



## 7075 Alüminyum Malzemenin Çift Milli Freze ile İşlenmesi Sırasında En Uygun Kesici Parametrelerinin Belirlenmesi

### Determination of Optimum Cutting Parameters during Operation with a Double Spindle Milling Machine of 7075 Aluminum Material

Hakan Arslan<sup>1\*</sup>, Faruk Onmaz<sup>2</sup>, Sadettin Orhan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale, TÜRKİYE

<sup>2</sup>KOSGEB Kocaeli Doğu Müdürlüğü, İzmit Kocaeli, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 25/10/2023

Kabul / Accepted: 27/11/2023

Çevrimiçi Basım / Published Online: 31/01/2024

Son Versiyon/Final Version: 31/01/2024

#### Öz

Bu çalışmada, savunma sanayinde kullanılan 7075 alüminyum alaşım iş parçasının iki yüzeyi 120 derece açıyla aynı anda Çift Milli Freze tezgâhı ile 3 farklı kesme hızı ve freze devirlerinde, kaplamasız karbür kesici uçlar kullanılarak işlenmiştir. Frezeleme sırasında oluşan titreşim ve iş parçası yüzey pürüzlülüğü değerleri arasındaki ilişkinin tespit edilmesi amacı ile freze devri ve ilerleme hızına bağlı olarak titreşim ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Deneyler esnasında titreşim değerleri ölçülerek kayıt altına alınmış ve her frezeleme işleminden sonra iş parçasının 6 farklı yerinden yüzey pürüzlülüğü ölçümü yapılmıştır. Titreşim seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü değerleri, devir ve ilerleme hızı değişimleri ile birlikte incelenmiş ve böylece en uygun titreşim seviyesi ve yüzey pürüzlülüğü değerleri için freze devri ve ilerleme hızı değişkenleri belirlenmiştir. Sonuç olarak 7075 Alüminyum malzemenin Çift Milli Freze’de aynı anda iki yüzeyinin 120° açıyla kaplamasız karbür 3 kesici uçla frezelenmesi işlemi için en uygun parametrelerin 3750 d/d freze devri ve 0.54 m/d ilerleme hızı olduğu tespit edilmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

“7075 Alüminyum, Frezeleme, Titreşim, Yüzey Pürüzlülüğü”

#### Abstract

In this study, two surfaces of the 7075 Aluminum alloy workpiece used in the defence industry were milled at 120-degree angles simultaneously by a double spindle milling machine at three different cutting speeds and milling cycles using uncoated carbide inserts. Vibrations and surface roughness were measured based on milling cycles and feed rate for the purpose of correlation between vibrations and workpiece surface roughness values during the milling process. During the experiments, vibration values were measured and recorded and after every milling process, the surface roughness was measured from 6 different places of the milled workpiece. Vibration level and surface roughness values were examined with the speed and feed rate changes. Thus, the milling speed and feed speed variables were determined for the most suitable vibration level and surface roughness values. As a result, it has been determined that the most suitable parameters for milling two surfaces of 7075 Aluminum material simultaneously on a Double Spindle Milling Machine with uncoated carbide 3-cutter inserts at an angle of 120° are 3750 rpm milling speed and 0.54 m/min feed rate.

#### Key Words

“7075 Aluminum, Milling, Vibration, Surface Roughness”

## 1. Giriş

Alüminyum ve alüminyum alaşımları, gitgide yaygınlaşan kullanımı ile günümüzde havacılık ve uzay sanayi, otomotiv, makine imalat, savunma sanayi, inşaat, beyaz eşya, ısıtma-soğutma vb. birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Kullanım alanına göre diğer malzemelere karşı üstünlükleri ve alaşım kabiliyeti ile istenilen özelliklerin elde edilebilmesi sayesinde alüminyum kullanımı giderek artmış ve demir-çelik kullanımıyla yarışır hale gelmiştir (Smith (2001)). Frezeleme yöntemi düzlem yüzey, kanal açma, hassas delik delme, dişli imalatı gibi kullanım şekilleriyle; otomotiv, makine imalat, havacılık ve uzay sanayi ve savunma sanayi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Diğer talaşlı imalat yöntemlerinde olduğu gibi frezeleme işleminde de imal edilen parçaların hassasiyeti, yüzey pürüzlülüğü ve ölçü olarak tamlığı çok önemlidir. İstenilen değerlere ulaşılabilmesi ve istenilen kalitede parçalar elde edilebilmesi için; kesme hızı, ilerleme miktarı, kesici uç tipi ve geometrisi, kesici uç sayısı, kesme derinliği, kesme sıvısı cinsi ve kullanımı gibi çok sayıda parametrenin en uygun değerlerinin belirlenmesi ve seçilmesi gerekmektedir. Günümüze kadar yapılan çalışmalarda özellikle kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin, diğer parametrelere göre işlem kalitesindeki payının daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Güllü (1995)), (Şahin (2000)).

İmalat kalitesini ve maliyetini etkileyen önemli etkenlerden biri de talaşlı imalat esnasında meydana gelen ve kontrol edilemeyen titreşimdir. Bu titreşim yüzey kalitesini, ölçü hassasiyetini, işlem maliyetini, makine ve tezgâh ömrünü, iş ve işçi güvenliğini, kesici takım ve kesici takım tutucusu ömrünü olumsuz etkilerken aynı zamanda gürültü kirliliğine de neden olmaktadır. Talaşlı imalatta titreşim temel olarak zorlanmış titreşim ve kendiliğinden titreşim olarak iki kısma ayrılabilir. Zorlanmış titreşim, tezgâhın kendi mekanik hareketlerinden ve bu mekanik hareketlerin birlikte oluşturduğu etkiden meydana gelen titreşimdir. Kendiliğinden doğan titreşim ise ve dış etkenlerden bağımsız olarak sadece talaş kaldırma işleminin bir neticesi olarak ortaya çıkan titreşimdir. Titreşimin talaşlı imalatla karşımıza çıkan etkilerinden biri de "Tırlama" dır. Yüzey kalitesini ve hassasiyetini bozan bu etki istenmeyen bir sonuçtur (Ay (2003)), (Yılmaz (2009)).

