

## AISI 1050 çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumu üzerine etkilerinin araştırılması

### The investigation of the effects of cutting parameters on surface roughness and chip formation in turning of AISI 1050 steel

Bahattin YILMAZ<sup>1\*</sup> , Abdülkadir GÜLLÜ<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.  
bahattinyilmaz@gazi.edu.tr, agullu@gazi.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 11.02.2019  
Kabul Tarihi/Accepted: 02.02.2020

Düzeltilme Tarihi/Revision: 29.11.2019

doi: 10.5505/pajes.2020.06702  
Araştırma Makalesi/Research Article

#### Öz

Talaşlı imalat operasyonlarında ürün kalitesini belirleyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin başında da yüzey kalitesi gelmektedir. Yüzey kalitesi; iş parçasının tribolojik, sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik ve ısı iletimi gibi özelliklerini etkilemektedir. İdeal pürüzlülük değerlerinin elde edilebilmesi için kesme parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada AISI 1050 çeliği kullanılarak üç farklı kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği ile tornalama deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda yüzey pürüzlülüğü için en etkili kesme parametreleri belirlenmiştir. Kesme parametreleri ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki, oluşturulan matematiksel modeller ve denklemler ile ifade edilmiştir. Kesme parametrelerinin talaş oluşumuna etkileri araştırılmış ve farklı kesme parametrelerinin talaş geometrisini nasıl değiştirdiği açıklanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yüzey pürüzlülüğü, Talaş oluşumu, AISI 1050, Matematiksel model, Kesme parametreleri.

#### Abstract

There are many parameters that determine the product quality in metal cutting operations. Surface roughness is the leading parameter. Surface roughness effects the work piece properties such as tribological, sealing, hydrodynamic, electrical conduction and thermal conduction. In order to obtain the ideal roughness values, the cutting parameters must be determined accurately. In this study, the experiments were performed with three different cutting speeds, three different cutting depths, three different feed rates by using AISI 1050 steel. As a result of the experiments, most effective cutting parameters were determined for surface roughness. The relation between cutting parameters and surface roughness was stated with mathematical models and equations. The effects of cutting parameters on chip formation were investigated and how different cutting parameters change chip formation was explained.

**Keywords:** Surface roughness, Chip formation, AISI 1050 steel, Mathematical model, Cutting parameters.

## 1 Giriş

Tasarlanan ürünlerin, üretim aşamasından sonra istenilen verimde çalışabilmesi, ölçü ve yüzey kalitesinin istenilen toleranslar aralığında olması ile mümkündür. Talaşlı imalat, fazla malzemenin iş parçasından kaldırılarak hedeflenen son geometrinin elde edildiği şekil verme işlemleri ailesidir [1]. Elde edilen ürünlerin ölçü ve yüzey kalitesinin yüksek olması, çeşitli malzemelere rahatlıkla uygulanması, özgün kesicilerin geliştirilebilmesi ve operasyon sürelerinin kısa olması talaşlı imalatı ve tornalama işlemini diğer imalat yöntemlerine göre avantajlı kılmaktadır [2],[3].

Yüzey pürüzlülük değerleri ürünün kalitesi açısından önemli kriterlerin başında gelmektedir. Parçanın yüzey pürüzlülüğü; aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojik özelliklerin yanı sıra sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik ve ısı iletimi gibi alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür [3]. Yüzey pürüzlülük değerlerinin iyileştirilmesi için; kesme derinliklerinin azaltılması, düşük ilerleme ve yüksek kesme hızları kullanımı, soğutma sıvısı debisinin artırılması, kesici takımın uç yarıçapının ve talaş açısı değerlerinin büyük olması gibi faktörler dikkate alınmalıdır. [2],[4]. Yüzey pürüzlülük değerlerinin ürün verimliliği açısından çok önemli olması ve işleme parametreleri tarafından doğrudan etkilenmesi, sayısal

değerler ile pürüzlülüğün nasıl oluştuğunu belirlemeyi ve operasyon öncesi sonucu tahmin etmeyi gerekli kılmıştır [5].

