

AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında minimum miktarda yağlamanın (MMY) kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin araştırılması

Selçuk YAĞMUR^{1*} 

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Makale Bilgisi

Research article
Received: 19/10/2023
Revision: 30/10/2023
Accepted: 04/11/2023

Anahtar Kelimeler

AISI 1050
Tornalama
MMY
Kesme Kuvveti
Yüzey Pürüzlülüğü

Article Info

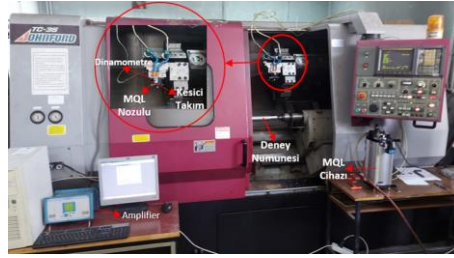
Araştırma makalesi
Başvuru: 19/10/2023
Düzeltilme: 30/10/2023
Kabul: 04/11/2023

Keywords

AISI 1050
Turning
MQL
Cutting Force
Surface Roughness

Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Bu çalışmada AISI 1050 çeliği üç farklı kesme hızı (340, 400 ve 460 m/dak) ve iki farklı ilerleme miktarında (0,2 ve 0,3 mm/dev) tornalanmasında kesme şartlarının etkisi araştırılmıştır. Deneyler kuru kesme koşulunda ve 90, 150 ve 200 ml/saat minimum miktarda yağlama (MMY) akış hızında gerçekleştirilmiştir. / In this study, the effect of cutting conditions on turning AISI 1050 steel at three different cutting speeds (340, 400 and 460 m/min) and two different feed rates (0,2 and 0,3 mm/rev) was investigated. MQL flow rate of 90, 150 and 200 ml/h.



Şekil A: Deney düzeneği / Figure A: Experimental setup

Önemli noktalar (Highlights)

- Bu çalışmada MMY yönteminde akış hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. / In this study, the effects of flow rate on cutting forces and surface roughness in the MQL method were investigated.
- Deneyler sonrasında MMY'nin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür. / After the experiments, it was seen that MQL had a positive effect on cutting forces and surface roughness.
- Kesme hızı artışının yüzey kalitesini ve kesme kuvvetlerini olumlu etkilediği görülmüştür. / It has been observed that increasing the cutting speed positively affects the surface quality and cutting forces.

Amaç (Aim): AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında MMY yönteminde akış hızının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. / It was aimed to investigate the effects of flow rate on cutting forces and surface roughness in the MQL method in turning AISI 1050 steel.

Özgünlük (Originality): Talaşlı imalatta sıklıkla kullanılan AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında MMY yönteminin oldukça az kullanıldığı görülmüştür. Bu sebeple bu çalışmada imalat sektöründe sıklıkla kullanılan AISI 1050 çeliğin MMY yöntemi ile tornalanmasında farklı akış hızlarının kesme kuvvetleri ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. / It has been observed that the MQL method is used very little in turning AISI 1050 steel, which is frequently used in machining. For this reason, in this study, the effects of different flow rates on cutting forces and average surface roughness values were investigated in turning AISI 1050 steel, which is frequently used in the manufacturing industry, with the MQL method.

Bulgular (Results): Çalışma sonrasında MMY kullanımının kesme kuvvetlerinin düşürdüğü görülmüştür. Aynı zamanda MMY kullanımı ile birlikte yüzey kalitesi de artmıştır. Akış hızının artması başlangıçta kesme kuvvetlerini düşürmüş ve yüzey kalitesini artmıştır. Fakat sonrasında akış hızı artışının etkisi azalmıştır. / After the study, it was seen that the use of MQL reduced the cutting forces. At the same time, surface quality has increased with the use of MQL. Increasing the flow rate initially reduced the cutting forces and increased the surface quality. But afterwards, the effect of the flow rate increase decreased.

Sonuç (Conclusion): En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 460 m/dak kesme hızında, 0,2 mm/dev ilerleme miktarında, 200 ml/saat akış hızında 1,42µm olmuştur. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ise yine 460 m/dak kesme hızında 0,3 mm/dev ilerleme kuru kesme şartlarında 4,01 µm olarak ölçülmüştür. / The lowest average surface roughness value was 1.42µm at a cutting speed of 460 m/min, feed rate of 0.2 mm/rev, and flow rate of 200 ml/hour. The highest average surface roughness value was measured as 4.01 µm under dry cutting conditions with a feed rate of 0.3 mm/rev at a cutting speed of 460 m/min.



AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında minimum miktarda yağlamanın (MMY) kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlüğü üzerindeki etkisinin araştırılması

Selçuk YAĞMUR^{1*}

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 19/10/2023
Düzeltilme: 30/10/2023
Kabul: 04/11/2023

Anahtar Kelimeler

AISI 1050
Tornalama
MMY
Kesme Kuvveti
Yüzey Pürüzlülüğü

Öz

Geleneksel soğutma yöntemlerinin gerek insan sağlığına gerekse çevreye vermiş olduğu zararlardan dolayı kullanımı son yıllarda oldukça azalmıştır. Bu soğutma yönteminin yerine daha çevreci, ekonomik ve geleneksel soğutma yöntemlerine göre insan sağlığı açısından olumsuzluk yaratmayacak olan soğutma yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada AISI 1050 çeliği üç farklı kesme hızı (340, 400 ve 460 m/dak) ve iki farklı ilerleme miktarında (0,2 ve 0,3 mm/dev) tornalanmasında kesme şartlarının etkisi araştırılmıştır. Deneysel kuru kesme koşulunda ve 90, 150 ve 200 ml/saat minimum miktarda yağlama (MMY) akış hızında gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonrasında kesme parametrelerinin ve kesme şartlarının ortalama yüzey pürüzlüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen değerler doğrultusunda minimum miktarda yağlama uygulamasının ve akış hızı artışının kesme kuvvetlerini ve ortalama yüzey pürüzlüğü değerlerini olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. En düşük ortalama yüzey pürüzlüğü değeri 1,42 µm olarak elde edilmiştir. En düşük kesme kuvveti ise 1084 N olarak ölçülmüştür.