Torna ve freze tezgâhlarında talaş kaldırma işlemleri en çok incelenen işleme biçimleri olup, takım aşınması, titreşim, takım kırılması, talaş oluşumu ve tipi ile takım geometrisi en yaygın olarak ele alınan konulardır. Takım tezgâhlarında titreşimlerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalar 1960'lerden itibaren başlamıştır. 1970'lerden itibaren sanayide titreşim ölçümleri ile makinelerin durumları takip edilmeye çalışılmış, daha sonraki yıllarda ise titreşim ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki incelenmeye başlanmıştır. Yüzey kalitesi, takım ömrü ve tezgâh kararlılığında beklentinin sürekli artması üzerine bu konudaki çalışmalar daha da önemli bir hale gelmiş ve özellikle 2000'li yıllarda konu üzerine yoğun çalışmalar yapılmıştır. Her geçen gün konu ile ilgili yapılan çalışmalar artmaktadır.

Keong et al. (2006), 7075-T6 alüminyum alaşımını farklı kesme hızlarında işleyerek elde edilen sonuçları mukayeseli olarak karşılaştırmışlardır. Yapılan deneylerde, devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığını gözlemlemişlerdir. Orhan et al. (2007) değiştirilebilir uçlu freze çakısı ile soğuk iş takım çeliğini işlemede takım aşınması ile titreşim arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Lee et al. (2001) yüksek hızla frezeleme sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve bu esnada oluşan titreşimleri incelemişlerdir. Kesme sırasında oluşan titreşimlerin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkin bir parametre olduğunu tespit etmişlerdir.

Lou and Chen (1999) yaptıkları çalışmada freze ile işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü ile titreşim sinyalleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Takım ve iş parçasındaki üzerindeki ölçülen titreşimler "Bulanık Sistem" ile analiz edilmiştir. Analizlerin sonucunda devir sayısı, talaş derinliği ve titreşim ile yüzey pürüzlülüğü arasında bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ghani and Choudhury (2002) çalışmalarında, kesme hızı, ilerleme hızı ile talaş derinliği gibi kesme parametrelerinin ve takım üzerindeki titreşimin yan kenar aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Kim and Lee (2000) yüksek hızlarda orta frezeleme esnasında meydana gelen tırlama titreşimlerini incelemişlerdir. Değişik kesme şartlarında deney yaparak, meydana gelen tırlama titreşim değerlerini kaydetmişler ve ayrıca orta frezelemede tırlama tahmini için matematiksel bir model geliştirmişlerdir. Yılmaz et al. (2014) frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının modellenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Dilipak and Yılmaz (2012) AISI 1050 çeliğinin karbür takımlarla frezelenmesinde oluşan titreşimleri incelemişler ve titreşim seviyesini en çok etkileyen işleme parametreleri sırasıyla, kesici uç sayısı, ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı olduğu tespit edilmiştir. Artan titreşim ivme seviyelerinin, yüzey pürüzlülük değerlerinin de artmasına neden olduğu anlaşılmıştır.

Chun (2022) tarafından AL7075-T6 kanal frezelemede kesme koşullarına göre yüzey pürüzlülüğü ile titreşim arasındaki ilişki ve özellikler araştırılmıştır. Deneylerde iş mili hızı, ilerleme ve kesme derinliği bağımsız değişkenler olarak, ivme genliği ve yüzey pürüzlülüğü ise bağımlı değişkenler olarak seçilmiş ve iş mili hızı arttıkça, ilerleme yönüne dik yönde titreşim genliğinin arttığı ayrıca titreşimin genliği ile yüzey pürüzlülüğü arasında negatif bir korelasyon görülmüştür. Pham et al. (2020) çalışmada, A6061 alüminyum alaşımının karbür uçlu frezeleme takımı ile kuru kesme koşullarında yüksek hızda yüzey frezeleme deneyleri yapılmıştır. Takım ile talaş arasındaki temas uzunluğu, iş parçası titreşim genliği ve aritmetik ortalama yüzey pürüzlülüğü, değişen kesme koşulları (kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği) altında ölçülmüştür. Deneysel sonuçlar, artan kesme hızının takım-talaş temas uzunluğunu, iş parçası titreşimini ve yüzey pürüzlülüğünü azalttığını göstermiştir.

Amiruddin et al. (2023) yağlamanın frezeleme işleminde titreşim ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Önce darbe çekici ile serbest titreşim cevabı elde edilmiş, sonra kuru kesme, soğutucu ve yağla ıslak kesme olmak üzere üç farklı kesme koşulunda frezeleme deneyleri yapılmıştır. Freze kafasındaki titreşimleri kaydetmek için üç eksenli ivmeölçer kullanılmış ve yüzey pürüzlülüğü test cihazı kullanılarak yüzey pürüzlülüğü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, yağlayıcıyla frezelemede titreşim sinyal genliklerinin kuru kesmeye göre daha düşük olduğunu ve her iki yağlayıcı türü için de ıslak kesmede; kesme koşulu sabit kalırken,

kuru kesmede tırlama meydana geldiğini göstermiştir. Ayrıca ıslak kesme için yüzey pürüzlülüğünün kuru kesmeden daha iyi olduğunu ve en iyi pürüzlülük değerinin, soğutucunun yağlayıcısı ile ıslak kesme olduğunu tespit etmişlerdir. Abdelwahab (2023) tarafından bir CNC freze makinesinde alüminyum alaşım malzeme (AA5083) için işleme parametrelerinin hem titreşim sinyali hem de yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini incelemek ve yapay sinir ağı (YSA) tekniğine dayalı olarak titreşim sinyali ve yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için üç YSA modeli geliştirilmiştir. İlk YSA modeli işleme parametreleri olan ilerleme hızı, kesme derinliği ve kesme hızı temel alınarak titreşim frekansını ve genliğini tahmin etmek için geliştirilmiş, YSA'nın ikinci modeli de işleme parametreleri kullanarak yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için geliştirilmiş, YSA'nın üçüncü modeli hem işleme parametreleri hem de titreşim frekansını ve genliğini kullanarak yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için geliştirilmiştir. Titreşim ölçümü, takım tezgahı tutucusuna sabitlenmiş sensör ivmeölçer kullanılarak kesme besleme yönünde ve toplam on beş test örneği için yapılmıştır. Sonuçlar ilerleme hızı ve kesme derinliğinin titreşim sinyalini etkileyen en önemli unsurlar olduğunu göstermiş ve üçüncü YSA modeli yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmede daha iyi sonuçlar vermiştir.