Bugüne kadar yüzey pürüzlülük değerlerinin tahminine ve parametrelerin optimizasyonuna yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. AISI D2 soğuk iş takım çelikleri ile yapılan çalışmada farklı kesme parametreleri kullanılarak deneyler yapılmıştır. Çalışma sonucunda yüzey kalitesi için en etkili kesme parametreleri belirlenmiş ve kesme koşulları için optimizasyon çalışmaları yapılmıştır [6]. Deneysel çalışmada farklı iş parçası boyutları ve kesme parametreleri eşliğinde otomat çeliği tornalanmıştır. Çalışmada ANFIS ile yüzey pürüzlülüğünü tahmin eden modeller geliştirilmiştir. Oluşturulan modeller, arzu edilen pürüzlülük değerlerini elde etmek için başarılı sonuçlar ortaya koymuştur [7]. AISI 1040 malzeme kullanılarak pürüzlülük değişiminin incelendiği bir başka çalışmada kesme parametrelerinin etkisi araştırılmıştır. En düşük yüzey kalitesi için ideal kesme koşulları ortaya konulmuştur [8]. Yüzey pürüzlülüğünün matematiksel olarak modellenmesine yönelik çalışmalar literatürde önemli yer tutmaktadır. Yüzey kalitesinin önceden tahminini sağlayacak matematiksel modellerin türetilmesinde gri ilişki analizi de sıklıkla kullanılmış ve başarılı sonuçlar vermiştir [9]. İşleme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında çoklu regresyon metodu ile yüzey pürüzlülükleri modellenmiş ve matematiksel olarak ifade edilmiştir. Bağımlı değişkenler ve

\*Yazışılan yazar/Corresponding author

bağımsız değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için ANOVA kullanılarak anlamlılık testleri yapılmıştır [10]. İmalat aşamasından önce istenilen yüzey pürüzlülük değerlerini belirlemek için farklı modeller geliştirilerek çalışmalar yapılmıştır. Yapay sinir ağları kullanılarak geliştirilen Modellerde 9 farklı nöron ağı oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda yüzey pürüzlülüğü tahmini için en iyi nöron ağı yapısı belirlenmiştir [11]. 30MnVS6 malzeme ile gerçekleştirilen bir başka çalışmada kesme ve ilerleme hızlarının yüzey kalitesi ile olan ilişkisi matematiksel olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaç doğrultusunda eğri benzetim algoritmaları kullanılmıştır [12].

Talaşlı imalat işlemleri sırasında açığa çıkan talaşın yapısı operasyon verimliliğini önemli ölçüde etkilemektedir. Talaş yapısı; operatör güvenliği, tezgâh güvenliği, iş parçası yüzey kalitesi ve takım aşınması gibi pek çok konuda önemli etkiye sahiptir [13]. Özellikle tornalama ve delik delme operasyonlarında talaş kontrolü büyük önem taşımaktadır [14]. Kesme parametrelerinin talaş kontrolünde etkili olduğu bilinmektedir [3],[15],[16].

Bu çalışmada endüstride yaygın olarak kullanılan AISI 1050 malzemenin tornalanması sırasında farklı kesme şartlarının yüzey pürüzlülüğü değerlerine etkisi araştırılmıştır. Pürüzlülük açısından en etkili kesme parametreleri ortaya konulmuştur. Pürüzlülük değerleri için eğri benzetim işlemleri yapılmış ve böylece pürüzlülük değerlerinin değişimini en iyi ifade edebilecek denklemler geliştirilmiştir. Ayrıca, kesme parametrelerinin talaş oluşumuna etkileri açıklanmış ve oluşan talaş yapıları tartışılmıştır.

## 2 Materyal metot

Deneysel çalışmalar kapsamında işlenebilirlik deneyleri Gazi Üniversitesi İmalat Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan Johnford TC35 marka sanayi tipi CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Tezgâh gücü 10 kW, maksimum devir sayısı 3600 dev/dk'dir. Deneyler sırasında Sandvik firması tarafından üretilen SNMG 120408-QM kodlu kesici takım kullanılmıştır.

Yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en etkili parametrenin belirlenmesi için üçer farklı kesme hızı (265; 295 ve 325 m/dk.), ilerleme hızı (0.20, 0.25 ve 0.30 mm/dev) ve kesme derinliği (2.0, 2.5 ve 3.0 mm) kullanılmıştır (bk. Tablo 1).

Tablo 1. Taguchi deney tasarımı ve deney parametreleri.