Investigation of the effect of minimum quantity lubrication (MQL) on cutting forces and surface roughness in turning of AISI 1050 steel

Article Info

Research article
Received: 19/10/2023
Revision: 30/10/2023
Accepted: 04/11/2023

Keywords

AISI 1050
Turning
MQL
Cutting Force
Surface Roughness

Abstract

The use of traditional cooling methods has decreased significantly in recent years due to the harm they cause to both human health and the environment. Instead of this cooling method, a cooling method that is more environmentally friendly, economical and will not cause any negative effects on human health compared to traditional cooling methods has started to be used. In this study, the effect of cutting conditions on turning AISI 1050 steel at three different cutting speeds (340, 400 and 460 m/min) and two different feed rates (0,2 and 0,3 mm/rev) was investigated. MQL flow rate of 90, 150 and 200 ml/h. After the experiments, the effects of cutting parameters and cutting conditions on average surface roughness and cutting forces were examined. In line with the obtained values, it was concluded that the minimum amount of lubrication application and the flow rate increase positively affected the cutting forces and average surface roughness values. The lowest average surface roughness value was obtained as 1,42 µm. The lowest cutting force was measured as 1084 N.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaşlı imalatta arttan verimlilik ihtiyacı beraberinde yüksek kesme hızlarının kullanılması ihtiyacını doğurmuştur. Yüksek kesme hızlarının kullanımı ile birlikte bazı sorunlarda ortaya çıkmıştır [1]. Kesme hızlarının artması kesme bölgesi sıcaklıklarının da artmasına sebep olmaktadır. Kontrol edilemeyen kesme bölgesi sıcaklığı takım ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir [2,3].

Bununla beraber kesme kuvvetlerinin artması ve yüzey kalitesinin olumsuz etkilenmesi gibi sonuçları da beraberinde getirmektedir. Bu sebeple kesme esnasında meydana gelen sıcaklığının kontrol edilebilmesi için alternatif soğutma yöntemleri üzerinde araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Özellikle geleneksel soğutma gibi yöntemlerin gerek insan sağlığı gerekse çevre açısından bazı

dezavantajları bulunmaktadır. Ayrıca ömrünü tamamlayan soğutucu sıvı geri dönüşümü ek zaman ve maliyet gerektirmektedir [4,5].

Kesme işlemlerinde geleneksel soğutma işlemlerinin bu dezavantajları sebebiyle Minimum Miktarda Yağlama (MMY) gibi daha az miktarda soğutucu ile soğutma yapılan işlemler tercih edilmeye başlanmıştır. MMY yöntemi, basınçlı hava yardımıyla kesme bölgesine püskürtülen yağın iş parçası ve kesici takım arasında bir yağ filmi oluşturarak soğutma temeline dayalıdır [6].

Carvalho ve diğerleri, AISI 1050 çeliğin tornalanmasında bitkisel ve mineral esaslı kesme sıvıları kullanmışlardır. Deneylerde iki bitkisel bazlı ve bir mineral bazlı kesme sıvısı kullanmışlardır. Deneyler sonrasında iki bitkisel bazlı kesme sıvısının mineral bazlı kesme sıvısına göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir [7]. Carvalho ve diğerleri, AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında bitkisel bazlı kesme sıvılarının performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada, (A) bitkisel bazlı emülsiyon, (B) mineral bazlı yarı sentetik, (C) bitkisel bazlı sentetik olacak şekilde üç farklı soğutma sıvısı kullanmışlardır. Deneyler sonrasında (A) bitkisel bazlı emülsiyonun üç konsantrasyonda da en düşük sürtünme katsayısına sahip olduğu ve en iyi yağlayıcı özelliğine sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır [8]. Abegunde ve diğerleri, Taguchi tabanlı gri ilişki analizi yaklaşımı kullanılarak AISI 1045 çeliğin tornalanmasında yağlayıcı olarak seçilen bazı bitkisel yağların performansını değerlendirmişlerdir. Çalışmada üç farklı yağlayıcı bitkisel yağ kullanmışlardır. Kesme bölgesi sıcaklığı açısından genel olarak en iyi performansı hurma çekirdeği yağının gösterdiğini aktarmışlardır. [9]. Khalil ve diğerleri, AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında Al_2O_3 nano yağlayıcı ile Sodyum Dodesilbenzen Sülfonat (SDBS)'nin işlenişinde takım aşınmasını araştırmışlardır. Çalışmada, kuru; nano yağlayıcı ve SDBS yüzey aktif maddeli nano yağlayıcı performansı araştırılmıştır. Deneyler sonrasında Al_2O_3 nano yağlayıcı ile yüzey aktif maddenin takım aşınmasını olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir [10]. Sarıkaya ve Güllü, AISI 1050 malzemesinin MMY altında tornalanmasında optimum kesme parametrelerini Taguchi yöntemi ve tepki yüzey metodolojisi ile araştırmışlardır. Deneyleri kuru, geleneksel soğutma ve MMY altında gerçekleştirmişlerdir. İki farklı MMY akış hızı kullanmışlardır (60 ml/saat ve 120 ml/saat). Optimum parametrelerin 120 ml/saat akış hızı, 200 m/dak kesme hızı ve 0,007 mm/dev ilerleme miktarı olduğunu söylemişlerdir [11]. Farklı malzemelerin tornalanmasında MMY yönteminin sıklıkla

kullanıldığı görülmektedir. Yücel ve diğerleri, AA 2024 T3 alaşımının MoS_2 bazlı nanoakışkanın işleme özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Deneyleri üç farklı kesme şartı altında (kuru, MMY, nanoakışkanlı MMY) gerçekleştirmişlerdir. Ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından en iyi değerlere nanoakışkanlı MMY ile yapılan deneylerde ulaşmışlardır. Ayrıca kesme hızı ve ilerleme miktarının artması ile ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin arttığı sonucuna varmışlardır [12]. Yıldırım, sertleştirilmiş AISI 420 malzemesinin tornalanmasında kriyojenik soğutma ile nanoakışkan bazlı MMY'in performansını karşılaştırmıştır. Çalışmada üç farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme miktarı kullanmıştır. Deneyler sonrasında, ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından nanoakışkan bazlı MMY şartlarında daha iyi sonuçların alındığını vurgulamıştır [13].