Bu çalışmanın amacı, elde edilecek deneysel bulgular ışığında, karşılaştırmalar yapılarak frezeleme parametreleri, titreşim miktarı ve yüzey pürüzlülüğü değerleri arasındaki ilişki incelenecek ve işleme sırasında oluşan titreşimlerin ve frezelenmiş iş parçası yüzey pürüzlülüğünün en az olduğu işleme değişkenleri tespit edilecektir. Tespit edilecek olan bu değişkenler sayesinde yüzey kalitesinde iyileşme, kesici uç ömründe uzama ve tezgâhta oluşabilecek mekanik çözümlerin engellenmesi hedeflenmiştir. Böylece tezgâhın daha uzun ömürlü ve daha kararlı olması sağlanırken diğer yandan daha az fire ile daha düzgün iş parçaları elde edilecektir. Bu doğrultuda savunma sanayinde kullanılan 7075 Alüminyum alaşımı üzerinde bir dizi işleme deneyi yapılmış ve elde edilen veriler doğrultusunda; kesme parametreleri, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın yapılan benzer çalışmalara göre üstünlüğü deneylerden güvenilir sonuçlar alabilmek için öncelikle kritik hız vuruş testi yapılarak freze tezgahının doğal frekansı tespit edilmesi ve belirlenen bu doğal frekans ve katları ile çakışmayacak ve rezonans değerlerinden uzak olacak şekilde frezeleme devirleri belirlenmesidir. İş parçasının iki yüzeyi 120 derece açıyla aynı anda Çift Milli Freze tezgâhı ile işlenmesi sırasında titreşim ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Deney malzemesi olarak savunma sanayinde yaygın olarak kullanılan %5.6 Zn, %2.5 Mg, %1.6 Cu ve %0.3 Cr içeren 7075 Alüminyum kullanılmıştır. Kesici takım olarak KENNAMETAL firmasına ait BGHX15L5PCFRGG K110M kodlu kaplamasız karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Deneylerde kater olarak KENNAMETAL firmasına ait 63A03RP90BG15CM kodlu ürünü kullanılmıştır. Deneyler için yüksek devirlerde kesme yapabilen, devir ve ilerlemesi elektronik kontrol ünitesi ve motor sürücülerini sayesinde değiştirilerek istenilen kesme ve ilerleme hızlarında talaş kaldırma işlemi yapmaya olanak sağlayan 120° açıyla talaş kaldırabilen çift milli freze tezgâhı kullanılmıştır (Şekil 1).

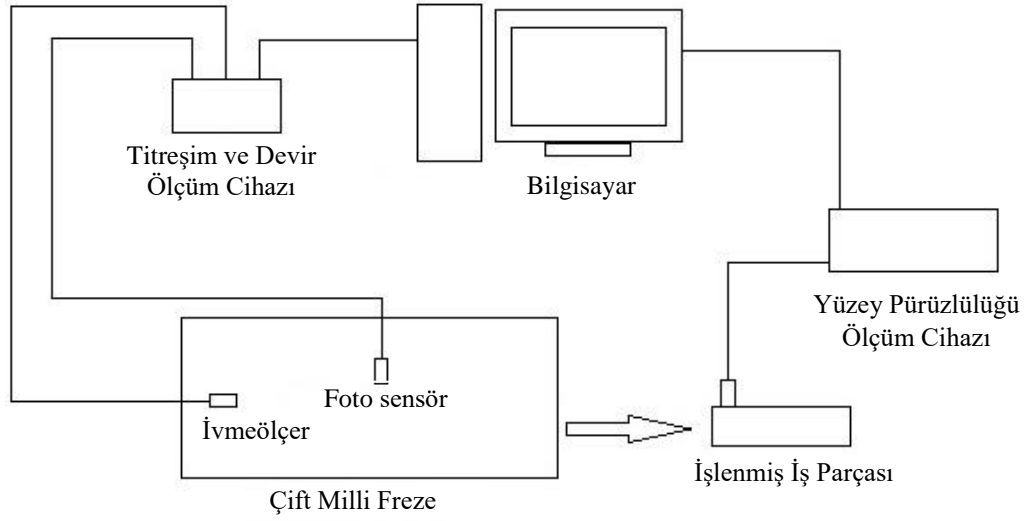


Şekil 1. Çift Milli Freze Tezgahının Görünüşü

### 2.1. Deney düzeneği

Deney sistemi; kontrol ünitesiyle çift milli freze, bu frezeden titreşim verilerinin toplanması için COMMTEST marka CIL786A model ivmeölçer, devir ölçümü için SEEKA marka GSM2RSN model foto sensör, toplanan verileri işleyen ve dönüştüren COMMTEST marka VB1000 model titreşim analizörü, işlenen iş parçalarının yüzey pürüzlülüğünü ölçmek için HOMMEL TESTER marka T1000

model ölçüm cihazı ve bütün verilerin toplanması, incelenmesi ve karşılaştırması için kullanılan bir bilgisayardan oluşmaktadır(Şekil 2).



