

Investigation of the Effect of Chip Breaker Form on Surface Roughness and Cutting Forces in AISI 1040 Steel Milling

 İbrahim ÇAKMAK¹, Yakup TURGUT^{2*}
¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, 06500, Yenimahalle/ANKARA

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, 06500, Yenimahalle/ANKARA

Graphical/Tabular Abstract

Article Info:

Received: 27/01/2019

Revision 15/05/2019

Accepted: 07/06/2019

Highlights

- The effects of chip breaker form
- Milling of AISI 1040 steel at CNC vertical machine center
- The best surface roughness and cutting forces values is determination

Keywords

 Chip breaker form
 Surface roughness
 Cutting force
 AISI 1040

In this study, the effects of chip breaker forms (E-PL, M-PL, M-PM, M-MM) on the surface roughness and cutting forces were investigated in milling of AISI 1040 steel at CNC vertical machining center. Experimental studies were performed at four cutting speeds (150, 225, 300, 375 m/min), three feed rates (0.05, 0.1, 0.15 mm/tooth) and 1 mm depth of cut in dry cutting conditions. As a result of the experiments, the best surface roughness values and the lowest cutting force values were obtained with cutting tools having chip breaker form E-PL. The best surface roughness values were determined as 0,134 μm , at the cutting speed of 375 m/min and at 0,05 mm / tooth feed with E-PL coded cutting tool.

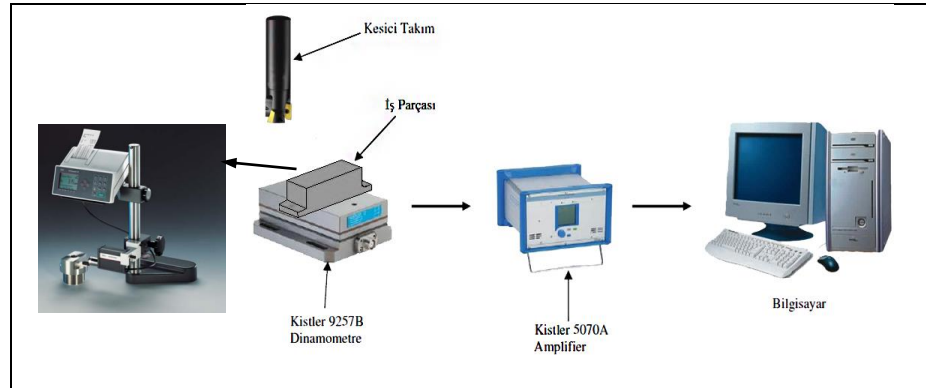


Figure A. Schematic of experimental setup

Purpose: In this study, the effects of chip breaker forms (E-PL, M-PL, M-PM, M-MM) on the surface roughness and cutting forces were investigated in milling of AISI 1040 steel at CNC vertical machining center.

Theory and Methods: Experimental studies were performed at four cutting speeds (150, 225, 300, 375 m/min), three feed rates (0.05, 0.1, 0.15 mm/tooth) and 1 mm depth of cut in dry cutting conditions in milling of AISI 1040 steel at CNC vertical machine center.

Results: As a result of the experiments, the best surface roughness values and the lowest cutting force values were obtained with cutting tools having chip breaker form E-PL. The best surface roughness values were determined as 0,134 μm , at the cutting speed of 375 m/min and at 0,05 mm / tooth feed with E-PL coded cutting tool.

Conclusion: Surface roughness was increased for all cutting tools with the increase in feed rate and decreased with increasing cutting speed. It was observed that cutting force increases with the increase in feed rate and decreases with the decrease in cutting speed.



AISI 1040 Çeliğinin Frezelenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Araştırılması

İbrahim ÇAKMAK¹, Yakup TURGUT^{2*}

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı, 06500, Yenimahalle/ANKARA

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümü, 06500, Yenimahalle/ANKARA

Öz

Bu çalışmada, AISI 1040 çeliğinin CNC dik işleme merkezinde frezelenmesinde farklı talaş kırıcı formlarına sahip (E-PL, M-PL, M-PM, M-MM) kesici uçların, yüzey pürüzlülüğü ile kesme kuvvetlerine etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar, kuru kesme şartlarında dört kesme hızı (150, 225, 300, 375 m/dak), üç ilerleme miktarı (0.05, 0.1, 0.15 mm/diş) ve 1 mm kesme derinliğinde yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, en iyi yüzey pürüzlülük değerleri ve en düşük kesme kuvveti değerleri E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlarla elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülükleri bütün kesiciler için genel olarak ilerlemenin artışı ile artmış, kesme hızının artışı ile azalmıştır. En iyi yüzey pürüzlülük değerleri, E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici ile 0,05 mm/diş ilerleme değerinde 375 m/dak kesme hızında 0,134 µm olarak belirlenmiştir. Kesme kuvvetleri ise ilerleme değerlerinin artmasıyla artmış, kesme hızlarının artmasıyla azalmıştır.

Makale Bilgisi

Başvuru: 27/01/2019

Düzeltilme: 15/05/2019

Kabul: 07/06/2019

Anahtar Kelimeler

Talaş kırıcı formu

Yüzey pürüzlülüğü

Kesme kuvveti

AISI 1040

Keywords

Chip breaker form

Surface roughness

Cutting force

AISI 1040

Abstract

In this study, the effects of chip breaker forms (E-PL, M-PL, M-PM, M-MM) on the surface roughness and cutting forces were investigated in milling of AISI 1040 steel at CNC vertical machining center. Experimental studies were performed at four cutting speeds (150, 225, 300, 375 m/min), three feed rates (0.05, 0.1, 0.15 mm/tooth) and 1 mm depth of cut in dry cutting conditions. As a result of the experiments, the best surface roughness values and the lowest cutting force values were obtained with cutting tools having chip breaker form E-PL. Surface roughness was increased for all cutting tools with the increase in feed rate and decreased with increasing cutting speed. The best surface roughness values were determined as 0,134 µm, at the cutting speed of 375 m/min and at 0,05 mm / tooth feed with E-PL coded cutting tool. In addition, it was observed that cutting force increases with the increase in feed rate and decreases with the decrease in cutting speed.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Frezeleme işlemi makine imalat sektöründe, otomotiv (özellikle otomotiv yan sanayinde) ve uçak endüstrisinde önemli bir yere sahiptir. Frezeleme işlemi ile düzlem yüzeyler, eğik, dairesel ve çeşitli profildeki yüzeyler, vidalar, dişli çarklar ve kanallar, istenilen kalitede seri olarak işlenebilmektedir. Freze tezgâhlarında kullanılan birçok kesici takımında kesici ağız sayısı birden fazla olduğu için verimlilikleri yüksektir ve işlenen yüzeylerde istenilen kalite elde edilebilmektedir [1].

Metal işleme esnasında, malzemenin fazla kısımları kesici takımlar sayesinde talaş şeklinde atılırlar. Bu talaşlar, kesme şartlarına bağlı olarak değişik şekillerde oluşurlar. Aynı zamanda, çeşitli formlardaki talaş oluşumu iş parçası ve takım malzemelerine ve kesici takım geometrisine de bağlıdır. [2]. Takım üreticilerine göre, kesici takımların imalat prosedürleri, özellikle mikro geometri hazırlama (kesici kenar gibi), takımların performansları ve tutarlılıkları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Talaş oluşum mekanizmasını daha iyi anlamak ve kesme kuvvetleri, kesme sıcaklıkları, takım aşınması, yüzey kalitesi ve

işlenmiş yüzey bütünlüğü gibi işleme performanslarını doğru bir şekilde tahmin etmek için kesici takım kenarı etkisini dikkate almak önemlidir [3].