Literatürde, deneysel çalışmaların yanında matematiksel modelleme ve optimizasyon çalışmaları da mevcuttur. Singh ve diğerleri, saf titanyum alaşımının tornalanmasında evrimsel algoritmalar kullanılarak işleme özelliklerini kullanmışlardır. Çalışmada soğutma koşulları olarak MMY ve RHVT yöntemini kullanmışlardır. ANOVA tarafından oluşturulan matematiksel modellere göre deneysel sonuçların istatistikî sonuçlar ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir. [14]. Musavi ve diğerleri AA 2024 alaşımının farklı soğutma şartları altında tornalanmasında yanıt yüzey metodolojisi (YYM) kullanılarak yüzey pürüzlülüğünü tahmin etmek için matematiksel modeller geliştirmişlerdir. Çalışmada modellerin yüksek doğruluk oranına sahip olduğu görülmüştür [15].

Literatür değerlendirildiğinde, tornalama işlemlerinde MMY yönteminin oldukça yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür. AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü sıklıkla araştırılan konular arasında yer almaktadır. Bununla beraber talaşlı imalatla sıklıkla kullanılan AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında MMY yönteminin oldukça az kullanıldığı görülmüştür. MMY yönteminin daha çok Al alaşımlarının işlenmesinde yoğunlukta kullanıldığı görülmektedir. Bu sebeple bu çalışmada imalat sektöründe sıklıkla kullanılan AISI 1050 çeliğin MMY yöntemi ile tornalanmasında farklı akış hızlarının kesme kuvvetleri ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS MATERYAL VE METOD)

Tornalama deneyleri Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan Johnford TC35 CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kesici takım olarak Sandvik marka CNMG 120412-QM kodlu kesici takım kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme

parametreleri literatür taraması ve kesici takım firmasının tavsiye ettiği değerler arasından seçilmiştir. Deneylerde üç farklı kesme hızı, iki farklı ilerleme miktarı ve sabit kesme derinliği değerleri kullanılmıştır. Deneyler kuru şartlarda ve üç farklı akış hızında MMY yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri ve kesme şartları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri ve kesme şartları (Cutting parameters and cutting conditions used in the experiments)

Kesme Hızı (m/dak)	340	400	460	
İlerleme (mm/dev)	0,2	0,3		
Kesme Şartı	Kuru	90 ml/saat	150 ml/saat	200 ml/saat
Kesme Derinliği (mm)	2			

Deney numunesi olarak günümüzde imalat sanayinde sıklıkla kullanılan AISI 1050 mazlemesi tercih edilmiştir. Deney numunesinin boyu 400 mm çapı ise 60 mm'dir. Deneylerde kullanılan AISI 1050 malzemesinin kimyasal bileşimi Tablo 2'de verilmiştir. Kesme esnasında meydana gelen kesme kuvvetlerinin ölçümü için Kistler 9257

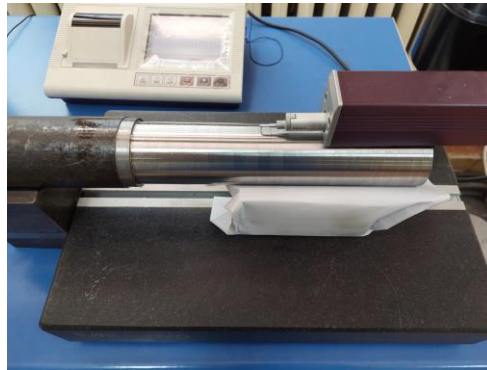
dinamometre ve Kistler 5070 amplifier kullanılmıştır. MMY uygulaması için SKF LubriLeanBasic model MMY cihazı kullanılmıştır. Yağlayıcı olarak çeliklerin işlenmesine uygunluğu üretici firma ratabından belirtilmiş SKF marka OEL5-Lubriol yağ kullanılmıştır. MMY sisteminin basıncı 4 bar olarak sabit tutulmuştur.

Tablo 2. AISI 1050 çeliğinin kimyasal bileşimi (% ağırlık) (Chemical composition of AISI 1050 steel)

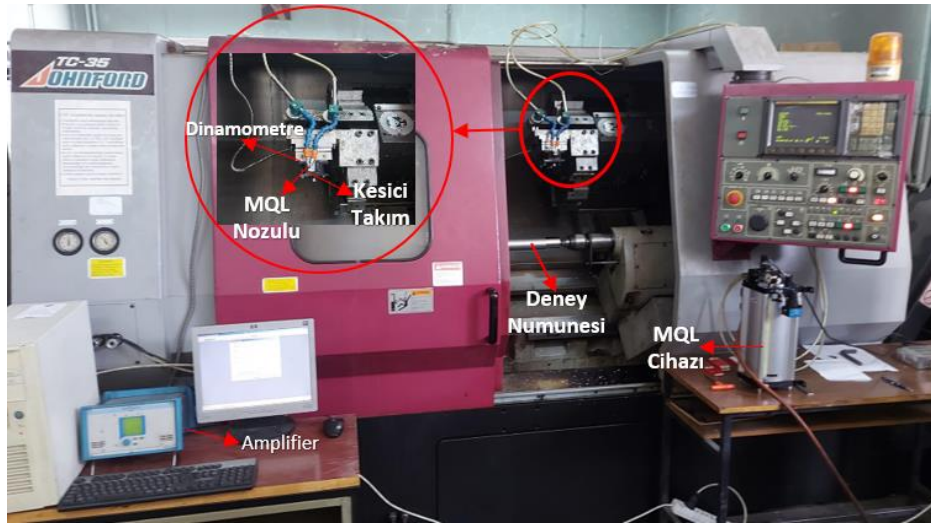
Malzeme	C	Si	Mg	P	S	Fe
AISI 1050	0,45	15	60	0,04	0,04	Kalan