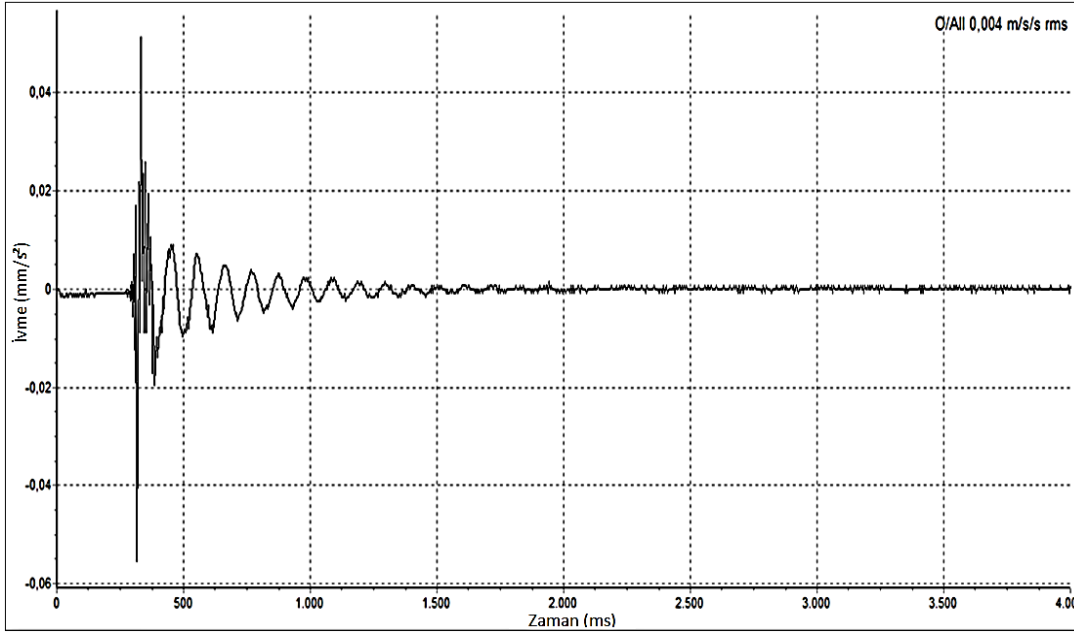
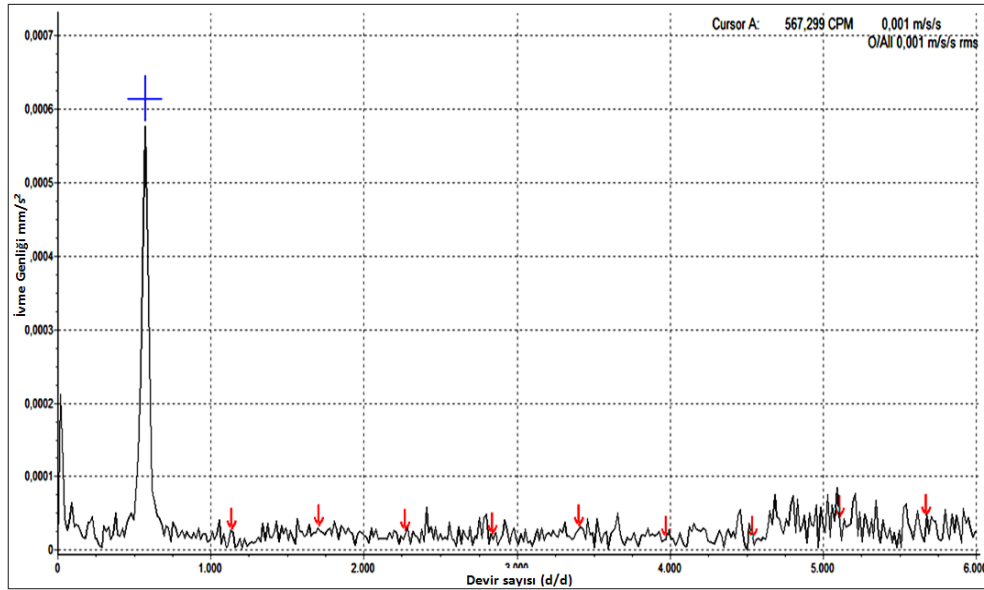
Şekil 2. Deneysel Sistemi

## 2.2. Deneysel çalışma

Deneylere başlamadan önce, Şekil 3'te görüldüğü gibi çekiç ve analizör yardımı ile kritik hız vuruş testi yapılmıştır. Test sonucu Şekil 4'te görüldüğü gibi bir İvme-Zaman grafiği çizdirilmiş ve bu grafiğin FFT si alınarak İvme Genliği-Devir Sayısı spektrum grafiği (Şekil 5) elde edilmiştir. Hız Vuruş Testi ile tezgâhın doğal frekansı ve rezonans değerleri tespit edilmiş ve bu şekilde deneysel çalışmalarda kullanılan değerlerin rezonans değerleri ile çakışmaması sağlanmıştır.



Şekil 3. Kritik Hız Vuruş Testi

Şekil 4. Kritik Hız Vuruş Testi İvme(mm/s<sup>2</sup>)-Zaman(ms) GrafiğiŞekil 5. İvme Genliği (mm/s<sup>2</sup>)-Devir Sayısı (d/d) Grafiği

Kritik hız vuruş testi sonucu elde edilen doğal frekans ve rezonans değerleri Tablo 1’de görülmektedir. Bu değerler dikkate alınarak yapılacak deneyler için tezgâhın rezonansa girmeyeceği değerler 3375 d/d, 3750 d/d ve 4125 d/d olarak seçilmiştir. Daha sonra tezgâh iş parçası bağlanmadan yüksüz halde 3375 d/d, 3750 d/d ve 4125 d/d devirlerinde çalıştırılmış ve titreşim değerleri ölçülmüştür. Tüm bu deneylerden elde edilen RMS değerleri, (Tablo 2) Tablo 3’te gösterilen ISO 2372 titreşim standartlarında freze tezgahı (Sınıf I) için RMS değerleri ile karşılaştırıldığında, ‘A’ kategorisine girdiği yani uygun olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Kritik devirler

Freze Devri (d/d)	Kat	Freze Devri (d/d)	Kat
567.299	1	2836.495	5
1134.598	2	3403.794	6
1701.897	3	3971.093	7
2269.196	4	4538.392	8