Talaşlı imalatta ideal işlenebilirlik parametrelerinin belirlenmesinde, işlenen malzemenin mekanik özellikleri, kesici takım sertliği, ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı ve kesici takım geometrisi önemli bir rol oynamaktadır [4]. Kesici takım geometrisini oluşturan en önemli parametrelerden biri de talaş kırıcı formudur. Kesici takımlardaki talaş kırıcı formları, kesme direncini azaltır ve iş parçasında daha iyi bir yüzey kalitesini sağlamada yardımcı olur [5]. Kesici takım üzerindeki talaş kırıcılar, kesici takım ile talaş arasındaki temas alanını geleneksel kesicilere göre daha kısaltmaktadır. Bu sebeple talaş kırıcı formları kesici takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığı ve güç tüketimini düşürerek işlenen parçalarda yüzey bütünlüğü açısından avantajlar sunmaktadır [6].

Yüzey pürüzlülüğü, işlenmiş parçalar üzerindeki yüzey kalitesinin esas göstergesidir. Yüzey pürüzlülüğü esas olarak, uç yarıçapı, kesme kenarı geometrisi, boşluk açısı gibi takım geometrisi ve ilerleme oranı, kesme hızı, kesme derinliği gibi işleme parametrelerine bağlıdır [7]. Üretilen parçaların yüzey kalitelerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün rolü büyüktür. Bununla birlikte yüzey pürüzlülüğü, üretilen bir ürünün yorulma ve aşınma direncini, ısıl iletkenliğini, sürtünme ve yağlama gibi özelliklerini de etkilemektedir. Üretilen parçalarda yüzey yapısı (pürüzlülüğü) bu alanlarda değil aynı zamanda; hidrodinamik, sızdırmazlık, elektrik, ısı iletimi vb. alanlarda da dikkat edilmesi gereken önemli bir faktördür [8].

Mühendislik tasarımlarında, malzemelerin veya ürünlerin maruz kaldığı gerilmelerin ölçümü, basıncın veya yüklerin sebep olduğu kuvvetlerin ölçümü oldukça önemlidir. Bunun yanında, kesici takımlardaki aşınma ile kesme kuvvetleri arasındaki ilişkiyi ortaya koyabilmek için kesme kuvvetlerini ölçmek gerekir. Özellikle de kesme parametrelerine bağlı kesme kuvvetlerinin durumları belirlenmek isteniyorsa kesme kuvvetlerinin iyi bir şekilde ölçülmesi gerekmektedir [9].

Metal işlemede, işleme değişkenlerinden doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biri de kesme kuvvetleridir. Kesme kuvvetleri ise; ilerleme miktarı, kesme derinliği, kesme hızı, takım ve talaş geometrisi, işlenen malzeme, kesici takım - tezgâh çiftinin dinamik özellikleri, bağlama şekilleri, takım aşınması, sıcaklık, titreşim gibi faktörlerden etkilenir. Kesme kuvvetleri sayesinde kesici takım ile ilgili önemli bilgilere ulaşılırken bu bilgiler bize işlenebilirlik hakkında, takım kırılması veya aşınması hakkında, yüzey yapısı hakkında ön bilgiler sunmaktadır [10,11].

Bahsedilen bu konularla bağlantılı literatürde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Altınkaya ve Güllü, paslanmaz çeliği (AISI 316) parmak freze ile işlerken, kesici uç talaş kırıcı formunun (ERGP, SRGC, ERGC) takım aşınmasına ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. En düşük yüzey pürüzlülük değerini ERGC kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla elde ettiklerini belirtmişlerdir [12]. Domaç frezeleme işleminde kesici uç yarıçapı ve uç geometrisinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerinin araştırmış ve en iyi sonucu pahlı kesme kenarına sahip kesici uçlarla elde ettiğini belirtmiştir [13]. Sarı ve arkadaşları AISI 1040 çeliği üzerinde yapmış oldukları frezeleme deneylerinde, takım geometrisi ve tirlama titreşimlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerini araştırmışlardır. Deneyler sonucunda en iyi yüzey pürüzlülüğünü 0° talaş açılı kesici ile 45° yaklaşma açısında ve 0,4-0,8 mm kesici uç yarıçapına sahip kesicilerle elde edildiğini ifade etmişlerdir [14]. Chang, 304 paslanmaz çeliğin yüzey frezelenmesinde pahlı esas kesme kenarının talaş yapısına ve talaş oluşum mekanizmasına etkisini araştırmıştır. Uygun kesme şartları diye belirttiği kesme şartlarında pahlı ana kesme kenarına sahip kesici takımlar kullanıldığında oluşan talaşın akışının daha kolay olduğunu belirtmiştir [15].

Gürbüz ve ark. AISI 1050 çeliğinin tornalamışlar ve işlenen parçalardaki yüzey pürüzlülüğüne talaş kırıcı formlarının ve kesme parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca yapay sinir ağları ile talaş kırıcı formlarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini modellemişlerdir. Sonuç olarak talaş kırıcı formların ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri tartışılmıştır [5]. Gürbüz ve ark. AISI 1050 çelik malzemeyi beş farklı talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar ile tornalayıp, sabit kesme hızında, üç farklı ilerleme ve iki farklı kesme derinliğinde talaş kırıcı formlarının esas kesme kuvveti üzerindeki etkilerini matematiksel olarak analiz etmişlerdir. Çalışma ile tüm talaş kırıcı formları için 10 farklı matematiksel model oluşturulmuş ve bu oluşturulan matematiksel modellerin genel olarak yüksek tutarlılık gösterdiği belirtilmiştir [16]. Gürbüz ve ark., AISI 316L çeliğin tornalanmasında kesici

takım kenar formu ve talaş kırıcı formlarının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada MR, MM, QM talaş kırıcı formu kullanılmış ve en yüksek kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü MR talaş kırıcı formunda, en düşük kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğü ise QM talaş kırıcı formunda elde edildiği belirtilmiştir [17]. Yılmaz ve ark. inconel 718 malzemenin tornalanmasında harici bir talaş kırıcı tasarlamışlar ve talaş kırıcının performansını araştırmışlardır. Geliştirilen bu talaş kırıcı ile tüm kesme parametreleri ve talaş morfolojileri bakımından iyi talaş kırma özelliği elde edildiği vurgulanmıştır [18]. Nalbant ve ark. inconel 718 malzemenin tornalanmasında, kesici takım geometrisinin ve kesme hızının, kesme kuvvetleri üzerindeki etkisini araştırmışlar ve dört farklı geometrideki kesici takımda oluşan kesme kuvvetlerini karşılaştırmışlardır [19].