Deneyler sonrasında tornalanmış yüzeylerin yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için Mitutoyo SJ-410 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçme uzunluğu 5.6 mm olarak belirlenmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülüğünü belirlemek için tornalanmış yüzeylerin dört farklı bölgesinden

ölçümler alınmıştır. Ölçülen bu dört yüzey pürüzlülüğü değerinin aritmetik ortalaması alınmış ve ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değeri belirlenmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü Şekil 1'de ve deney düzeneği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Yüzey pürüzlülüğü ölçümü (Surface roughness measurement)



Şekil 2. Deney düzeneği (Experimental setup)

3. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA (EXPERIMENT RESULTS AND DISCUSSION)

bağlı olarak değişen kesme kuvveti ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

AISI 1050 malzemesinin tornalanmasında kesme parametreleri ve MMY uygulamasında akış hızına

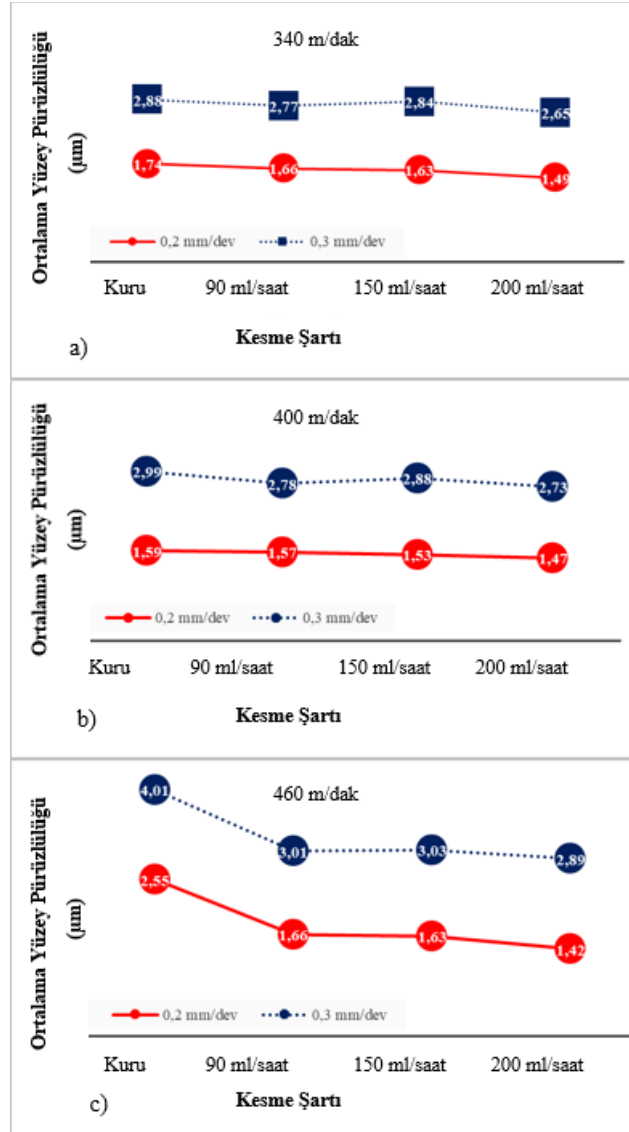
Tablo 3. Kesme parametrelerine bağlı olarak meydana gelen kesme kuvvetleri ve ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Cutting forces and average surface roughness values depending on cutting parameters)

Deney No	Kesme Şartı	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Fz (N)	Raort (µm)
1	Kuru	340	0,2	1124	1,74
2			0,3	1598	2,88
3		400	0,2	1123	1,59
4			0,3	1583	2,99
5		460	0,2	1230	2,55
6			0,3	1690	4,01
7	MMY 90 ml/saat	340	0,2	1134	1,66
8			0,3	1570	2,77
9		400	0,2	1128	1,57
10			0,3	1559	2,78
11		460	0,2	1097	1,66
12			0,3	1565	3,01
13	MMY 150 ml/ saat	340	0,2	1097	1,63
14			0,3	1559	2,84
15		400	0,2	1090	1,53
16			0,3	1538	2,88
17		460	0,2	1090	1,63
18			0,3	1530	3,03
19	MMY 200 ml/ saat	340	0,2	1100	1,49
20			0,3	1537	2,65
21		400	0,2	1088	1,47
22			0,3	1530	2,73
23		460	0,2	1084	1,42
24			0,3	1520	2,89

3.1. YüzeY Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi (Evaluation of Surface Roughness)

Kesme parametreleri ve kesme şartlarına göre değişen ortalama yüzeY pürüzlülük değerleri Şekil 3'deki grafiklerde verilmiştir. Şekil 3'deki grafikler incelendiğinde artan kesme hızlarının ortalama yüzeY pürüzlülük değerlerini olumlu yönde etkilediği görülmektedir. Talaşlı imalatta artan kesme hızlarının kesme bölgesi sıcaklığını arttırdığı bilinmektedir. Kesme hızının artması kesme işlemini nispeten kolaylaştırdığı ve bu durumda iş parçası yüzeY kalitesini olumlu etkilemiştir. [16]. Ayrıca yumuşak ve sünek malzemelerin düşük ve orta kesme hızlarında işlenmesi ile yığıntı talaş oluşumu meydana gelmektedir. Yığıntı talaş oluşumu talaşlı imalatta önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kesme esnasında meydana gelen yığıntı talaşın kesici takıma yapışması ile yüzeY pürüzlülüğü değerleri olumsuz yönde etkilenmektedir [17]. Kesme hızının artırılması ile birlikte yüzeY pürüzlülüğü değerlerinin azalması literatürde karşılaşılan bir durumdur [18, 19]. Bu duruma, artan kesme hızlarının yığıntı talaş oluşumunun önüne geçmesinin sebep olduğu düşünülmektedir. Ayrıca MMY kullanımı ile birlikte yağlama etkisi ile birlikte takım talaş yüzeYi arasından bir filmi tabakası meydana gelmektedir. Bu film tabakası kesme kesnasında meydana gelen talaşların daha hızlı ve daha kolay uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Bu durumda MMY kullanımı ile yığıntı talaş oluşumunun önüne nispeten geçileceğini söylemek mümkündür. Yığıntı talaş oluşumunun önüne geçilmesi yüzeY pürüzlülüğü açısından önemli bir etkiye sahiptir