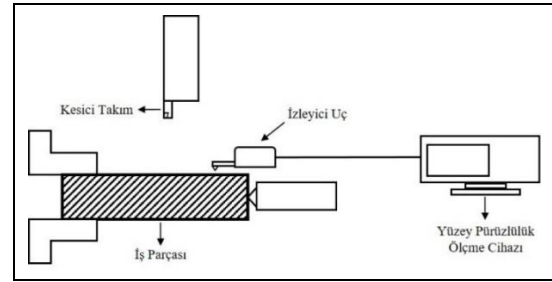
Table 1. Taguchi experimental design and parameters.

Deney No	Kesme Hızı (V)	İlerleme (F)	Kesme Derinliği (A)
1	265	0.20	2.0
2	265	0.25	2.5
3	265	0.30	3.0
4	295	0.20	2.5
5	295	0.25	3.0
6	295	0.30	2.0
7	325	0.20	3.0
8	325	0.25	2.0
9	325	0.30	2.5

Taguchi L9 deney tasarım modeli ile deney sayısı minimuma indirilmiştir. Kesme parametreleri belirlenirken literatür çalışmaları ve katalog bilgilerinden yararlanılmıştır. Değişen kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisini doğru

bir şekilde yorumlayabilmek için dört değişken daha eklenerek 7 farklı değer üzerinden deneyler yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en güçlü parametrenin belirlenebilmesi için ANOVA analizi kullanılmıştır. Eğri benzetim işlemleri SPSS programı yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için MAHR-Perthometer M1 cihazı kullanılmıştır. Her bir deney sonunda iş parçası kendi ekseninde 90° döndürülerek dört ölçüm yapılmıştır. Elde edilen verilerin ortalaması alınarak yüzey pürüzlülük değerleri tespit edilmiştir. Ölçme sırasında örnekleme uzunluğu  $\lambda=0.8$  mm ve değerlendirme uzunluğu  $L=5.6$  mm olarak seçilmiştir. Deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği.

Figure 1. The experimental setup.

İşlenebilirlik deneyleri için AISI 1050 orta karbonlu çelik malzemeden oluşan  $\varnothing 100 \times 400$  mm boyutlarında hazırlanmış deney numunesi kullanılmıştır. Deney numunesine ait kimyasal özellikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. AISI 1050 Malzemenin kimyasal oranı ( ağırlıkça %).

Table 2. Chemical compound of AISI 1050 material (% by weight).

C	Si	Mn	P	S	Cr
0.43	0.21	0.73	0.019	0.039	0.0077
Mo	Ni	Al	Co	Cu	Fe
0.007	0.009	0.011	0.005	0.297	98.06

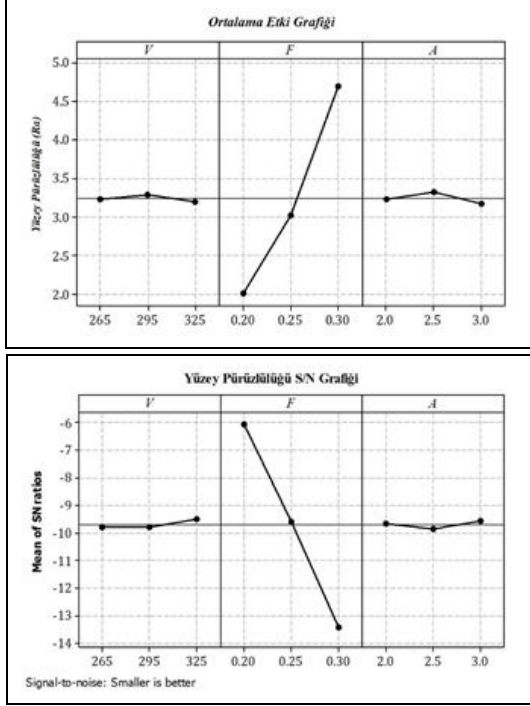
## 3 Sonuçlar

### 3.1 Yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi

Bu çalışmada yüzey pürüzlülük değeri için kritik öneme sahip değişkenin bulunması, bu değişkenin etkisini en iyi ifade edebilecek matematiksel modelin geliştirilmesi ve grafik eğrisinin oluşturulması amaçlanmıştır. Deneysel çalışma sırasında kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinlikleri değiştirilerek yüzey pürüzlülüğü üzerinde nasıl etkili oldukları incelenmiştir. Deneysel bulgular sonucunda yapılan Regresyon analizleri sonucunda yüzey pürüzlülüğü için en etkili parametrenin ilerleme hızı olduğu Şekil 2'de sunulan ortalama etki grafiğinde belirgin bir şekilde görülmektedir.