Bu çalışmalardan başka literatürde tornalama işleminde talaş kırıcı formu, kesici kenar formu ve talaş kırma ile ilgili birçok çalışmanın yapıldığı [20-26] ancak frezeleme işleminde bu tür çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Frezeleme işleminde farklı kesme kenar geometrileri, kesme parametreleri ve kesici uç sayılarının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı, talaş kırıcı geometrisi üzerine yapılan çalışmaların ise oldukça az olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışmada, farklı talaş kırıcı geometrilerine sahip kesici uçlarla AISI 1040 çeliğinin frezelenmesinde talaş kırıcı geometrilerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

2. MALZEME VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

2.1. Deney Malzemesi (Experiment Material)

Bu çalışmada, imalat sektöründe yaygın olarak kullanılan AISI 1040 çeliği kullanılmıştır. AISI 1040 çeliği makine sanayinde, otomotiv sektöründe ve imalat sanayinin yanı sıra özellikle cer kancaları, dişliler, kazıcılar, raylar vb. birçok alanda kullanılan bir malzemedir [27]. Deneylerde kullanılan malzemenin boyutları 100x50x12 mm olup, kimyasal kompozisyonu Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deney malzemesinin kimyasal kompozisyonu (Ağırlık%)

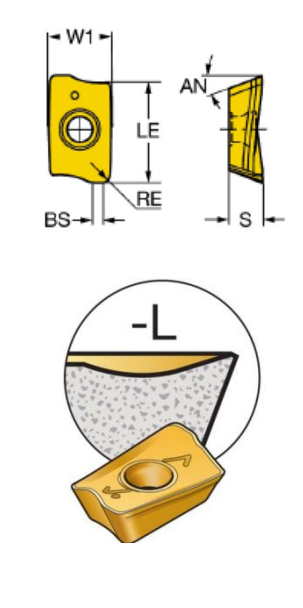
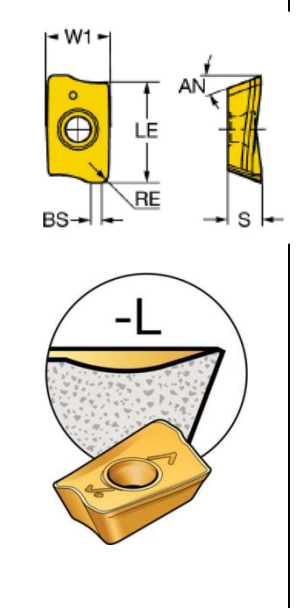
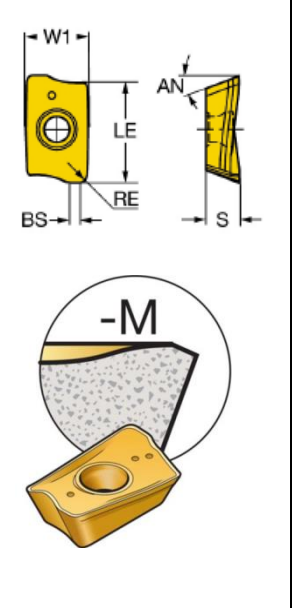
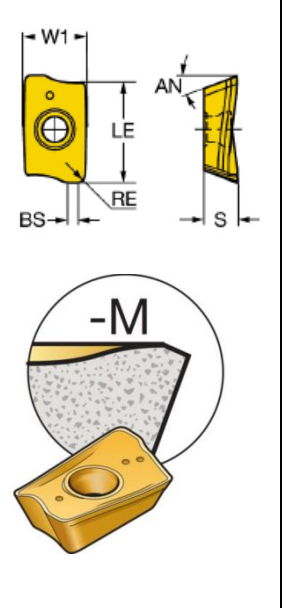
Malzeme	C	Si	Mn	P	S	Fe
AISI 1040	0,15-0,24	0,1-0,3	0,3-0,6	0,04	0,05	Diğer

2.2. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı ve Kesici Takım (Machine and Cutting Tool Used in The Experiments)

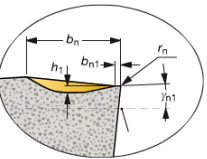
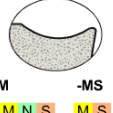
Deneyler, FANUC kontrol ünitesine sahip Johnford VMC-550 CNC dik işleme merkezinde kuru kesme şartlarında yapılmıştır. Deneylerde dört farklı talaş kırıcı geometrisine sahip; R390-11 T3 08 E-PL1030, R390-11 T3 08 M-PL1030, R390-11 T3 08 M-PM1030 ve R390-11 T3 08 M-MM2040 kodlu PVD kaplamalı karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımları bağlamada 25A3R040A25SAD10 kodlu takım tutucu kullanılmıştır. Deneyler esnasında takım tutucuya bir adet kesici uç bağlanmıştır. Tablo 2’de deneylerde kullanılan kesici takımların boyutları, Şekil 1a’da geometrik bilgileri ile Şekil 1b’de talaş kırıcı formlarının özellikleri verilmiştir.

Tablo 2. Kesici takımların boyutları

Açıklama	Tolerans Sınıfı	Kesici Köşe Sayısı	Kesici Uç Genişliği (W1) mm	Kesici Kenar Uzunluğu (LE) mm	Köşe Radyüsü (RE) mm	Silici Uç Uzunluğu (BS) mm	Kesici Uç Kalınlığı (S) mm
R390-11 T3 08 <u>E-PL1030</u>	E	2	6.8	11	0.8	1.5	3.59
R390-11 T3 08 <u>M-PL1030</u>	M	2	6.8	11	0.8	1.2	3.59
R390-11 T3 08 <u>M-PM1030</u>	M	2	6.8	11	0.8	1.2	3.59
R390-11 T3 08 <u>M-MM2040</u>	M	2	6.8	11	0.8	1.2	3.59

			
R390-11 T3 08E-PL1030	R390-11 T3 08M-PL1030	R390-11 T3 08M-PM1030	R390-11 T3 08M-MM2040

Şekil 1a. Deneylerde kullanılan kesici uçların geometrisi

		Özellikler	-LM	-MS																												
Özellikler	-LM -MS P M N S M S	<ul style="list-style-type: none"> Düşükten orta ilerlemelere Haff kesim Uzun talaş oluşturan malzemelerde mükemmel talaş kontrolü LM - uzun talaş oluşturan malzemeler için ilk tercih MS - paslanmaz çelik için optimize edilen keskin kenar geometrisi 																														
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Özellikler</th> <th></th> <th>-LM</th> <th>-MS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Köşe radyüsü (çevresel kesici uç)</td> <td>r_e</td> <td>Büyük</td> <td>Büyük</td> </tr> <tr> <td>Talaş kırıcı boyu</td> <td>b_n</td> <td>Uzun</td> <td>Uzun</td> </tr> <tr> <td>Talaş kırıcı derinliği</td> <td>h_1</td> <td>Derin</td> <td>Derin</td> </tr> <tr> <td>Birinci düzlük genişliği</td> <td>b_{n1}</td> <td>Uzun</td> <td>Uzun</td> </tr> <tr> <td>Birinci düzlük açısı</td> <td>γ_{n1}</td> <td>Pozitif</td> <td>Pozitif</td> </tr> <tr> <td>Kenar radyüsü</td> <td>r_n</td> <td>Orta</td> <td>Küçük</td> </tr> </tbody> </table>	Özellikler		-LM	-MS	Köşe radyüsü (çevresel kesici uç)	r_e	Büyük	Büyük	Talaş kırıcı boyu	b_n	Uzun	Uzun	Talaş kırıcı derinliği	h_1	Derin	Derin	Birinci düzlük genişliği	b_{n1}	Uzun	Uzun	Birinci düzlük açısı	γ_{n1}	Pozitif	Pozitif	Kenar radyüsü	r_n	Orta	Küçük		
Özellikler		-LM	-MS																													
Köşe radyüsü (çevresel kesici uç)	r_e	Büyük	Büyük																													
Talaş kırıcı boyu	b_n	Uzun	Uzun																													
Talaş kırıcı derinliği	h_1	Derin	Derin																													
Birinci düzlük genişliği	b_{n1}	Uzun	Uzun																													
Birinci düzlük açısı	γ_{n1}	Pozitif	Pozitif																													
Kenar radyüsü	r_n	Orta	Küçük																													