Şekil 3. Kesme şartlarına göre ortalama yüzeY pürüzlülüğü değerlerinin değişimi (Change in average surface roughness values according to cutting conditions)

a) V= 340 m/dak

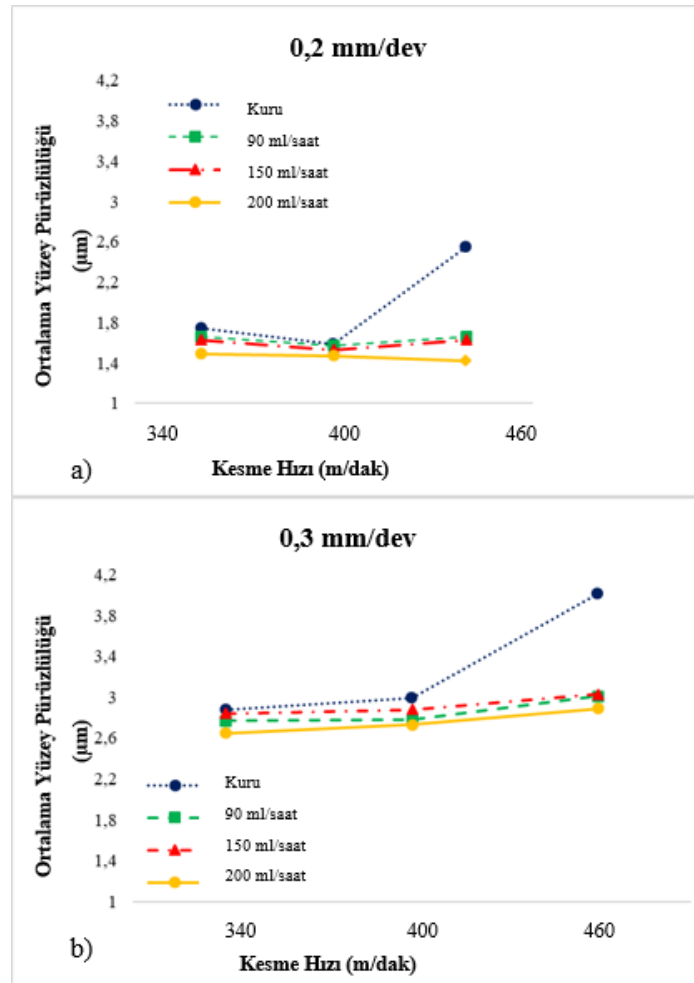
b) V= 400 m/dak

c) V= 460 m/dak

Grafikte artan akış hızı ile birlikte ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin olumlu yönde etkilendiği görülmektedir. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değerine kuru kesme şartlarında 460 m/dak kesme hızında ve 0,3 mm/dev ilerleme miktarına ulaşılmıştır. Kuru kesme şartlarında meydana gelen yüzey pürüzlülük değerlerinin MMY uygulamasının kullanılması ile birlikte düşme eğilimine girdiği görülmektedir. Kuru kesme şartlarından MMY kullanımına geçiş ile birlikte özellikle yüksek kesme hızında oldukça belirgin bir şekilde düşüş meydana gelmiştir. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri kuru kesme şartlarında 4.01 μm olarak elde edilmiştir. Akış

hızının değişimi ile birlikte genel olarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri olumlu olarak etkilenmiş fakat bu etkilenme kuru kesme şartından MMY uygulanmasına geçişteki kadar yüksek oranda olmamıştır.

Her iki ilerleme miktarında da kuru kesme şartlarında kesme hızının 340 m/dak'dan 400 m/dak'a çıkması ile yüzey pürüzlülüğü değerleri bir düşüş göstermiştir. Fakat kesme hızının 460 m/dak olmasıyla beraber her iki ilerleme miktarında da ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde bir artış meydana gelmiştir. Bu durum Şekil 4'te verilen grafiklerde açıkça görülmektedir.



Şekil 4. Kesme hızına göre ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinin değişimi (Change in average surface roughness values according to cutting speed)

