmıştır. Bu değerler her üç yönde seçilen kesme parametrelerinin (bağımsız değişkenlerin) ölçülen her yöndeki (X, Y ve Z) titreşim genlik değerlerini (bağımlı değişken) bu değerlerde ifade edebildiklerini göstermektedir. Bu sonucun 1'e yakın olması da bu açıklama oranının güçlü olduğunu göstermektedir.

Elde edilen regresyon modelinin anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla her üç yöndeki elde edilen genlik değerlerine yönelik ANOVA analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 6, 7 ve 8'de görülmektedir.

Tablo 6. X yönünde elde edilen titreşim değerleri (Genlik X) ANOVA analizi

ANOVA^a						
	Model	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem değ.
	Regresyon	976597,692	3	325532,564	11754,971	,000 ^b
1	Hata	75365807,777	2721457	27,693		
	Toplam	76342405,468	2721460			

a. Bağımlı değişken: Genlik X yönü

b. Değişkenler: (Sabit), Talaş Derinliği mm, Yaklaşma açısı, İlerleme mm/dev

Tablo 7. Y yönünde elde edilen titreşim değerleri (Genlik Y) ANOVA analizi

ANOVA ^a					
Model	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem değ.
1	Regresyon	3	172454,452	9893,538	,000 ^b
	Hata	2721458	17,431		
	Toplam	2721461			

a. Bağımlı değişken: Genlik Y yönü

b. Değişkenler: (Sabit), Talaş Derinliği mm, Yaklaşma açısı, İlerleme mm/dev

Tablo 8. Z yönünde elde edilen titreşim değerleri (Genlik Z) ANOVA analizi

ANOVA ^a					
Model	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	Önem değ.
1	Regresyon	3	80813,763	5180,902	,000 ^b
	Hata	2721481	15,598		
	Toplam	2721484			

a. Bağımlı değişken: Genlik Z yönü

b. Değişkenler: (Sabit), Talaş Derinliği mm, Yaklaşma açısı, İlerleme mm/dev

ANOVA analizine ait yukarıda verilen tablolarda belirtilen önem (Sig.) değerlerinin 0,05 değerinden küçük olması, elde edilen denklemin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifadeyle %95 güven aralığında olduğunu ifade etmektedir. Tüm yönlerdeki önem (Sig.) değerlerinin 0,000 olduğu görülmekte ve bu sonuç ta oluşturulmuş model denklemlerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Son olarak her üç yöndeki elde edilen regresyon denklemlerine ait her değişkenin katsayılarının tespiti yapılmış ve elde edilen tüm katsayılar Tablo 9, 10 ve 11’de verilmiştir.

Tablo 9. X yönü ile elde edilen regresyon modeli katsayılar tablosu

Katsayılar ^a						
Model	Standart olmayan Kat.		Standart Katsayılar		Önem değ.	
	B	Std. hata	Beta	t		
1	(Sabit)	-0,628	0,010		-60,993	0,000
	Yaklaşma açısı	-0,005	0,000	-0,011	-18,377	0,000
	İlerleme mm/dev	1,858	0,020	0,057	93,088	0,000
	Talaş Derinliği mm	0,649	0,005	0,087	141,884	0,000

a. Bağımlı değişken: Genlik X yönü

Tablo 10. Y yönü ile elde edilen regresyon modeli katsayılar tablosu

Katsayılar^a					
Model	Standart olmayan Kat.		Standart Katsayılar		Önem değ.
	B	Std. hata	Beta	t	
(Sabit)	-0,460	0,008		-56,328	0,000
1 Yaklaşma açısı	-0,003	0,000	-0,008	-13,460	0,000
İlerleme mm/dev	1,827	0,016	0,071	115,421	0,000
Talaş Derinliği mm	0,375	0,004	0,063	103,327	0,000

a. Bağımlı değişken: Genlik Y yönü

Tablo 11. Z yönü ile elde edilen regresyon modeli katsayılar tablosu

Katsayılar^a					
Model	Standart olmayan Kat.		Standart Katsayılar		Önem değ.
	B	Std. Hata	Beta	t	
(Sabit)	-0,547	0,008		-70,813	0,000
1 Yaklaşma açısı	0,007	0,000	0,021	34,825	0,000
İlerleme mm/dev	0,936	0,015	0,038	62,510	0,000
Talaş Derinliği mm	0,302	0,003	0,054	88,073	0,000