Şekil 1b. Kullanılan uçların talaş kırıcı formlarının özellikleri

2.3. Kesme Parametreleri (Cutting Parameters)

Çalışmada, kesici takım firması tarafından önerilen kesme parametreleri göz önüne alınarak dört farklı kesme hızı; 150, 225, 300, 375 m/dak, üç farklı ilerleme; 0,05, 0,1, 0,15 mm/diş ve 1 mm sabit kesme derinliği kullanılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri

Kesme şartı	Parametre/Özellik
Kesici Takımlar (Kaplama malzemesi)	R390-11 T3 08E-PL1030 R390-11 T3 08M-PL1030 R390-11 T3 08M-PM1030 R390-11 T3 08M-MM2040
Kesme Hızı (m/dak)	150 - 225 - 300 - 375
İlerleme Hızı (mm/diş)	0,05 - 0,1 - 0,15
Kesme Derinliği (mm)	1

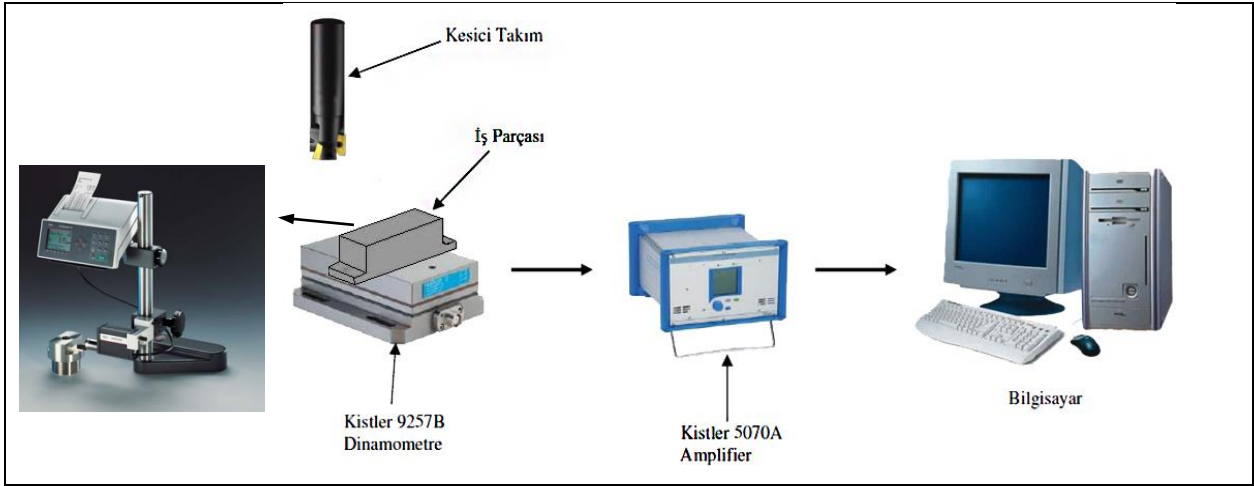
Tablo 3.(Devam)

Kesme Genişliği (mm)	12
Kesme Boyu (mm)	100
Kesici Ağız Sayısı (adet)	1
Takım Tutucu apı (mm)	20
Kesme Yöntemi	Simetrik alın frezeleme

2.4. Yüzey Pürüzlülük ve Kuvvet Ölçüm Cihazı (Surface Roughness and Force Measure Instrument)

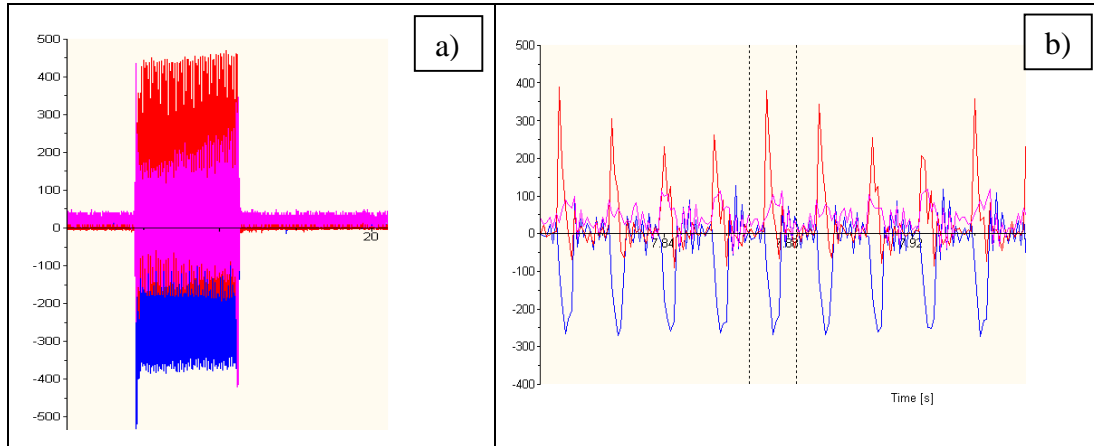
Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesinde ortalama yüzey pürüzlülük değeri olan Ra dikkate alınmıştır. Pürüzlülük ölçümlerinde, MAHR - Perthometer-M1 taşınabilir yüzey pürüzlülük cihazı kullanılmıştır (Şekil 2). Her bir deney sonrasında numune üzerinde üç farklı noktadan ölçüm alınarak bu değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır.

Deneylerden elde edilen kesme kuvveti verileri, Şekil 2’de görülen deney düzeneğine bağlı dinamometre ve bu dinamometrenin üzerine bağlanan deney parçalarının işlenmesi esnasında alınmıştır.



Şekil 2. Deney düzeneği şematik gösterimi

Deneyler esnasında oluşan kesme kuvveti verileri Dinamometre yardımıyla ölçülmüş ve veri aktarma kablosu ile Amplifier'a (yükseltee) aktarılmış oradan da veri okuma kartı ve program sayesinde bilgisayara aktarılmıştır. Daha sonra bu veriler ışığında DynoWare programı kullanılarak kesici uçta oluşan üç farklı yöndeki kuvvetin (F_x , F_y , F_z) değerlendirmesi yapılmıştır. Deęerlendirmede, kararlı kesme bölgesinde en az beş değeri alınmış ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır (Şekil 3). Son olarak da, elde edilen bu üç kuvvetin (F_x , F_y , F_z) bileşkesi alınarak bileşke kuvvet bulunmuştur.