Sabit koşullarda yüksek ve düşük ilerleme hızları karşılaştırıldığında, yüksek ilerleme hızlarında, yüzey üzerinde oluşan ilerleme izleri arasındaki mesafenin artması ile pürüzlülük değerlerinde de artış görülür [1]. Yüzey pürüzlülüğü açısından ilerleme hızının etkisi, kesme hızı ve kesme derinliği etkisi ile karşılaştırıldığında bu iki parametrenin belirgin bir etkiye sahip olmadıkları görülür. Yüzey pürüzlülüğünde ilerleme hızının etkisi %96.46 gibi çok yüksek bir değere ulaşırken kesme hızı ve kesme derinliğinin

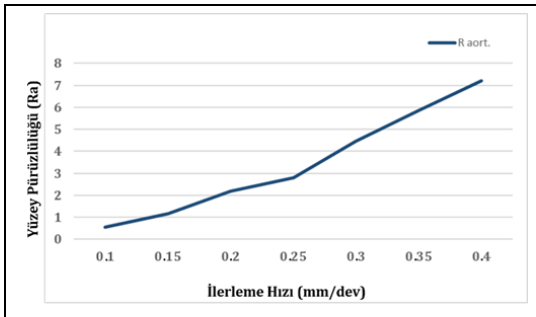
yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisi sırası ile %0.013 ve %0.041 gibi çok düşük değerler olduğu görülmüştür. Geliştirilen regresyon modelinin ilişki temsil oranı ise  $R^2=0.9652$  değerindedir. Bu yüksek oran geliştirilen modelin kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Düşük yüzey pürüzlülüklerinin istenilen bir durum olduğu göz önüne alınarak; ideal pürüzlülükler için 325 m/dk. 0.20 mm/dev ile operasyon gerçekleştirilmesi tavsiye edilmiştir.



Şekil 2. Yüzey Pürüzlülük değerleri için ortalama etki grafiği.

Figure 2. Mean effect plot for Surface Roughness values.

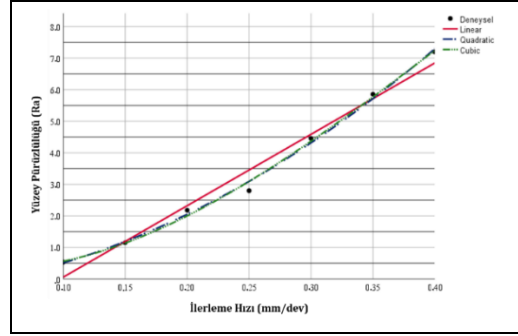
Yapılan çalışma ve literatür incelenmesi sonucunda yüzey pürüzlülüğü için en etkili parametrenin ilerleme hızı olduğu görülmüştür. İlerleme hızı ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi tam ve doğru bir şekilde ortaya koyabilmek için bu iki parametre arasında eğri benzetim çalışmaları yapılmış ve farklı denklemler türetilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve ilerleme hızı arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde belirleyebilmek amacı ile 325 m/dk. kesme hızı ve 2 mm kesme derinliği kullanılarak 7 farklı ilerleme hızı (0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35 ve 0.40 mm/dev) ile deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda Şekil 3'te görülen grafik oluşturulmuştur.



Şekil 3. İlerleme hızı ile yüzey pürüzlülüğü değişimi.

Figure 3. The change of surface roughness values with respect to the feed rate.

Deney sonuçları, artan ilerleme hızı ile pürüzlülük değerlerinin de sürekli olarak arttığını ortaya koymuştur [17]. Bu eğilimi matematiksel olarak tarif edebilmek için eğri benzetim işlemleri gerçekleştirilmiştir. Üç farklı denklem tipi (Linear, Quadratic ve Cubic) kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, eğriyi en iyi şekilde ifade eden denklem tipinin bulunması amaçlanmıştır. Yüzey pürüzlülüğünü matematiksel olarak ifade edebilmek ve operasyon öncesinde sonucun tahminini kolaylaştırabilmek adına üç farklı denklem türetilmiştir (bk. Şekil 4).



Şekil 4. Geliştirilen denklem tiplerine ait eğriler.

Figure 4. Curves of the developed equation types.