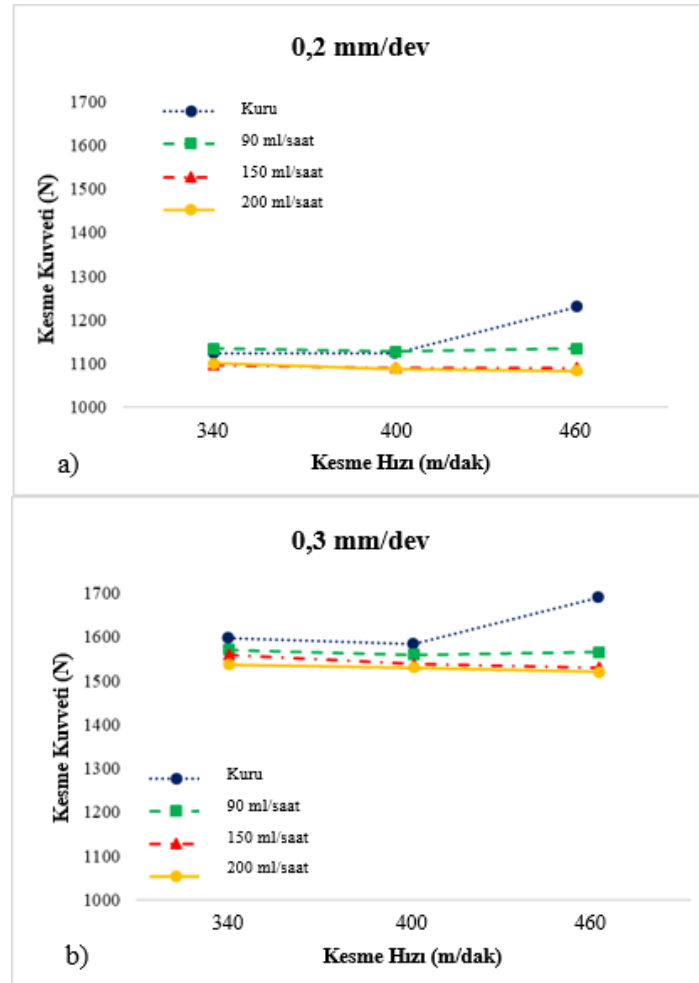
a) $f = 0,2$ mm/dev b) $f = 0,3$ mm/dev

MMY yöntemi kullanılarak yapılan deneylerde ise 460 m/dak kesme hızında her üç akış hızında da ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde kuru kesme şartındaki artış meydana gelmezken askine yüzey pürüzlülüğü değerlendirilinde azalma eğilimi devam etmektedir. Kesici takım aşınmasında en önemli parametrelerden birisi kesme hızıdır. Artan kesme hızları ile birlikte kesici takım aşınmalarının meydana geldiği pek çok çalışmada görülmektedir [20, 21]. Takım talaş arayüzeyinde artan sürtünme dolayısıyla takım kenarının keskinliği kaybolur. MMY yönteminde ise yağlama etkisi ile hem kesme bölgesi sıcaklığı düşer hemde talaş tahliyesi kolaylaşır. Şekil 4'te verilen grafiklerde 460 m/dak kesme hızında kuru şartlarda takım aşınması olduğu düşünülürken farklı akış hızları ile MMY kullanarak bu aşınmanın önüne geçildiği düşünülmektedir [22-24].

3.2. Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi (Evaluation Of Cutting Forces)

Şekil 5'te kesme kuvvetlerinin kesme hızı ve kesme şartlarına göre değişimi verilmiştir. Genel olarak artan kesme hızları ile birlikte kesme kuvvetlerinde bir düşüşten söz etmek mümkün. Artan kesme

hızları ile kesme bölgesi sıcaklığının arttığı ve bunun sonucu olarak plastik deformasyonun kolaylaştığı bilinmektedir. Ayrıca literatürde bu durum artan kesme hızı ile birlikte kesici takım ile talaş temas alanının azalması ile de açıklanmaktadır [25, 26]. Kesme hızının artışı ile kesme kuvvetleri düşerken kesme hızının 460 m/dak'a çıkması ile birlikte kuru kesme şartlarında kuvvetlerde bir artış söz konusu olmuştur. Bu durum her iki ilerleme miktarı için de geçerlidir. Yüzey pürüzlülük değerlerinde olduğu gibi 460 m/dak kesme hızında kuvvet artışına takım aşınmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Kesme hızının takım aşınması açısından önemli bir faktör olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda kesme hızının artışı ile birlikte bir noktaya kadar kesme kuvvetlerinde düşüş yaşadığı görülürken, kesme hızının yüksek değerlere ulaşması ile arttığı görülmüştür [27]. MMY kullanılması, kesme bölgesi sıcaklığının düşürülmesi özellikle yapışma ve difüzyon aşınma türlerinin azaltılmasına yardımcı olmuştur [28]. Yağlamanın takım ömrü açısından olumlu sonuçları olduğuna literatürde sıklıkla rastlanılmaktadır [29-31].



Şekil 5. Kesme hızına göre kesme kuvvetlerinin değerlerinin değişimi (Change in cutting force values according to cutting speed)

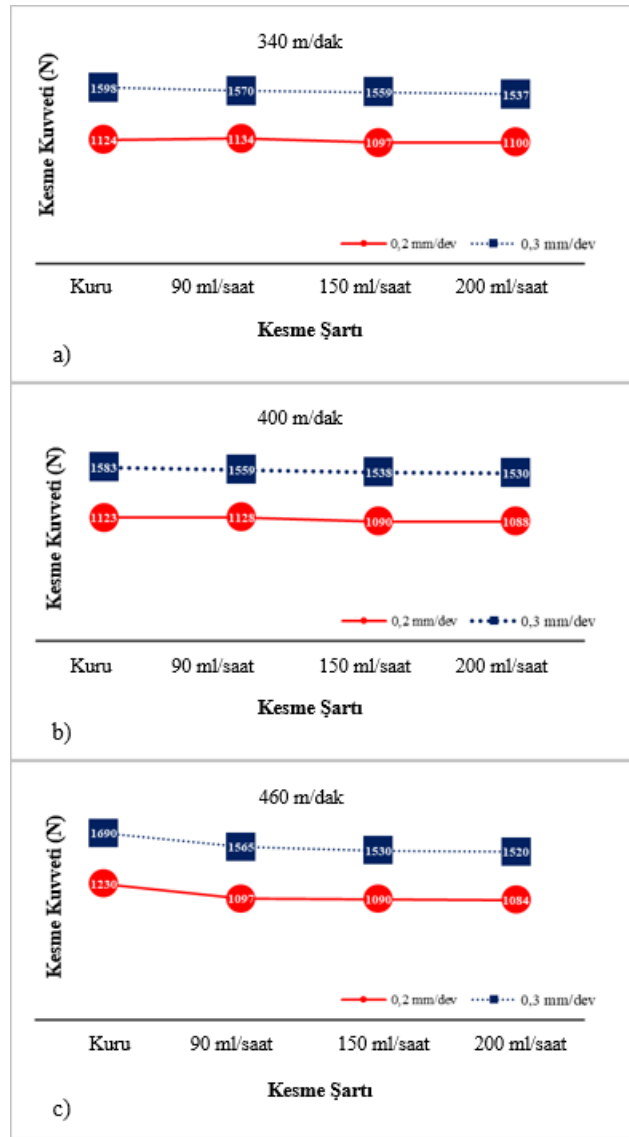
a) $f = 0,2$ mm/dev b) $f = 0,3$ mm/dev

Artan ilerleme miktarı tüm kesme koşullarında kesme kuvvetlerini arttırmıştır. Bu duruma artan ilerleme ile birlikte artan talaş kesitinin yol açtığı düşünülmektedir [32]. Aynı zamanda artan ilerleme miktarının kesme kuvvetlerinin artışına sebep olması literatürde takım talaş temas uzunluğunun artması ve bunun da talaş yükünü arttırması ile açıklanmıştır [33].