Şekil 3. Kesme kuvvetlerinin Dynoware programındaki grafik görüntüsü

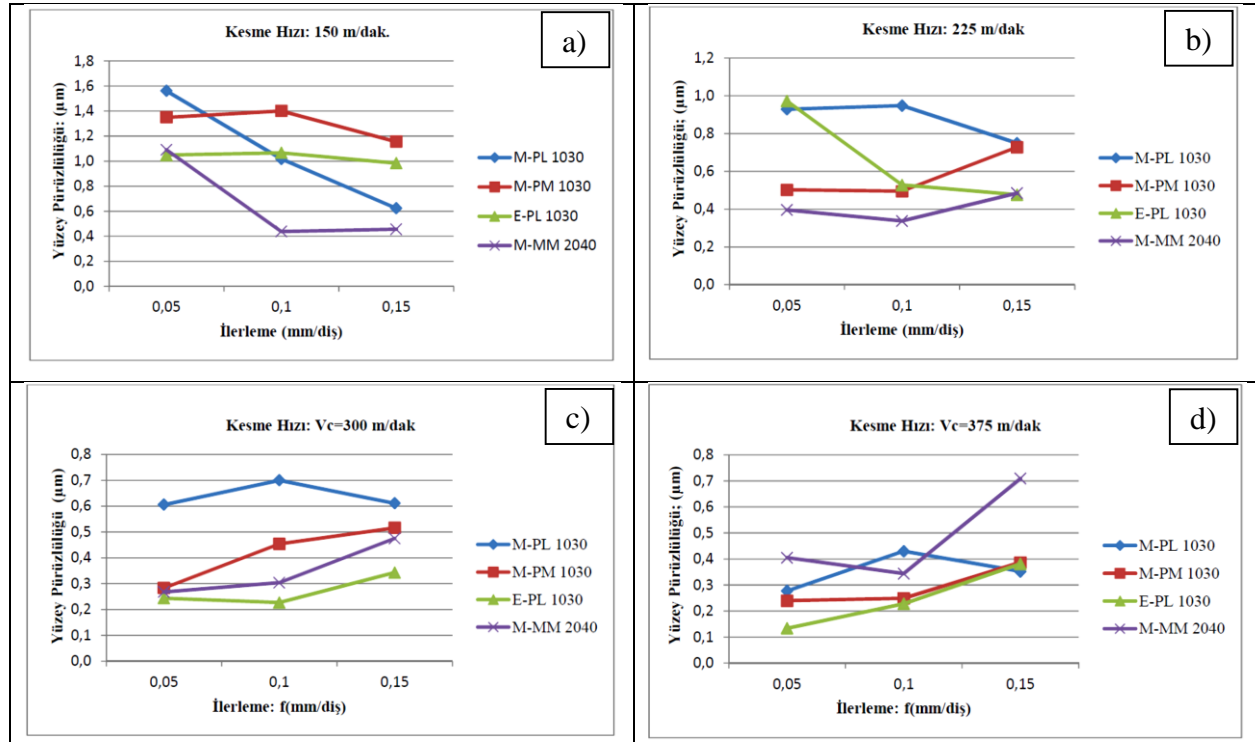
a) Deney esnasındaki kesme kuvvetlerinin tüm verisi

b) Grafiğin büyütülmüş hali

3. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. İlerleme Miktarının YüzeY Pürüzlülüğüne Etkisi (The Effect of Feed Rate On the Surface Roughness)

Her bir kesici için aynı kesme hızlarında, artan ilerleme değerlerinde yapılan deneyler neticesinde elde edilen ortalama yüzeY pürüzlülüğü (Ra) değerleri şekil 4’deki grafiklerde verilmiştir.



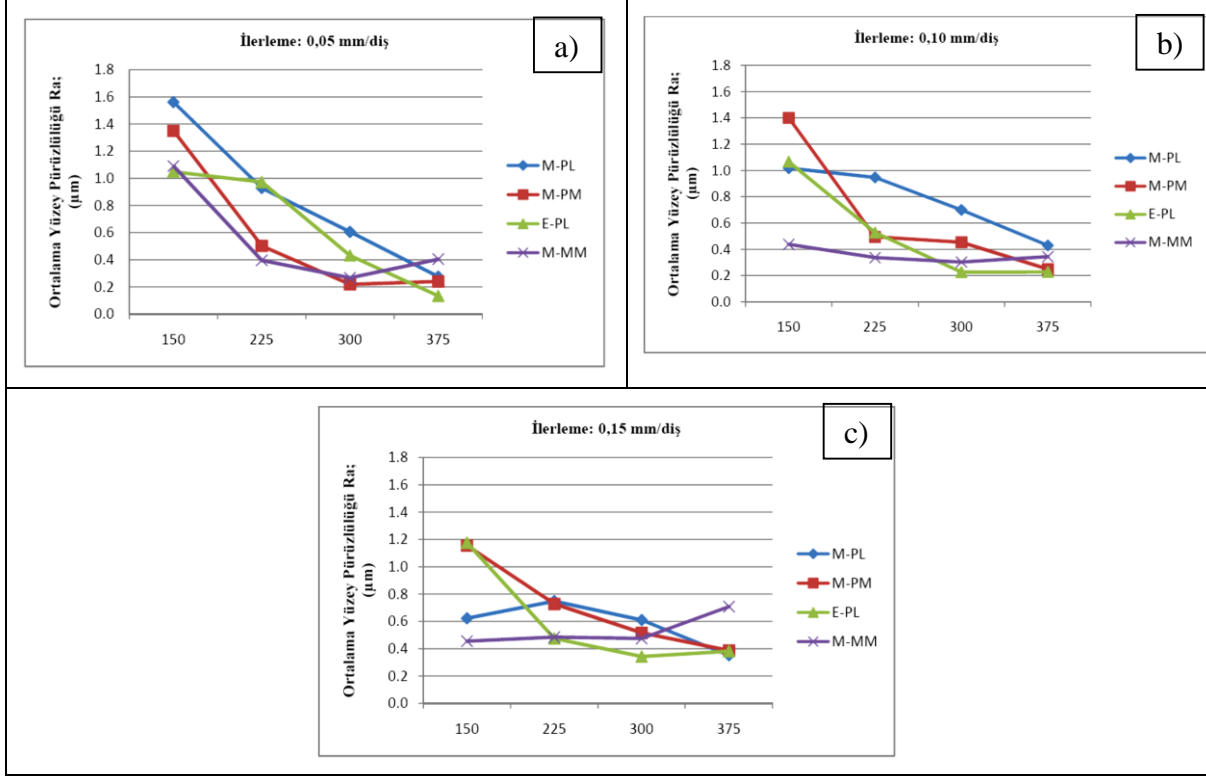
Şekil 4. Her bir kesici için ilerlemeye bağlı ortalama yüzeY pürüzlülükleri
a) V= 150 m/dak, b) V= 225 m/dak, c) V= 300 m/dak, d) V= 375 m/dak

Grafikler genel olarak değerlendirildiğinde düşük kesme hızında (150m/dak) bütün kesici uçlar için artan ilerleme oranına karşın yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma görülmüştür. Frezeleme işleminde yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli etken, kesici ucun kesme işleminden sonraki turda, arka kısımda iş parçasının işlenen yüzeyini çizmesidir. Bu sebeple 150 ve 225 m/dak kesme hızında 0,05 mm/diş ilerleme hızında, kesici takımın birim zamanda aldığı yol (ilerleme) az olduğundan, kesici uç kesme işleminden sonraki dönüşte iş parçasını daha sık çizerek ilerlediği ve böylece yüzey pürüzlülüğünün daha yüksek çıktığı düşünülmektedir. Artan ilerleme miktarlarında kesicinin birim zamanında aldığı yol (ilerleme) arttığından bu çizikler daha az oluştuğu için yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. 225 m/dak kesme hızında M-PL ve E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçlar için artan ilerleme miktarına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma görülmüştür. M-PM ve M-MM kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici takımlar için ise artan ilerleme miktarına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür.