Türetilen Linear Denklem Tipinin ilişki temsil değeri  $R^2=0.977$  olurken; Quadratic ve Cubic Denklem Tiplerinin ilişki temsil değeri  $R^2=0.996$  olarak belirlenmiştir. Böylece Quadratic ve Cubic Denklem Tiplerinin yüzey pürüzlülük ve ilerleme hızı arasındaki ilişkiyi daha iyi ifade ettiği belirlenmiştir. Tablo 3'te verilen denklem parametreleri ışığında;

Tablo 3. Geliştirilen denklem tiplerine ait model özeti ve denklem parametreleri.

Table 3. The model summary and equation parameters of the developed equation types.

Denklem Tipi	Regresyon İlişkisi		Denklem Parametreleri		
	R2	Sabit	b1	b2	b3
Linear	0.977	-2.199	22.620	-	-
Quadratic	0.996	-0.308	4.612	36.016	-
Cubic	0.996	0.478	-7.263	88.405	-69.852

$$Ra = 22.62F - 2.199 \quad (1)$$

$$Ra = 36.016F^2 + 4.612F - 0.308 \quad (2)$$

$$Ra = -69.852F^3 + 88.405F^2 - 7.263F + 0.478 \quad (3)$$

Linear denklem tipi için denklem 1, Quadratic denklem tipi için denklem 2 ve Cubic denklem tipi için denklem 3 hesaplanmıştır. Türetilen bu denklemler için farklı ilerleme hızları ile kontrol deneyleri yapılmıştır. Kontrol deneyleri sonucunda hesaplanan ve ölçülen pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Kontrol deneylerine ait sonuç değerleri.

Table 4. Resultant values of the control experiments.

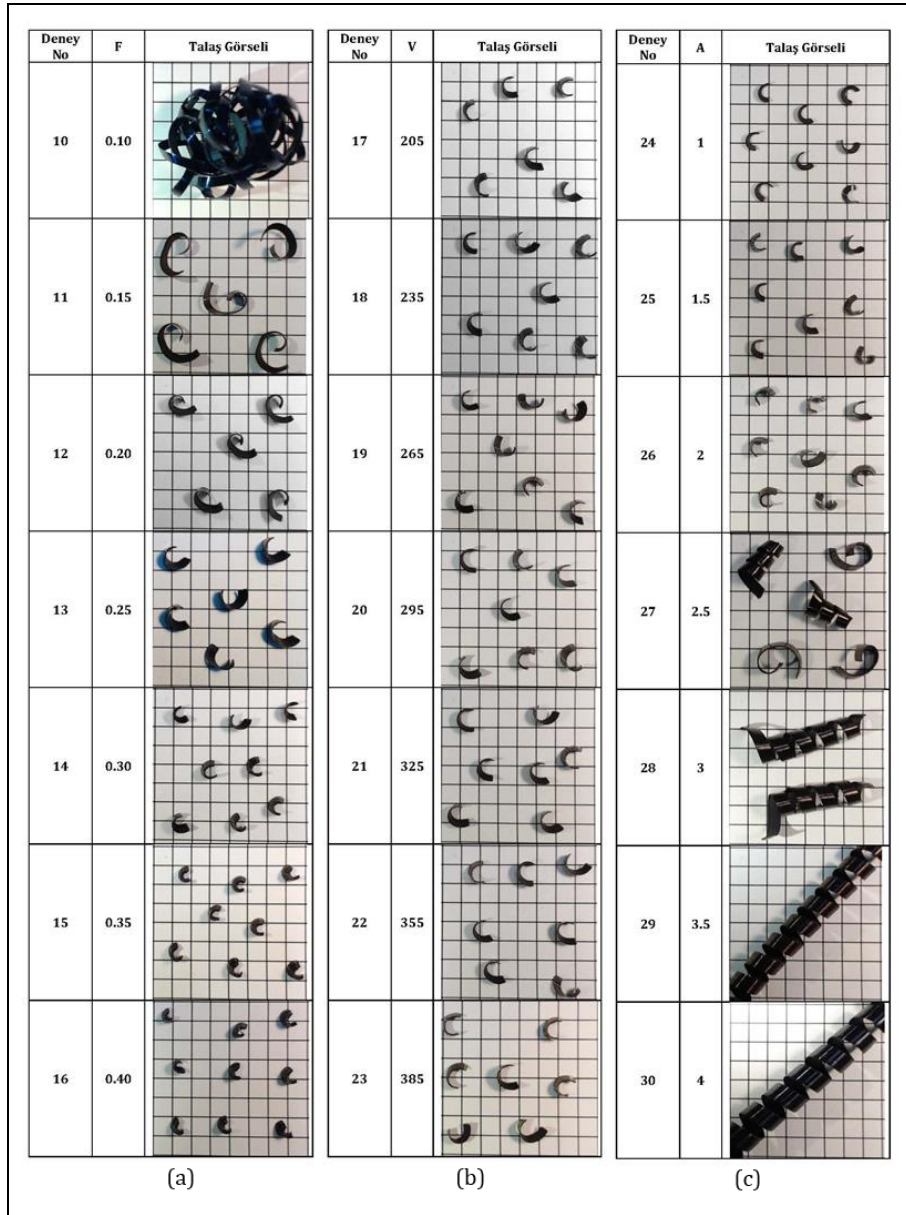
Kontrol Değeri	Linear Denk.	Quadratic Denk.	Cubic Denk.	Ölçülen Ra Değeri
F: 0.125	0.6285	0.8313	0.8150	0.85
F: 0.330	5.2656	5.1361	5.1982	5.33