**Tablo 2.** Freze yüksüz iken titreşim değerleri

Freze Devri (d/d)	RMS
3375	0.278
3750	0.286
4125	0.331

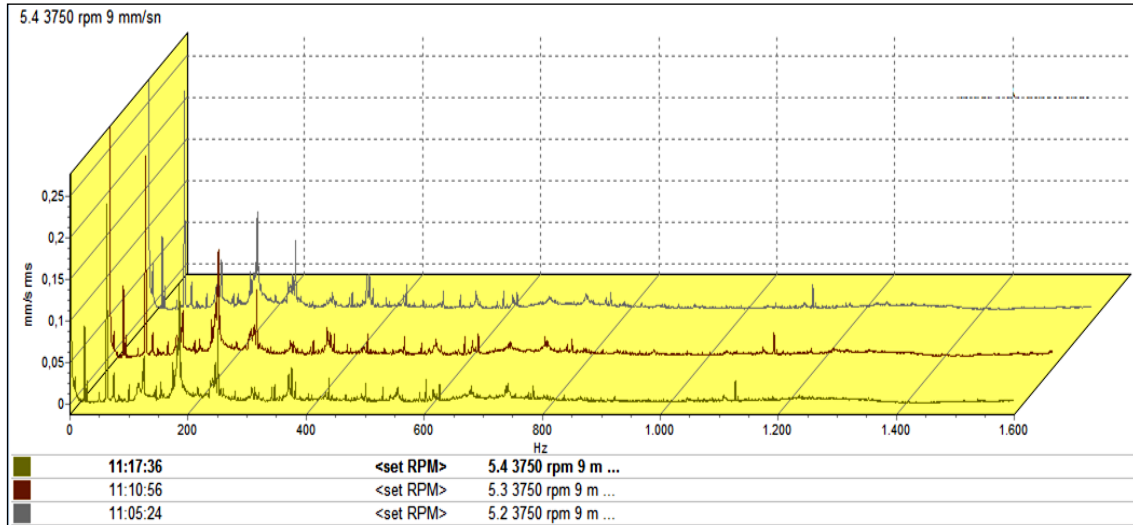
**Tablo 3.** ISO 2372 Titreşim Standartları

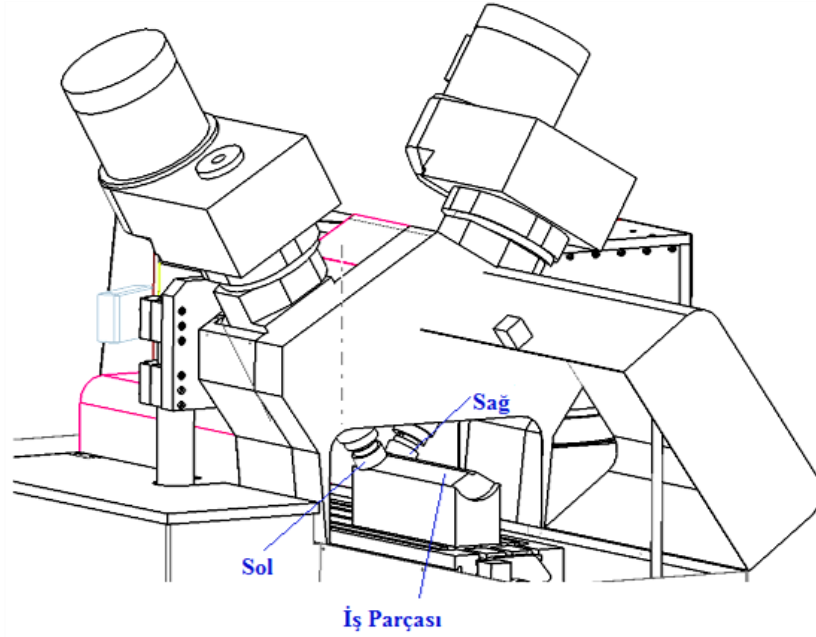
TİTREŞİMİN DERECESİ				RMS		
Sınıf I	Sınıf II	Sınıf III	Sınıf IV	mm/s		
A	A	A	A	0,28		
				0,45		
				0,71		
B	B	B	B	1,12		
1,8						
C	C	C	C	2,8		
D	D			D	D	4,5
		7,1				
		D	D	D	D	11,2
						18
				28		
				45		

A iyi, B kabul edilebilir, C takip altında tutulmalı, D kabul edilemez, anlamındadır.

Deneylerin kararlılığını görmek açısından deneysel çalışmalar öncesinde, aynı parametrelerde bir dizi deney yapılmış ve Şekil 6 'da görüldüğü gibi çoklu titreşim grafikleri elde edilerek, grafikler birlikte incelenmiştir. Parametre değişimi olmaksızın frezelenen 3 iş parçasına ait grafiklerin genlik ve frekanslar açısından birbirleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Elde edilen çoklu grafik deneylerin, freze tezgâhının, talaş kaldırma işleminin ve ölçümlerin kararlı bir şekilde yapıldığını göstermektedir.

Ön çalışmalar ve testler sonucunda, deneysel çalışmalara geçilmesine bir engel bulunmadığı görülmüş ve deneylere geçilmiştir. Deneysel çalışmalar üç farklı devir (3375 d/d, 3750 d/d ve 4125 d/d) ve üç farklı tabla ilerleme hızı (0.42 m/dk, 0.54 m/dk ve 0.60 m/dk) seçilerek dokuz aşamada tamamlanmış ve her bir iş parçasının altı yerinden yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüş, bu değerlerin iş parçasının sol ve sağ kısmı (Şekil 7) için ortalamaları alınarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışmalarda kesme derinliği sabit olup 2 mm olarak alınmıştır.

**Şekil 6.** Kararlılık ölçümleri çoklu titreşim grafiği



Şekil 7. Çift milli frezede iş parçasının pozisyonu

### 3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan deneylerde elde edilen titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 3'te görülmektedir.