Bütün kesici uçlar için orta ve yüksek kesme hızlarında (300-375 m/dak) artan ilerleme oranına karşın yüzey pürüzlülük değerlerinde artış görülmüştür. 250-300 m/dak kesme hızları tavsiye edilen ortalama kesme hızları olduğu için buradaki yüzey pürüzlülükleri normal beklenti olarak ilerlemenin artışıyla artış göstermiştir. Literatürde bu sonuçlara paralel sonuçlar tespit edilmiştir [15,28,29]. Düşük kesme hızlarında (150-225 m/dak) en düşük yüzey pürüzlülük değerleri M-MM kodlu kesici uçla, yüksek kesme hızlarında (300-375 m/dak) en düşük yüzey pürüzlülük değerleri ise E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla elde edilmiştir.

3.2. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi (The Effect of Cutting Speed on the Surface Roughness)

Her bir kesici için aynı ilerleme oranlarında, artan kesme hızlarında yapılan deneyler neticesinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri şekil 5'deki grafiklerde verilmiştir.



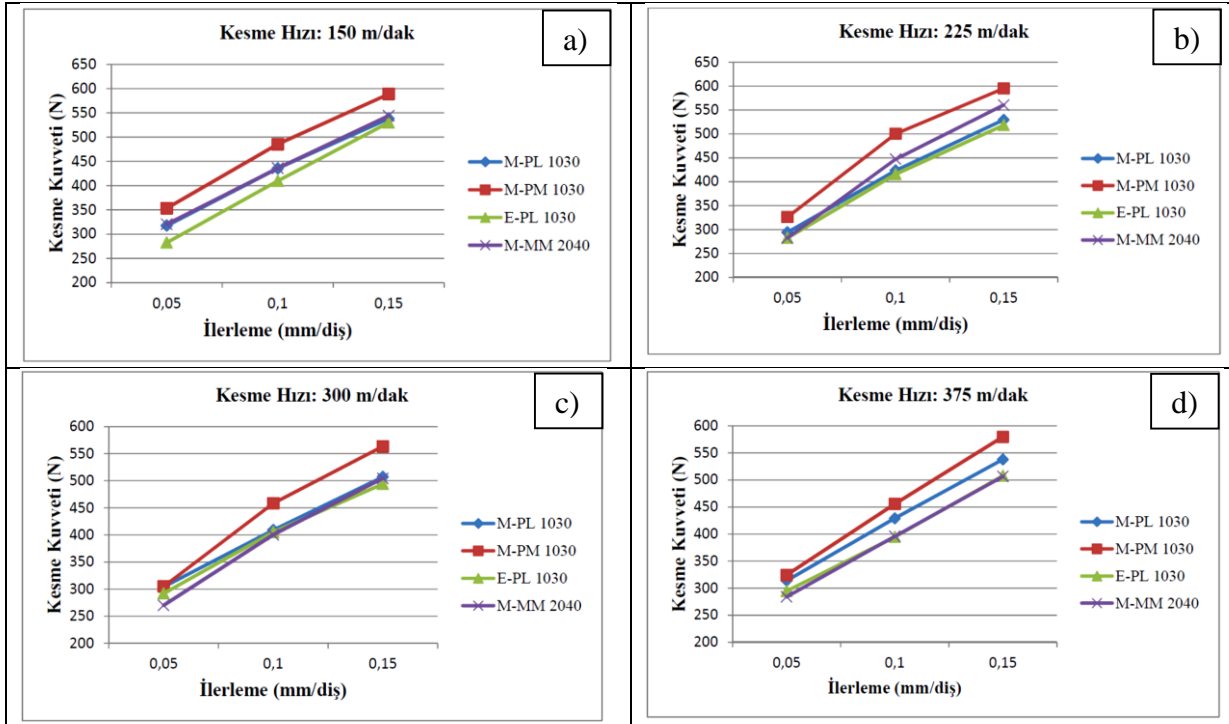
Şekil 5. Kesici uçların her bir ilerleme değeri için kesme hızına bağlı ortalama yüzey pürüzlülükleri
a) $F=0,05$ mm/diş, b) $F=0,10$ mm/diş, c) $F=0,15$ mm/diş

Bütün kesici uçlar için kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülük değerleri azalmaktadır. Literatürde, artan kesme hızıyla birlikte yüzey pürüzlülük değerinin azalmasını deformasyonların küçülmesine bağlanmıştır. Deformasyonların küçülmesini ise kesme hızlarındaki artış ile takım talaş temas uzunluğunun kısılmasına ve kesme kuvvetlerinin azalması ile açıklamışlardır [15,30-32].

Bütün kesici uçlar yüzey pürüzlülüğü açısından genel olarak değerlendirildiğinde, düşük ilerlemelerde (0,05 mm/diş) en iyi yüzey kalitesi M-PM 1030 ve M-MM 2040 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçlarla elde edilirken orta ve yüksek ilerlemelerde (0,10-0,15 mm/diş) en düşük yüzey pürüzlülük değeri ise E-PL 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla elde edilmiştir. M-PL 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uç ile yapılan deneylerde ise bütün ilerleme hızlarında, en yüksek yüzey pürüzlülük değerleri ortaya çıkmıştır.

3.3. İlerleme miktarının kesme kuvvetlerine etkisi (The Effect of Feed Rate on the Cutting Forces)

Her bir kesici için aynı kesme hızlarında, artan ilerleme değerlerinde yapılan deneyler neticesinde elde edilen kesme kuvveti (N) değerleri şekil 6'daki grafiklerde verilmiştir.