Şekil 6'da artan akış hızı ile birlikte kesme kuvvetlerinin değişimi görülmektedir. Genel olarak artan akış hızının kesme kuvvetleri üzerinde olumlu etkisinin olduğu söylemek mümkündür. Fakat akış hızının artması ile birlikte kesme kuvvetleri arasından büyük farklılık meydana gelmemiştir. Bu durumu MMY ile soğutma yönteminde sınır

yağlama şartı ile açıklanabilir. Sınır yağlamada önemli bir husus efektif yağlama miktarıdır [34]. Yani MMY ile birlikte takım talaş ara yüzeyinde bir film tabakası meydana gelmiştir. Akış hızının artması ile birlikte bu yağlama etkisi artmıştır. Fakat bir süre sonra sınır yağlama şartına ulaşıldığı için akış hızının etkisi azalmaya başlamıştır [35].

En düşük kesme kuvveti 1084 N ile 460 m/dak kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme miktarında 200ml/saat akış hızında meydana gelmiştir. En yüksek kesme kuvveti ise kuru kesme şartlarında 460 m/dak kesme hızında ve 0,3 dev/dak ilerleme miktarında 1690 N olarak meydana gelmiştir.



Şekil 6. Kesme şartlarına göre ortalama kesme kuvvetlerinin değişimi (Change of average cutting forces according to cutting conditions)

a) V= 340 m/dak

b) V= 400 m/dak

c) V= 460 m/dak

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada AISI 1050 çeliğinin tornalanmasında kesme parametrelerinin ve MMY uygulamasındaki farklı akış hızlarının ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmış ve önemli bulgular aşağıda özetlenmiştir:

- Genel olarak kesme hızlarının artması ile birlikte kesme kuvvetlerinde ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma olduğu görülmüştür.
- 460 m/dak kesme hızında her iki ilerleme miktarında da kuru kesme şartlarında kesme kuvvetleri ve ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri artarken, MMY uygulaması ile birlikte bu durum yaşanmamıştır.
- Artan ilerleme miktarlarının hem kesme kuvvetini hemde ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini arttırdığı görülmüştür.
- En düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri 460 m/dak kesme hızında, 0,2 mm/dev ilerleme miktarında, 200 ml/saat akış hızında 1,42µm olmuştur. En yüksek ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ise yine 460 m/dak kesme hızında 0,3 mm/dev ilerleme kuru kesme şartlarında 4,01 µm olarak ölçülmüştür.
- En düşük kesme kuvveti; 200 ml/saat akış hızında 460 m/dak kesme hızında ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında 1084 N olarak ölçülmüştür. En yüksek kesme kuvveti ise 1690 N olarak kuru kesme şartlarında meydana gelmiştir.
- MMY kullanımı hem kesme kuvvetini hem de ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerini olumlu yönde etkilemiştir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

The author of this article declares that the materials and methods they use in their work do not require ethical committee approval and/or legal-specific permission.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Selçuk YAĞMUR: Deneyleri yapmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

He conducted the experiments, analyzed the results and performed the writing process.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

REFERENCES (KAYNAKLAR)

- [1] Çakır A, Kavak N, Şeker U. Sürdürülebilir Üretim İçin Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesme Sıvılarının Geri Dönüşümü. Mühendis ve Makina. 58 (684) (2017) 15-30.
- [2] Özçatalbaş Y, Baş A. Tornalamada Hava Püskürtme İle Soğutmanın Kesme Kuvvetleri Ve Takım Ömrüne Etkilerinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi. 21(3) (2006) 451-455.
- [3] Yılmaz B, Karabulut Ş, Güllü A. Performance analysis of new external chip breaker for efficient machining of Inconel 718 and optimization of the cutting parameters. Journal of Manufacturing Processes. 32 (2018) 553-563.
- [4] Gürkan D, Yaşar S.A, Uzun G, Korkut İ. Vorteks Soğutma Yönteminin Talaşlı İmalat Yöntemleri Ve Kesme Parametrelerine Göre İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji. 8(3) (2020) 730-745.
- [5] Nguyen T, Zhang C. An assessment of the applicability of cold air and oil mist in surface grinding. Journal of Materials Processing Technology. 140.1-3 (2003) 224-230.
- [6] Çakır A. (2015) AA 7075 ve AA 2024 alüminyum malzemelerine delik delinmesinde soğutma yöntemlerinin işleme performansına etkilerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara
- [7] Almeida Carvalho D.O, da Silva L.R.R, da Souza F.C.R, França P.H.P, Marcado A.R, Costa E.S, Fernandes G.H.N, da Silva R.B. Flooding Application of Vegetable- and Mineral-Based Cutting Fluids in Turning of AISI 1050 Steel. Lubricants. 10 (11):309 (2022) 1-22.
- [8] Almeida Carvalho D.O, da Silva L.R.R, Mandis A.C. Impact of charging electric vehicles in residential grid on the power losses and voltage plan. 2014 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE). (2014) 1-4.
- [9] Abegunde P.O, Kazeem I. Akande I.G, Ikumapayi O.M, Adebayo A.S, Jen T.C, Akinlabi E.T. Performance assessment of some selected vegetable oils as lubricants in turning of AISI 1045 steel using a Taguchi-based grey relational analysis approach.