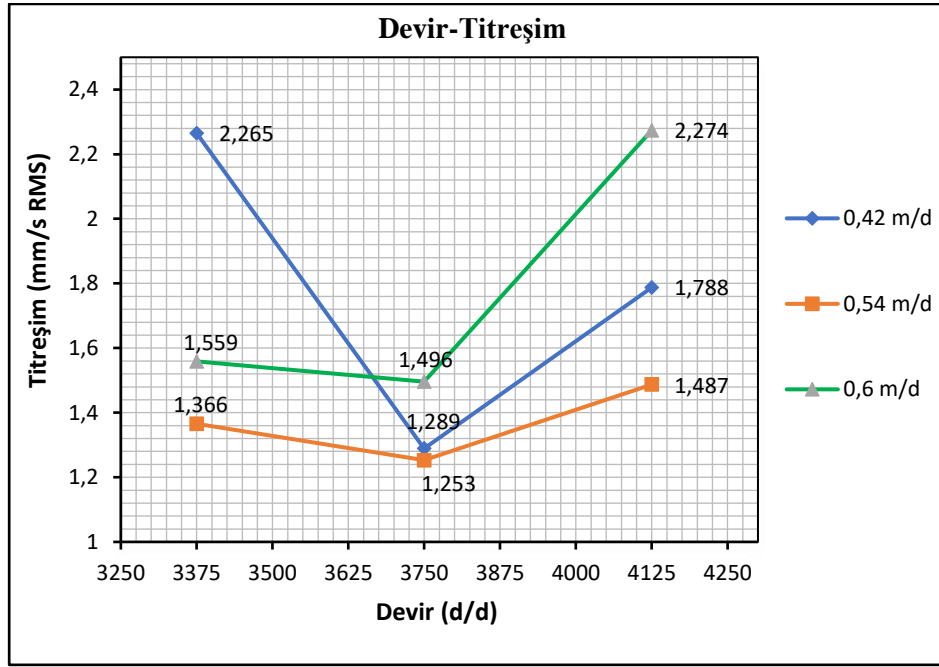
**Tablo 3.** Deneylerden elde edilen titreşim ve yüzey pürüzlülük değerleri

Deney No	Devir (d/d)	İlerleme (m/dk)	Titreşim (RMS)	Pürüzlülük (Ra)	
				SAĞ	SOL
1	3375	0.42	2,265	0,078	0,125
2	3375	0.54	1,366	0,075	0,101
3	3375	0.60	1,559	0,116	0,127
4	3750	0.42	1,289	0,149	0,121
5	3750	0.54	1,253	0,087	0,113
6	3750	0.60	1,496	0,166	0,096
7	4125	0.42	1,788	0,093	0,094
8	4125	0.54	1,487	0,079	0,165
9	4125	0.60	2,274	0,063	0,122

#### 3.1. Devir-titreşim değişimlerinin irdelenmesi

Şekil 8'de görüldüğü gibi 0.42 m/dk, 0.54 m/dk ve 0.60 m/dk ilerleme hızı için yapılan deneylerin hepsinde en düşük titreşim değerleri 3750 d/d frezeleme hızı için elde edilmiştir. Ayrıca titreşim değerleri göz önüne alındığında, en az titreşimin olduğu ilerleme hızı 0.54 m/dk olmaktadır. Hem ilerleme hızı hem de devir sayısı birlikte düşünüldüğünde, yapılan deneylerde kullanılan parametreler içerisinde titreşim açısından en uygun değerlerin 3750 d/d freze hızı ve 0.54 m/dk ilerleme hızının seçilmesi ile sağlandığı görülmektedir. Titreşim seviyesinin en yüksek olduğu parametreler ise 4125 d/d freze hızı ve 0.60 m/dk ilerleme hızının olduğu deney için ölçülmüştür. 0.42 m/dk ilerleme hızında yapılan deneylerde ise titreşim seviyesindeki değişimin en fazla olduğu görülmektedir.

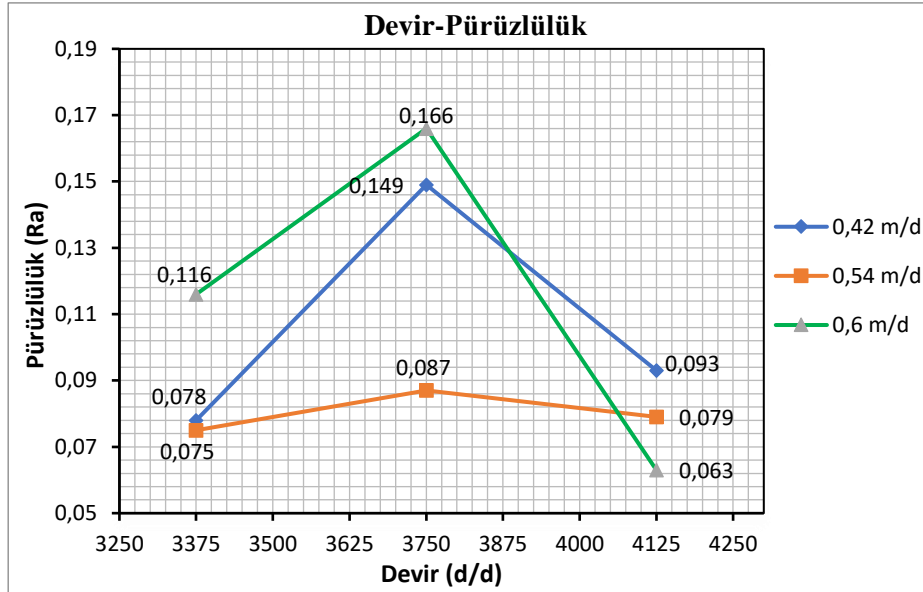
Titreşim seviyesi; 0.42 m/dk ilerleme hızından 0.54 m/dk ilerleme hızına çıkarıldığında azalmış ancak 0.54 m/dk ilerleme hızından 0.60 m/dk ilerleme hızına arttırıldığında ise en yüksek değerlerine ulaşmıştır. Bu açıdan ilerleme hızları titreşim seviyesinin düşüklüğüne göre sıralandığında; sıralama 0.54 m/dk, 0.42 m/dk ve 0.60 m/dk ilerleme hızı şeklinde olmaktadır.