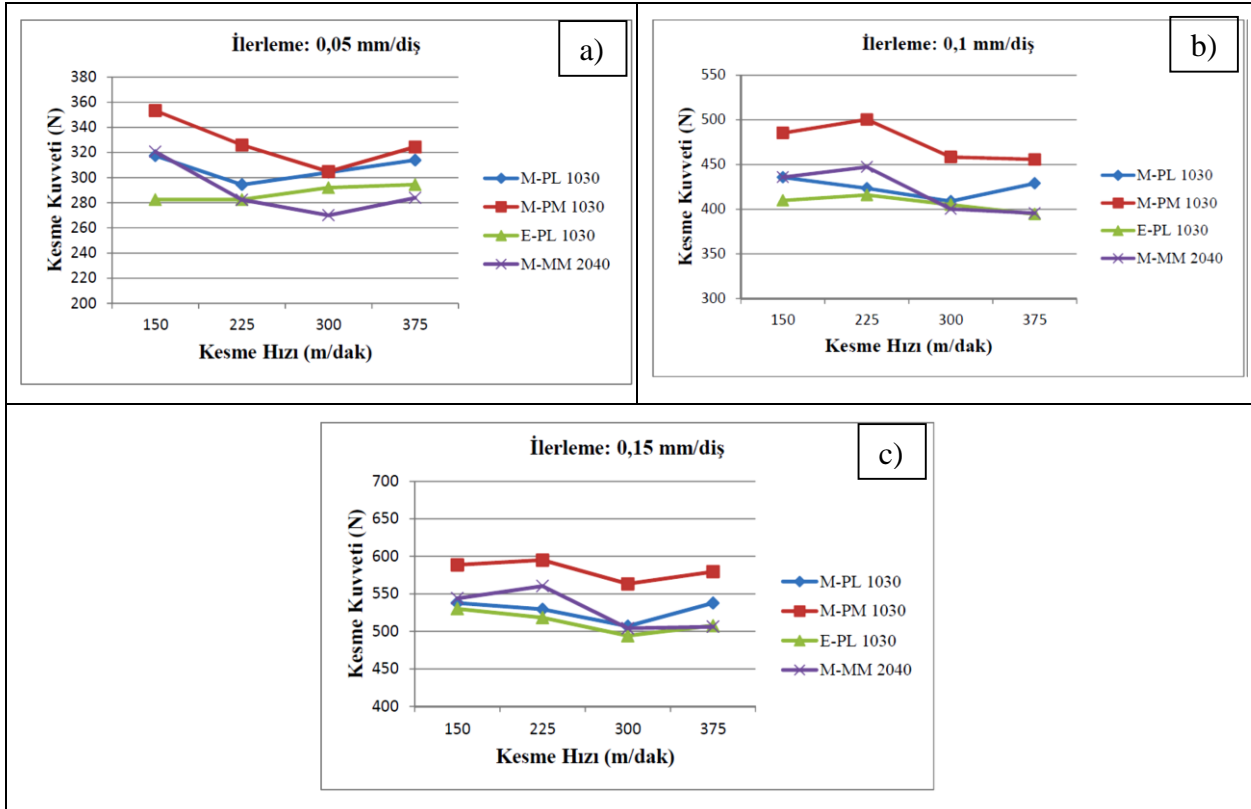
Şekil 6. Her bir kesici için ilerlemeye bağlı kesme kuvvetleri

a) $V = 150$ m/dak, b) $V = 225$ m/dak, c) $V = 300$ m/dak, d) $V = 375$ m/dak

Bütün kesme hızlarında ilerlemeye bağlı kesme kuvvetleri açısından en iyi sonuç genel olarak E-PL 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla elde edilmiştir. Bunu, E-PL 1030 kodlu kesici takımında talaş kırıcı geometrisinin diğerlerine nazaran kesici kenarı daha sivri hale getirmesi ve malzemeye daha kolay batması ile açıklamak mümkündür. En yüksek kesme kuvvetleri ise, M-PM 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesicide oluşmuştur. En yüksek kesme kuvveti değerinin; 225 m/dak kesme hızında, 0,15 mm/diş ilerleme miktarında M-PM 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uç ile yapılan deneyde kaydedildiği görülmüştür. En düşük kesme kuvvetinin ise 300 m/dak kesme hızında, 0,05 mm/diş ilerleme miktarında ve M-MM 2040 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uç ile yapılan deneyde olduğu görülmektedir. Bütün kesme şartlarında kesme kuvvetleri, ilerlemenin artmasıyla artmıştır. Bu artışı, ilerlemenin artması ile kaldırılan talaş hacminin artmasına bağlamak mümkündür [15,33]. En düşük kesme kuvveti sonuçları E-PL 1030 ve M-MM 2040 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçlarla elde edilmiştir.

3.4. Kesme hızının kesme kuvvetlerine etkisi (The effect of cutting speed on the cutting forces)

Her bir kesici için aynı kesme hızlarında, artan kesme hızlarında yapılan deneyler neticesinde elde edilen kesme kuvveti (N) değerleri Şekil 7'deki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 7. Her bir kesici için kesme hızına bağlı kesme kuvvetleri
a) $F = 0,05$ mm/diş, b) $F = 0,1$ mm/diş, c) $F = 0,15$ mm/diş

Kesme kuvvetleri bütün kesici uçlar için orta kesme hızlarına kadar azalmış, daha sonra kesme hızlarının artışı ile artmıştır. Bunun sebebini belli bir kesme hızına kadar kesme bölgesinde açığa çıkan enerji (ısı), deformasyonu ve talaş akışını kolaylaştırmasına bağlamak mümkündür [34]. Düşük ilerleme oranında (0,05 mm/diş) kesme hızına bağlı kesme kuvvetleri açısından en iyi sonuç M-MM 2040 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla elde edilmiştir. Orta ve yüksek ilerlemelerde (0,1-0,15 m/diş) ise en iyi sonuç E-PL 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla elde edilmiştir. En yüksek kesme kuvvetinin 225 m/dak kesme hızında 0,15 mm/diş ilerleme oranında ve M-PM 1030 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla meydana geldiği görülmüştür. En düşük kesme kuvvetinin ise; 300 m/dak kesme hızında 0,05 mm/diş ilerleme oranında ve M-MM 2040 kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici uçla meydana geldiği görülmüştür. Kesme kuvvetleri açısından, AISI 1040 çeliğinde bu kesicilerle yapılan işlenebilirlik deneyleri sonucunda optimum kesme hızı tüm kesiciler için 300 m/dak olduğu söylenebilir.

4. SONUÇLAR (CONCLUSION)

Frezeleme işleminde farklı talaş kırıcı geometrilerine sahip kesici takımlar ile AISI 1040 imalat çeliği üzerinde yapılan deneylerde talaş kırıcı geometrilerinin yüzey pürüzlülüğüne ve kesme kuvvetlerine etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- En iyi yüzey pürüzlülük değerleri, E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici ile 0,05 mm/diş ilerleme değerinde 375 m/dak kesme hızında $0,134 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir.
- En kötü yüzey pürüzlülük değerleri, E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesici ile düşük ilerleme değerleri (0,05 mm/diş) ve düşük kesme hızı değerlerinde (150 m/dak) $1,561 \mu\text{m}$ çıkmıştır.
- Yüzey pürüzlülük değerleri, bütün kesiciler için artan kesme hızlarına karşı sürekli azalma göstermiştir.
- Kesme kuvvetlerinde, 300 m/dak kesme hızına kadar azalma, 300 m/dak kesme hızından sonra artış tespit edilmiştir.
- Kesme kuvvetleri açısından en iyi sonuç, E-PL kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesicide oluşurken en yüksek kesme kuvveti değerleri ise M-PM kodlu talaş kırıcı formuna sahip kesicide oluşmuştur.