Yapılan kontrol deneyleri için 0.125 ve 0.33 mm/dev 'lık ilerleme hızları kullanılmıştır. Bu ilerleme hızları altında ölçülen Ra değerleri 0.85 ve 5.33  $\mu\text{m}$ 'dir. Ölçülen pürüzlülük değeri %5'lik hata payı göz önüne alınarak değerlendirildiğinde 0.125 mm/dev ilerleme hızında Linear denklem değeri kullanılarak hesaplanan değer dışında tüm denklem değerlerinin kabul edilebilir sonuçlar verdiği görülmüştür. Quadratic ve Cubic Denklem Değerleri yüzey pürüzlülük tahmini için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir.

### 3.2 Talaş Oluşumunun İncelenmesi

Talaş kontrolü tornalama ve delik delme operasyonlarında en önemli faktörlerin başında gelmektedir. Talaşın kırılarak kesme bölgesinden uzaklaşması hususunda kesici takım özellikleri ve kesme parametreleri büyük önem taşımaktadır.

Çalışma çerçevesinde kesme parametreleri değişiminin talaş oluşumu üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Gerçekleştirilen deneyler esnasında oluşan talaşlar, 5x5 mm ölçülü kâğıt üzerinde fotoğraflanarak, girdi parametrelerinin talaş şekli üzerine etkileri anlaşılmaya çalışılmıştır. Tüm kesme parametrelerinin talaş oluşumuna etkisini bariz bir şekilde görebilmek için 7'şer farklı kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliği kullanılarak deneyler yapılmıştır. Parametrelerin etkileri araştırılırken; bir parametre 7 farklı değer alırken diğer iki parametreye ait kesme koşulları Şekil 2'de belirtilen ideal koşullar göz önüne alınarak, deney sistemi kurgulanmıştır. İdeal kesme koşulları; kesme hızı 325 m/dk. ilerleme hızı 0.2 mm/dev ve kesme derinliği 2 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 5'te farklı parametreler eşliğinde oluşan talaş görselleri sunulmuştur.



Şekil 5. (a): artan ilerleme hızının talaş oluşumuna etkisi, (b): Artan kesme hızının talaş oluşumuna etkisi, (c): Artan kesme derinliğinin talaş oluşumuna etkisi.

Figure 5. (a): The effect of increasing feed rate on chip formation, (b): The effect of increasing cutting speed on chip formation, (c): The effect of increasing cutting depth on chip formation.



Şekil 5(a) incelendiğinde 325 m/dk. kesme hızı, 2 mm kesme derinliği ve 0.10 mm/dev ilerleme hızı eşliğinde dolaşık talaş yapısının oluştuğu görülmektedir. Dolaşık talaş yapısı iş parçası yüzeyini çizerek yüzey kalitesini olumsuz etkileyebileceği için talaşlı imalat operasyonlarında tercih edilen bir talaş şekli değildir [13],[18]. Artan ilerleme hızı ile talaş kırılma kuvvetinin arttığı ve daha küçük boyutlarda talaş oluşumunun gerçekleştiği görülmektedir. Artan ilerleme hızı, talaş kıvrılma yarıçapının küçülmesine sebep olmuş bu durum talaş kırılma kuvvetinin arttırılmıştır [16]. İlerleme hızının artması ile talaş, kesici takım üzerinde bulunan talaş kırıcı oluklarını tam olarak doldurmuş ve talaş kırıcıların performansını artırarak daha küçük talaşlar oluşumunu gerçekleştirmiştir [19]. Tüm bu durumlar dikkate alınarak ilerleme hızının talaş boyutları için önemli bir parametre olduğu ve artan ilerleme hızı ile talaş kırılma kuvvetinin arttığı görülmüştür. Literatür dikkate alındığında artan ilerleme hızı ile daha yüksek bir sıkıştırma etkisi oluşacağından bu durumun talaş mukavemetini düşürdüğü ve kırılma eğilimini artırdığı ifade edilmiştir [14].