a. Bağımlı değişken: Genlik Z yönü

Tablo 9, 10 ve 11 incelendiğinde her üç yönde de titreşim üzerine en büyük etkinin sırasıyla ilerleme, talaş derinliği ve yanaşma açısı olduğu görülmektedir. Önem (Sig.) değerlerinin tüm yönlerde ve parametrelerde 0,05 değerinden küçük olması da her parametrenin denklem içinde anlamlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Ayrıca ilerleme değerinin etkisi X ve Y yönlerinde daha çok etkisini göstermekte, Z yönünde bu etkinin en fazla olmasına rağmen biraz düştüğünü görmekteyiz. Talaş derinliği olarak X yönünde en büyük etki görülmekte, Y ve Z yönünde ise talaş derinliğinin titreşim üzerine benzer etki yaptığı görülmektedir. Yaklaşma açısının tüm yönlerde en düşük etkiye sahip olduğu ve her üç yönde de birbirine yakın etkiler oluşturduğu da ayrıca anlaşılmaktadır. Bu sıralamalar benzer çalışmalarda da benzer şekilde bulunmuştur [10, 13, 27]. Ancak Sudjatmiko ve arkadaşlarının çalışmasına paralel olarak [7] Uç radüsü ve yüzey pürüzlülüğü formülü beraber düşünüldüğünde burun radüsü ve ilerleme arasında birebir ilişki bulunduğu gözönüne alınırsa, TİO oranı ve ilerleme arasında da güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Yine aynı çalışmada [7], 0.8 mm. burun radüsü, 1150 dev/dak. devir sayısı ve 0.5 mm talaş derinliğinde elde edilen regrasyon modeline göre en yüksek TİO oranı olarak 10.14 bulunmuştur. TİO'nın bu değerinde Ra=1.12 µm, ve 0.3 mm serbest (yan) kenar aşınma değeri elde edilmiştir. Bu değer Zülküf ve arkadaşının yaptığı çalışmada [17], 30°'lik yaklaşma açısında yan kenar aşınma miktarına (Vb=0.2658 mm) yakın olarak elde edilmiştir.

TİO oranı ve yaklaşma açısı beraber düşünüldüğünde oluşturulan regresyon analizinde her üç yönde de elde edilen R² değerleri çok küçük değerlerde çıkmıştır. Bu sonuç elde edilen modellerin genlik değerlerini açıklamada yetersiz olduğunu göstermiştir.

Tüm analizler sonucunda oluşturulan regresyon modellerinden X, Y ve Z yönündeki titreşim değerleri üzerine elde edilen denklemler sırasıyla 2, 3 ve 4 nolu denklemlerde görülmektedir.