- Tribology - Materials, Surfaces & Interfaces. 17(3) (2023) 187-202
- [10] Khalil A.N.M, Ali M.A.M, Azmi A.L. Effect of Al₂O₃ Nanolubricant with SDBS on Tool Wear During Turning Process of AISI 1050 with Minimal Quantity Lubricant. *Procedia Manufacturing*, 2 (2015) 10-134.
- [11] Sarıkaya M, Güllü A. Taguchi design and response surface methodology based analysis of machining parameters in CNC turning under MQL. *Journal of Cleaner Production*. 65 (2014) 604-616.
- [12] Yücel A, Yıldırım Ç.V, Sarıkaya M, Şirin Ş, Kıvak T, Kumar M.G, Ítalo V.T. Influence of MoS₂ based nanofluid-MQL on tribological and machining characteristics in turning of AA 2024 T3 aluminum alloy. *Journal of Materials Research and Technology*. 15 (2021) 1688-1704.
- [13] Yıldırım Ç.V. Investigation of hard turning performance of eco-friendly cooling strategies: Cryogenic cooling and nanofluid based MQL. *Tribology International*. 144 (2020) 1-16.
- [14] Singh G, Pruncu C.I, Gupta M.K, Mia M, Khan A.M, Jamil M, Pimenov D.Y, Sen B, Sharma V.S. Investigations of Machining Characteristics in the Upgraded MQL-Assisted Turning of Pure Titanium Alloys Using Evolutionary Algorithms. *Materials*. 12 (2019) 1-17.
- [15] Musavi S.H, Davoodi B, Eskandari B. Evaluation of surface roughness and optimization of cutting parameters in turning of AA2024 alloy under different cooling-lubrication conditions using RSM method. *J. Cent. South Univ*. 27 (2020) 1714–1728.
- [16] Darshit R, Shah N.P, Hiren G, Bhavesh P. Investigation of cutting temperature, cutting force and surface roughness using multi-objective optimization for turning of Ti-6Al-4 V (ELI). *Materials Today: Proceedings*. 50, Part 5, (2022) 1379-1388.
- [17] Özlü B. Investigation of the effect of cutting parameters on cutting force, surface roughness and chip shape in turning of Sleipner cold work tool steel. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 36:3 (2021) 1241-1251.
- [18] Demir H. The effects of microalloyed steel pre-heat treatment on microstructure and machinability, *Int. J. Adv. Manuf. Technol*. 35 (2008) 1041-1046.
- [19] Akgün M, Demir H, Çiftçi İ. Optimization of surface roughness in turning Mg₂Si particle reinforced magnesium alloys. *Journal of Polytechnic*. 21 (3) (2018) 645-650.
- [20] Yağmur S, Pul M. Al 6061/B4C/GNP Hibrit Kompozitin İşlenmesinde Takım Aşınma Davranışlarının İncelenmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*. 14 (2) (2022) 816-828.
- [21] Verma N, Vettivel S.C, Rao P.S, Zafar S. Processing tool wear measurement using machine vision system and optimization of machining parameters of boron carbide and rice husk ash reinforced AA 7075 hybrid composite. *Mater. Res. Express*, 6(8) (2019).
- [22] Özbek O, Saruhan H. The effect of vibration and cutting zone temperature on surface roughness and tool wear in eco-friendly MQL turning of AISI D2. *Journal of Materials Research and Technology*. 9(3) (2020) 2762-2772.
- [23] Khatri A, Jahan M.P, Aouici H. Investigating tool wear mechanisms in machining of Ti-6Al-4V in flood coolant, dry and MQL conditions. *Procedia Manufacturing*. 26 (4) (2018) 434-445.
- [24] Saha S, Deb S, Pratim P, Bandyopadhyay P. Progressive wear based tool failure analysis during dry and MQL assisted sustainable micro-milling. *International Journal of Mechanical Sciences* 212 (2021) 1-23.
- [25] Özlü B. Sleipner soğuk iş takım çeliğinin tornalanmasında kesme parametrelerinin kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve talaş şekli üzerine etkisinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. 36 (3) (2021) 1241-1252.
- [26] Özlü B, Demir H, Türkmen M. The Effect of Mechanical Properties and the Cutting Parameters on Machinability of AISI 5140 Steel Cooled at High Cooling Rates After Hot Forging. *Politeknik Dergisi*. 22 (4) (2019) 879-887.
- [27] Altın A, Nalbant M, Taskesen A. The effects of cutting speed on tool wear and tool life when machining Inconel 718 with ceramic tools. *Materials & Design*. 28(9) (2007) 2518-2522.
- [28] Dhar N.R, Kamruzzaman M, Mahiuddin A. Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel. *Journal of Materials Processing Technology*. 172(2) (2006) 299-304.
- [29] Yağmur S. The effects of cooling applications on tool life, surface quality, cutting forces, and cutting zone temperature in turning of Ni-based Inconel 625. *Int J Adv Manuf Technol* 116 (2021) 821–833.
- [30] Çakıroğlu R. Machinability Analysis of Inconel 718 Superalloy with AlTiN-Coated

- Carbide Tool Under Different Cutting Environments. Arab J Sci Eng. 46 (2021) 8055–8073.
- [31] Su Y, Gong L, Li B, Liu Z, Chen D. Performance evaluation of nanofluid MQL with vegetable-based oil and ester oil as base fluids in turning. Int J Adv Manuf Technol. 83 (2015) 2083–2089.
- [32] Çiftçi İ, Gökçe H. Optimisation of cutting tool and cutting parameters in machining of molybdenum alloys through the Taguchi Method. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 34 (1) (2019) 201-213.
- [33] Rahim E.A, Ibrahim M.R, Rahim A.A, Aziz S, Mohid Z. Experimental Investigation of Minimum Quantity Lubrication (MQL) as a Sustainable Cooling Technique. Procedia CIRP. 26 (2015) 351-354.
- [34] Gürbüz H, Gönülaçar Y.E. Farklı Kesme Parametreleri ve MQL Debilerinde Elde Edilen Deneysel Değerlerin S/N Oranları ve YSA ile Analizi. Politeknik Dergisi. 24 (3) (2021) 1093-1107.
- [35] Ji X, Li B, Zhang X, Liang S.Y. The Effects of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Machining Force, Temperature, and Residual Stress. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing 15(11) (2014) 2443-2451.