Şekil 5(b) değerlendirildiğinde artan kesme hızı ile talaş boyutlarında belirgin bir değişiklik olmadığı dikkat çekmektedir. Tüm kesme hızlarında benzer talaş şekilleri ve boyutları elde edilmiştir. Bu durum kesme hızının talaş yapısına etkisinin ilerleme hızı ve kesme derinliği etkisi kadar büyük olmadığını göstermektedir.

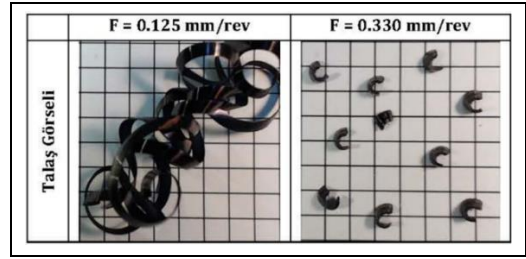
Şekil 5(c)'de ise 1, 1.5 ve 2 mm kesme derinliklerinde kırık talaş oluşumu gözlemlenmiş, artan kesme derinliği ile talaş kıvrılma yarıçapının belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür. 2.5 mm kesme derinliği ile gerçekleştirilen deneyde ise talaşın sürekli eğilimi ile nispeten kırık talaşlar görülmektedir. Kesme derinliği 3 mm olduğunda talaş oluşumu belirli boyutlarda sürekli olarak gerçekleşmiştir. Kesme derinliğinin daha da artırılması kopmaksızın uzayan spiral talaş oluşumuna sebep olmuştur. Yapılan çalışmada artan kesme derinliği ile talaş oluşumu sürekli talaş formuna dönüşmüştür.

Literatür incelendiğinde kesme derinliğinin artması ile talaş kırılma eğiliminin artacağı bildirilmiştir [3],[20]. Ancak talaş kırılma kuvveti için malzeme dayanımı büyük önem taşımaktadır. Düşük mukavemet değerleri ve mukavemeti düşüren etkiler talaşın daha kolay kırılmasına neden olmaktadır [14]. Artan kesme derinliği ile birlikte talaş kesitinin gerilmelere karşı mukavemetinin arttığı, benzer şekilde deformasyon bölgesinin artmasının daha yüksek deformasyon sertleşmesine neden olduğu ve dayanımı artırarak talaşın sürekli yapıda oluşmasını sağladığı düşünülmektedir. Bu duruma ek olarak küçük kesme derinliklerinde uç radyüsü etkisi ile talaşın dairesel (virgül) şekilde oluşacağı, büyük kesme derinliklerinde ise uç radyüsünün etkisinin azalacağı yavaş açısı etkisi artarak dışa doğru, spiral talaş kesitlerinin elde edileceği bildirilmiştir [14]. Şekil 5(c) kesme derinliğinin de talaş oluşumu için etkili bir değişken olduğunu ortaya koymuştur.

İlerleme hızı ve kesme derinliğinin talaş oluşumunda belirleyici etkiye sahip olduğu, kesme hızının ise talaş geometrisine doğrudan etki etmediği belirlenmiştir. Yapılan kontrol deneyleri sonucunda elde edilen talaş görsellerinin Şekil 5(b)'te sunulan talaş görselleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Artan ilerleme hızı etkisi kontrolü için yapılan kontrol deneylerinde 0.125 ve 0.33 mm/dev ilerleme hızları kullanılmıştır. 0.125 mm/dev ile gerçekleştirilen deney ile 0.10

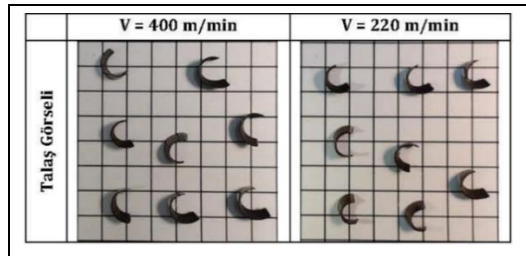
mm/dev ile yapılan deney sonucunda elde edilen dolaşık talaş görselleri benzerlik göstermektedir (bk. Şekil 6).