$$GXg=-0,628+1,858*f+0,649*a-0,005*Kr \quad 2$$

$$GYg=-0,460+1,827*f+0,375*a-0,003*Kr \quad 3$$

$$GZg=-0,547+0,936*f+0,302*a+0,007*Kr \quad 4$$

4. SONUÇ ve ÖNERİLER (CONCLUSION and SUGGESTIONS)

TİO, ilerleme, talaş derinliği ve yaklaşma açısının titreşim üzerine etkisi ve oluşturulan regresyon modeli ile ilgili elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Titreşim değerleri ile ilgili tüm deneylerde yaklaşma açısının 15^0 ve 45^0 değerlerinde çok daha yüksek kararsızlıklar görülmüştür. Bu açılardaki kararsız olmayan ve daha stabil titreşim değerleri talaş incelme oranının 1 ve 10 olduğu durumlardır. Titreşim değerlerinin en stabil şekli, TİO'nun tüm değerlerinde yaklaşma açısının 30^0 olduğu tornalama işlemleridir. Bu durumun elde edilen talaş morfolojisi ile ilgili olduğu, 30^0 lik yaklaşma açısında tırtıklı ve deformasyon çatlaklarının en az büyüklükte elde edilmesinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.
- Yüksek ilerleme ve talaş derinliği olan durumlarda yaklaşma açısının küçük (15^0) ve büyük (45^0) olduğu durumlarda en yüksek titreşim değerleri elde edilmiştir. Düşük talaş derinliği ve ilerleme oranlarında ise yaklaşma açısının etkisinin çok azaldığı görülmüştür. Düşük ilerleme ve talaş derinliklerinde hem kesme kuvvetlerinin daha az hem de daha düzgün talaş yapısı elde edilmesi neticesinde titreşim değerlerinin düşük değerlerde oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Her üç yönde de talaş incelme faktörünün 1 ve 10 olduğu durumlarda en düşük titreşimin olduğu görülmektedir. TİO'nun 1 ve 10 olduğu durumlarda yaklaşma açısının etkisiz olduğu da ayrıca görülmüştür. Buradan hareketle işleme zamanı bakımından bu katsayılarla kullanılan kesme parametrelerine göre hesaplama yapılarak en az iş zamanını sağlayan kaysayı seçilmelidir.
- TİO'nun tüm değerlerinde yaklaşma açısının 30^0 olduğu durumlarda en kararlı ve stabil genlik değerleri elde edilmiştir ve buna paralel olarak 15^0 ve 45^0 derecelik yaklaşma açılarında ise genlik değerleri arasında aşırı bir değişimin olduğu görülmüştür. Bu durumun elde edilen ve literatürce de desteklenen düzgün talaş yapısının 30^0 lik yaklaşma açısında oluşmasından kaynaklandığı söylenebilir.
- En yüksek titreşim değerleri ilerleme yönündeki (Genlik Y) ölçümlerde elde edilmiştir. Bu da regresyon modeli ve daha önce yapılmış çalışmalarla uyumludur.
- TİO'nun 5 olduğu durumlarda oluşan talaşlarda daha çok tırtıklı yapının olduğu gözlenmiştir. TİO ve yaklaşma açısı beraber değerlendirildiğinde ise talaş biçimiyle ilgili herhangi bir yargıya varılamamıştır.
- Aynı TİO'na sahip deneylerde, daha yüksek talaş derinliklerine sahip TİO değerlerinde titreşim şiddetinin arttığını görülmektedir. Bu durumun artan talaş kesiti ve buna bağlı olarak talaş hacminin artışının sonucu olduğu düşünülmektedir.
- Yapılan analizlerde R^2 değerleri, X yönüne bağlı olarak %88.7, Y yönüne bağlı olarak %89.6 ve Z yönüne bağlı olarak %89.3 olarak saptanmıştır.
- Titreşim değerlerinin her üç yönde de elde edilen değerlerine bağlı olarak oluşturulan regresyon modelinde en büyük etkinin ilerleme, daha sonra talaş derinliği ve en az etkinin takım yaklaşma açısı olduğu görülmüştür. Bu durum literatür ile de uyumlu olarak elde edilmiştir.
- TİO ile oluşturulan regresyon modellerinde anlamlı bir modele ulaşılamamıştır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Bu çalışmada kendisiyle beraber birçok kısmını beraber yürüttüğüm ve geçen yıl yakalandığı COVID hastalığı nedeniyle aramızdan ayrılan değerli çalışma arkadaşım Doç.Dr.Zülküf DEMİR'e minnettarlığımı bildirirken, kendisine Allah'tan rahmet, yakınlarına sabırlar diliyorum.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1]. Liu, R., Eaton, E., Yu, M., Kuang, J. (2017). An investigation of side flow during chip formation in orthogonal cutting. *Procedia Manufacturing*, 10, 568-577.
- [2]. Sekulic, S. (1979). Investigation of tangential forces in metal cutting by dimensional analysis. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 20 (2), 155-164.
- [3]. M. C. Shaw. (1997). *Metal Cutting Principles*. Oxford University Press
- [4]. P. L. B. Oxley. (1989). *The Mechanics of Machining: An Analytical Approach to assessing Machinability*. Ellis Horwood, Chichester, UK.
- [5]. V. Pednekar, V. Madhavan, A. H. Adibi-Sedeh. (2004). Investigation of the transition from plane strain to plane stress in orthogonal metal cutting. In *ASME 2004 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*, 513-528
- [6]. K. Nakayama, M. Arai. (1987). Burr formation in metal cutting. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 36(1), 33-36
- [7]. Sudjatmiko, S., Rudy, S., Agus, S., Moch, A. C. (2019). Correlation of surface roughness, tool wear, and chip slenderness ratio in the lathe process of aluminum alloy-6061. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, (4 (1)), 54-60.
- [8]. Prasad, B. S., Babu, M. P. (2017). Correlation between vibration amplitude and tool wear in turning: Numerical and experimental analysis, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20, 197-211.
- [9]. Çelik, Y. H., Alp, M. S. (2020). Determination of milling performance of jute and flax fiber reinforced composites. *Journal of Natural Fibers*, 1-15.
- [10]. Gürbüz, H., Baday, Ş. (2019). CNC Torna Tezgâhlarında ayna ve punta basıncının yüzey pürüzlülüğü ve titreşim üzerine etkisinin taguchi metodu ile optimizasyonu. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 119-134.
- [11]. Şahinoğlu, A., Güllü, A. (2015). CuZn39Pb3 malzemenin torna tezgâhında işlenmesinde oluşan akım, ses şiddeti, titreşim ve yüzey pürüzlülük değeri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 23(3), 615-624.
- [12]. Kuntoğlu, M., Aslan, A. (2021). AISI 5140 Çeliğinin tornalanması esnasında yaklaşma açısı ve kesme parametrelerinin işlenebilirliğe etkisinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 1-1, DOI: 10.2339/politeknik.710376
- [13]. Şıklar, E., (2000). *Regresyon Analizine Giriş*, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- [14]. Asiltürk İ, Akkuş H. (2012). AISI 4140 çeliğinin sert tornalama işleminde kesici takım aşınmasının regresyon yöntemi ile istatistiksel olarak modellenmesi. 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi- 29-30. 258-268.
- [15]. Kara, F., Özbek, O., Kam, M. (2017). Saruhan, H. Optimization by Taguchi method of surface roughness and vibration in turning of AISI 4140 steel. In *II. International Academic Research Congress*. 1132-1140.
- [16]. Rogov, V. A., Siamak, G. (2013). Optimization of surface roughness and vibration in turning of aluminum alloy AA2024 using taguchi technique. *International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering*, 7(11), 2330-2339