Şekil 8. 3 farklı ilerleme hızı için devir-titreşim karşılaştırması

### 3.2. Devir-pürüzlülük değişimlerinin yorumlanması

Şekil 9'da 3 farklı frezeleme hızları ve ilerleme hızlarında Devir-Pürüzlülük karşılaştırması için çizdirilen grafikler görülmektedir. Pürüzlülük değerleri her üç ilerleme hızı için en yüksek değerlerine 3750 d/d frezeleme hızında ulaşmıştır. 3375 d/d 'da 0.42 m/dk ve 0.54 m/dk ilerlemelerinin pürüzlülük değerleri birbirine yakınken 0.60 m/dk ilerlemeye ait değer nispeten daha yüksektir. 0.54 m/dk da ki pürüzlülük değerindeki çok az bir artış dikkate alınmazsa, en iyi yüzey pürüzlülük değerlerinin 4125 d/d 'da yapılan deneylerden elde edildiği söylenebilir.

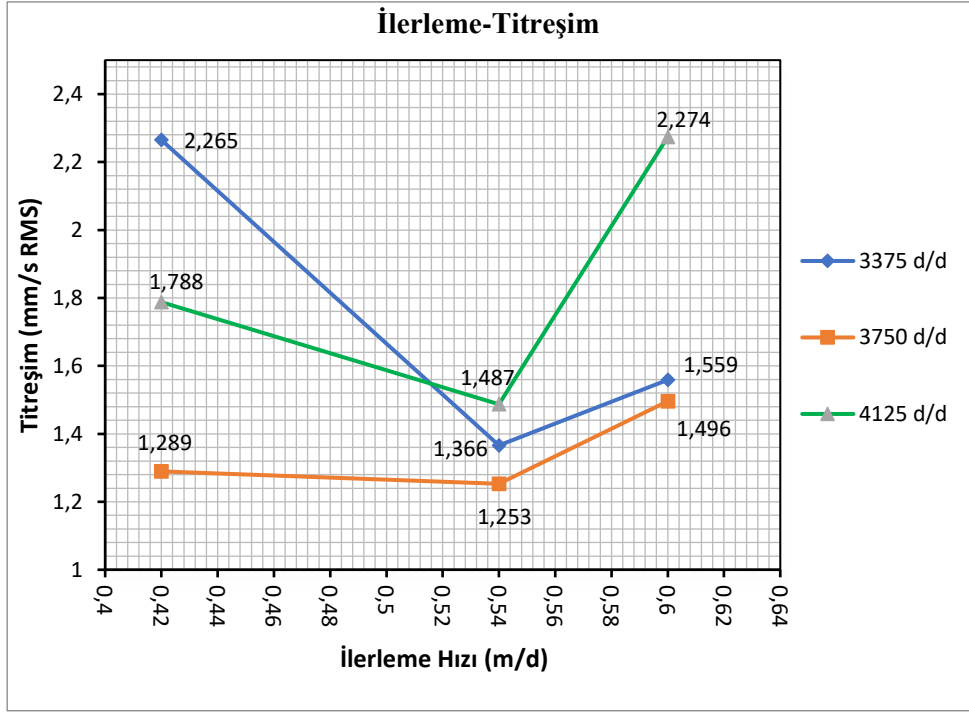


Şekil 9. 3 farklı ilerleme hızı için devir-pürüzlülük karşılaştırması

### 3.3. İlerleme-titreşim değişimlerinin yorumlanması

Şekil 10'da tüm devir, ilerleme ve titreşim seviyeleri ilişkileri birlikte görülmektedir. Her üç devir içinde en düşük titreşim değerleri 0.54 m/dk ilerleme hızında görülmüştür. En yüksek titreşim değerleri ise 3375 d/d hariç 0.60 m/dk ilerlemelerde ortaya çıkmıştır. Tüm deneyler için ilerleme hızı 0.42 m/dk'dan 0.54 m/dk'ya çıkarıldığında titreşim değerleri azalmış, 0.54 m/dk'dan 0.60 m/dk'ya çıkarıldığında ise artmıştır. Freze hızları göz önüne alındığında, titreşim seviyesi bakımından en iyi sonuçlar 3750 d/d freze hızında elde edilmiş, toplamda en kötü sonuçlar ise 4125 d/d freze hızında ölçülmüştür. Bu durumda, titreşimin ön planda olduğu durumlarda 3750 d/d freze hızı ve 0.54 m/dk ilerleme seçilerek en iyi sonucun elde edilebileceği söylenebilir.





Şekil 10. Tüm devirler için ilerleme-titreşim karşılaştırması

#### 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, 7075 Alüminyum alaşım malzemenin çift milli freze ile farklı devir ve ilerlemelerdeki işlenmesi esnasında oluşan titreşim ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında en uygun devir ve ilerleme hızı seçilmiştir. Tüm deneylerde frezeleme frekanslarının doğal frekansla çakışmaması ve sistemin rezonans bölgelerinden uzak olması sağlanmıştır. Ayrıca deneyler esnasında ölçülen titreşim değerleri ISO normları ile karşılaştırmıştır. Bu titreşim değerleri ISO 2372 Titreşim Standartları'na göre 'İyi' kategorisindedir. Yapılan ön deneyler ve ölçümler sonrasında asıl deneylere geçilmesine engel herhangi bir durum olmadığı görülmüştür.