- Yüzey pürüzlülükleri bütün kesiciler için genel olarak ilerlemenin artışı ile artmış, kesme hızının artışı ile azalmıştır.
- Kesme kuvvetleri, bütün kesiciler için, ilerlemenin artışı ile artmış, kesme hızının artışı ile azalmıştır.
- Yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti birlikte ele alındığında kullanılan kesme parametreleri içinde en ideal olanları 300 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/diş ilerleme değerleri olduğu tespit edilmiştir.
- Bütün kesici uçlar, yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirildiğinde, en iyiden kötüye doğru yüzey kalitesi sırasıyla E-PL; M-MM; M-PM; M-PL kodlu kesici uçlarla elde edilmiştir.
- Bütün kesici uçlar kesme kuvvetleri açısından değerlendirildiğinde, en düşükten büyüğe doğru kesme kuvvetleri sırasıyla, E-PL; M-MM; M-PL; M-PM kodlu kesici uçlarla elde edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] N. İpekçioğlu, Frezecilik, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, 3-5, 1984.
- [2] R.M.D. Mesquita, M.J.M. Barata Marques, Effect of chip-breaker geometries on cutting forces. Journal Of Materials Processing Technology, 31:1-2 (1992) 317-325.
- [3] M. Dogra, V.S. Sharma, J. Dureja, Effect of tool geometry variation on finish turning-A Review. Journal of Engineering Science and Technology Review 4:1 (2011) 1-13.
- [4] A. Altın, H. Gokkaya, M. Nalbant, The effect of cutting speed and cutting tool geometry on machinability properties of nickelbase Inconel 718 superalloys. Materials and Design, 28:4 (2007) 1334-1338.
- [5] H. Gürbüz, A. Sözen, U. Şeker, Modelling of Effects of Various Chip Breaker Forms on Surface Roughness in Turning Operations by Utilizing Artificial Neural Networks. Politeknik Dergisi, 19:1 (2016) 71-83.
- [6] I.S. Jawahir, P.L.B. Oxley, The Tool Restricted Contact Effect as a Major Influencing Factor in Chip Breaking: an Experimental Analysis. CIRP Annals, 37:1 (1988) 121-126.
- [7] T. Özel, Y. Karpat, Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 45 (2005) 467-479.
- [8] H. Demir, H.B. Ulaş, M. Zeyveli, Stavax ESR Çeliğinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetleri Açısından Değerlendirilmesi. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, (2009).
- [9] İ. Korkut, M.A. Dönertaş, Kesme Parametrelerinin Frezelemede Oluşan Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkileri. Politeknik Dergisi, 6:1, (2003), 385-389.
- [10] H. Sağlam, Frezelemede Kesme Parametreleri İle Kesme Kuvvetlerinin Değişimi ve Bunların Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin Deneysel İncelenmesi. Selçuk-Teknik Online Dergisi 1:3 (2001).
- [11] M. Akkurt, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1992.
- [12] E. Altınkaya, A. Güllü, AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Takım Aşınmasına ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Politeknik Dergisi, 11:1 (2008) 13-17.
- [13] H. Domaç, Frezeleme İşleminde Kesici Uç Yarıçapı ve Uç Geometrisinin Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2011) 82.
- [14] H. Sarı, S. Yıldız, Ş. Yazman, B. Bakırcıoğlu, Frezelemede Takım Geometrisi ve Tırlama Titreşimlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri. 4. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, (2013) 203-211.

- [15] C-S. Chang, Prediction of Cutting Forces in Milling Stainless Steels Using Chamfered Main Cutting Edge Tool, *Journal of Mechanics*, 21:3 (2005), 145-155.
- [16] H. Gürbüz, F. Sönmez, Ş. Baday, U. Şeker, Farklı Talaş Kırıcı Formlarının Esas Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Matematiksel Modellenmesi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 8: 2/2 (2018) 13-21.
- [17] H. Gürbüz, F. Kafkas, U. Şeker, AISI 316L Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Takım Kesici Kenar Formu ve Talaş Kırıcı Formlarının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 1.2 (2012) 173-184.
- [18] B. Yılmaz, Ş. Karabulut A. Güllü, Performance analysis of new external chipbreaker for efficient machining of Inconel 718 and optimization of the cutting parameters. *Journal of Manufacturing Processes*, 32 (2018) 553-563.
- [19] M. Nalbant, A. Altın, H. Gökkaya The effect of cutting speed and cutting tool geometry on machinability properties of nickel-base Inconel 718 super alloys. *Materials and Design*, 28 (2007) 1334-1338.
- [20] A. Güllü, Ş. Karabulut, A. Güldaş, Inconel 718 Süper Alaşımların İşlenmesinde Talaş Kırılma Problemleri ve Talaş Kırıcı Tasarımı. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23:1, (2008), 157-164.
- [21] A.M. Pinar, K. Fırat, AISI 4140 Çeliğin Çok Yönlü Takımla Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülük Performansının Optimizasyonu. *Politeknik Dergisi*, 19:4 (2016), 491-498.
- [22] S. Çakmak, S. Sarıdemir, AISI 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Talaş Kırmaya ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4:2 (2016) 765-771.
- [23] M. Sekmen, A. Kurt, U. Şeker, Talaş kırıcı formu ve talaş kırıcı açısının kesme kuvvetleri ve gerilmeler üzerine etkisi, 4. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, (2013) 441-456.
- [24] İ. Tekaüt, M. Günay, U. Şeker, Tornalama İşlemlerinde Talaş Kırıcı Formunun ve Kesme Parametrelerinin Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu, 6. Uluslar Arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, (2011) 127-131.
- [25] A. Mavi, G. Uzun, Dupleks 1.4462 Paslanmaz Çeliğin Tornalanmasında Kesme Parametrelerinin İşlenebilirlik Üzerine Etkisi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi PART C: Tasarım ve Teknoloji*, 5:3 (2017) 177-184.
- [26] F.H. Çakır, O.N. Çelik, Değişken İlerleme Hızları Kullanılarak Tornalama İşleminde Talaş Kırma Uygulaması ile İlgili Yeni Bir Yaklaşım. *Cumhuriyet Science Journal*, 38:4 (2017) 206-214.
- [27] E. Bağcı, B. Özçelik, Finite element and experimental investigation of temperature changes on a twist drill in sequential dry drilling. *Int J. Adv. Manufacturing Technology*, 28 (2006) 680-687.
- [28] H. Dilipak, A. Gezgin, AISI D3 Çeliğinin Frezelenmesinde, Kesici Uç Sayısı, Kesme Hızı ve İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 13:1, (2010) 29-32.
- [29] Ü. Yalçın, İ. Korkut, A. Kuş, Inconel 718 Süper Alaşımının CVD Kaplamalı Kesici Takım ile Yüzey Frezelemesinde, Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Int.J.Eng.Research& Development*, 1:2 (2009) 67-70.
- [30] M. Günay, U. Şeker, Kesici Takım Talaş Açısının İlerleme Kuvveti Üzerindeki Etkisinin Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 8:4, (2005) 323-328

- [31] İ. Çiftçi, The Influence of Cutting Tool Coating and Cutting Speed on Cutting Forces and Surface Roughness in Machining of Austenitic Stainless Steel. *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 20:2 (2005) 205-209.
- [32] E. Kılıçkap, Y.H. Çelik, Cam Elyaf Takviyeli Plastik Kompozitlerin Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. 3. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, (2012) 99-103.
- [33] İ. Korkut, M.A. Dönertaş, The influence of feed rate and cutting speed on the cutting forces, surface roughness and tool-chip contact length during face milling. *Materials & Design*, 28:1 (2007) 308-312.
- [34] A. Duran, Y. Turgut, M. Günay, Tornalamada Oluşan Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Pirometre ile Deneysel Olarak Ölçülmesi. *Politeknik Dergisi*, 14:4 (2011) 297-301.