- [17]. Demir, Z., Adiyaman, O. (2019). Investigation of the effect of Chip Slenderness Ratio and Cutting Tool Approach Angle on Vibration Amplitudes and Chip Morphology. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 15(4), 423-431.
- [18]. Demir, Z., Adiyaman, O. (2019). Investigation of influence of approach angle and chip slenderness ratio on vibration, chip formation and surface quality in turning of AISI 1050 steel. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(10), 1-15.
- [19]. Kronenberg M., (1996) *Machining science and application theory and practice for operation and development of machining processes*, Arrowsmit Ltd. UK, 170-182.
- [20]. Zhang G, Guo C. (2015). Modeling of cutting force distribution on tool edge in turning process. *Procedia Manuf* 1: 454–465
- [21]. Bordin A, Bruschi S, Ghiotti A. (2014). The effect of cutting speed and feed rate on the surface integrity in dry turning of CoCrMo alloy. *Procedia CIRP* 13: 219–224
- [22]. Childs, T., Maekawa, K., Obikawa, T., & Yamane, Y, Tool damage. (2000). *Metal Machining*, 118-135
- [23]. Kim, H.-Y. (2013). Statistical notes for clinical researchers: assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis. *Restorative Dentistry & Endodontics*, 38(1), 52–54.
- [24]. Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. (2013). *Multivariate Data Analysis*. Essex, England.
- [25]. Tabachnick, B. G., Fidell, L. S. (2013). *Using multivariate statistics: International edition*. Pearson 2012.
- [26]. George, D. (2011). *SPSS for windows step by step: A simple study guide and reference*, 17.0 update, 10/e. Pearson Education India
- [27]. Okan, O. R. A. L., Çolak, O., Bayhan, M. (2020). Ti6Al4V Malzemesinin Frezelenmesinde Takım Titreşiminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1), 381-390.