Yapılan tüm deneylerden ve ölçümlerden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Titreşim seviyesi, ilerleme hızının artışına bağlı olarak, 0.54 m/dk ilerleme hızına kadar azalmış ancak daha sonra yükselmeye başlamıştır. Devir sayısına bağlı olarak da benzer şekilde 3750 d/d freze devrine kadar azalmış daha sonra ise artış göstermiştir. İlerleme hızı ve devir sayısı titreşim seviyesine ortak bir mekanizma ile etki etmekte ve her ikisinin uygun bir aralıkta seçilmesi suretiyle titreşim seviyesi düşürülebilmektedir.
- 7075 Alüminyum için çift milli frezede seçilen kater ve kaplamasız karbür kesici uçlarla işlenmesi esnasında titreşim seviyesi, devir değişimleri ile birlikte incelendiğinde en iyi değerler 3750 d/d freze hızında yapılan deneylerde elde edilmiştir. En düşük titreşimin 3375 d/d veya 4125 d/d yerine 3750 d/d'da ölçülmesi düşük kesme hızlarında talaş yapışması veya sıvanması (BUE) ve yüksek kesme hızlarında kesici uçlarda kırılmaların olabilmesi göz önüne alınarak açıklanabilir.
- İlerleme hızı ile birlikte incelendiğinde ise en düşük titreşim seviyesi 0.54 m/dk ilerleme hızında elde edilmiştir. Her talaş kaldırma işlemi için uygun bir ilerleme miktarının bulunduğu ve bu işlem için bu miktarın 0.54 m/dk olduğu tespit edilmiştir.
- Tüm deneyler için en düşük titreşim seviyesi 3750 d/d freze hızı ve 0.54 m/dk ilerleme hızı birlikte seçildiğinde ölçülmüştür. En yüksek titreşim değeri ise 4125 d/d freze hızı ve 0.60 m/dk ilerleme hızı için meydana gelmiştir.

Çalışmada yapılan deneyler ve ölçümler neticesinde yüzey pürüzlülüğüne etki eden mekanizmanın titreşim seviyesine etki eden mekanizmadan daha karmaşık bir yapıya sahip olduğu anlaşılmıştır. Titreşimin de yüzey pürüzlülüğüne etki eden bir parametre olduğu göz önüne alındığında, bu sonuç daha anlaşılabilir bir hale gelmektedir. Sonuç olarak 7075 Alüminyum malzemenin Çift Milli Freze'de aynı anda iki yüzeyinin 120° açıyla kaplamasız karbür 3 farklı kesici uçla frezelenmesi işlemi için en uygun parametrelerin 3750 d/d freze devri ve 0.54 m/dk ilerleme hızı olduğu anlaşılmıştır.

Çalışmanın yapılan benzer çalışmalardan farklılığı; doğal frekans ve katları ile çakışmayacak ve rezonans değerlerinden uzak olacak şekilde frezeleme devirlerinin belirlenerek, iş parçasının iki yüzeyinin 120 derece açıyla aynı anda Çift Milli Freze tezgâhı ile işlenmesi sırasında titreşim ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır.

## Referanslar

- Abdelwahab, S. A. (2023). Surface roughness modeling and prediction based on vibration signal analysis and machining parameters in milling of aluminum by artificial neural network. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 104, 345–375. doi:10.1007/s40032-023-00924-1
- Amiruddin, A., Muizzuddin, A., Nur, C. M., Mahfudz, A. H., Agus, S., Khairul, J., Achmad, Z. R., Ratna, N. (2023). Influence of lubrication on vibration response and surface roughness in milling of aluminum 6061. *EVERGREEN Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy*, 10(3), 1762-1769. doi:10.5109/7151725
- Ay, M. (2003). CNC freze tezgâhında frezeleme esnasında oluşan kesme kuvvetlerinin ve titreşimlerin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Chee, K. N., Shreyes, M. N., Rahman, M. & Senthil, K. A. (2006). Experimental study of micro- and nano-scale cutting of aluminum 7075-T6. *International of Journal Machine Tools & Manufacture*, 46(9), 929-936. doi:10.1016/j.ijmachtools.2005.08.004
- Chun, S. H. (2022). Correlation between surface roughness and vibration in slot milling of AL7075-T6. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers. The Korean Society of Manufacturing Process Engineers*. 21(5), 61-66. doi:10.14775/ksmpe.2022.21.05.061.
- Dilipak, H., Yılmaz, V. (2012). AISI 1050 çeliğinin karbür takımlarla frezelenmesinde oluşan titreşimlerin incelenmesi ve istatistiksel analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(2), 285-294.
- Ghani, A. K., Choudhury, I. A & Husni (2002). Study of tool life, surface roughness and vibration in machining nodular cast iron with ceramic tool, *Journal of Materials Processing Technology*, 127(1), 17-22. doi:10.1016/S0924-0136(02)00092-4
- Güllü, A. (1995). Silindirik taşlamada istenen yüzey pürüzlülüğünü elde etmek için taşlama parametrelerinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Kim, S. K., Lee, S. Y. (2000). Chatter prediction of end milling in a vertical machining center. *Journal of Sound and Vibration*, 241(4), 567-586. doi:10.1006/jsvi.2000.3144
- Lee, K. Y., Kang, M. C., Jeong, Y. H., Lee, D. W., Kim, J. S. (2001). Simulation of surface roughness and profile in high speed end milling. *Journal of Material Processing Technology*, 113(1-3), 410-415. doi:10.1016/S0924-0136(01)00697-5
- Lou, S. J. & Chen, J. C. (1999). In-Process surface roughness recognition (ISRR) system in end-milling operations. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 15(3), 200-209.
- Orhan, S., Er, A. O., Camuşcu, N., Aslan, E. (2007). Tool wear evaluation by vibration analysis during end milling of AISI D3 cold work tool steel with 35 HRC hardness. *NDT&E International*, 40(2), 121-126. doi:10.1016/j.ndteint.2006.09.006
- Pham, T. H., Nguyen, D. T., Banh, T. L., Tong, V. C. (2020). Experimental study on the chip morphology, tool–chip contact length, workpiece vibration, and surface roughness during high-speed face milling of A6061 aluminum alloy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 234(3), 610-620. doi:10.1177/0954405419863221
- Smith, W. S., Çeviri: Erdoğan, M. (2001). *Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri*. Ankara, MA: Nobel Yayınevi.
- Şahin, Y. (2000). *Talaş Kaldırma Prensipleri 1*. Ankara, MA: Nobel Yayınevi.
- Yılmaz, V. (2009). Frezeleme uygulamalarında işleme parametrelerinin sebep olduğu titreşimlerin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yılmaz, V., Dilipak, H., Sarıkaya, M., Yılmaz, C. Y., Özdemir, M. (2014). Frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının modellenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 30(4): 220-226.