Şekil 6. Artan ilerleme hızı etkisi için yapılan kontrol deneyleri.

Figure 6. Control experiments for the effect of increased feed rate.

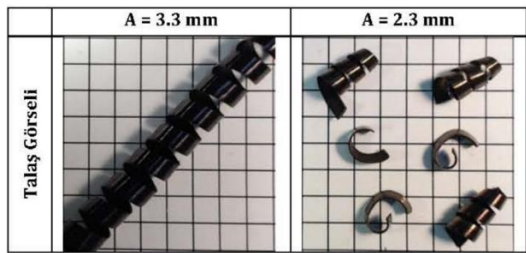
Artan kesme hızı için gerçekleştirilen deneyler çerçevesinde 400 m/dk. ve 220 m/dk. kesme hızları ile kontrol deneyleri yapılmıştır ve elde edilen sonuçlar talaş oluşumunda kesme hızı etkisi olmadığını destekler niteliktedir (bk. Şekil 7).



Şekil 7. Artan kesme hızı etkisi için yapılan kontrol deneyleri.

Figure 7. Control experiments for the effect of increased cutting speed.

Kesme derinliğinin talaş oluşumuna etkisi incelemek için yapılan deneylerde 3.3 mm ve 2.3 mm kesme derinlikleri kullanılmıştır. Kontrol deneyleri deney sonuçlarını desteklemiştir. Artan kesme derinliği sürekli talaş oluşumu eğilimini artırmıştır (bk. Şekil 8).



Şekil 8. Artan kesme derinliği etkisi için yapılan kontrol deneyleri.

Figure 8. Control experiments for the effect of increased depth of cut.

#### 4 Sonuçlar

Artan ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğünü artırdığı belirlenmiştir.

- Yüzey pürüzlülüğü için en etkili parametrenin %96.46 ile ilerleme hızı olduğu görülmüştür. Kesme hızı ve talaş derinliğinin belirgin bir etkisi bulunamamıştır,
- Quadratic ve Cubic Denklem Değerleri yüzey pürüzlülük ve ilerleme hızı arasındaki ilişkiyi  $R^2=0.996$  temsil ile en iyi şekilde ifade etmiştir,

- Yapılan kontrol deneyleri sonucunda hesaplanan değerler ile ölçülen değerlerin kabul edilebilir bir yakınlıkta olduğu görülmüştür,
- Artan ilerleme hızı ile talaş kırılgenliğinin arttığı ve daha küçük boyutlarda talaş oluşumunun gerçekleştiği belirlenmiştir,
- Artan kesme hızı ile talaş boyutlarında belirgin bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir,
- Artan kesme derinliği ile oluşan talaşın sürekli spiral talaş olduğu belirlenmiştir,
- İlerleme hızı ve kesme derinliğinin talaş oluşumunda belirleyici etkiye sahip olduğu, kesme hızının ise talaş geometrisine doğrudan etki etmediği ifade edilmiştir.

## 5 Conclusion

- It was determined that the increasing feed rate increases the surface roughness value,
- It was obtained that the most effective parameter on surface roughness was feed rate with the ratio of 94.46%. There was no such apparent effects determined of the cutting speed and the depth of cut,
- The quadratic equation and cubic equation values was ideally described the relationship between the surface roughness values and the feed rate with  $R^2=0.996$ ,
- According to the control experiments, it was seen that the calculated values and the obtained values were in an acceptable approximation,
- It was determined that the chip breakability increases with the increase of feed rate and smaller sized chip formation was occurred,
- It was determined that there was no such change on the chip sizes with the increase of cutting speed,
- It was determined that continuous spiral chip formation was occurred with the increase of depth of cut,
- It was described that the feed rate and the depth of cut had significant effects on the chip formation, but the cutting speed didn't effect directly on the chip geometry.

## 6 Kaynaklar

- [1] Groover MP. *Principles of Modern Manufacturing*. 4<sup>th</sup> Ed. New York, USA, John Wiley & Sons, 2011.
- [2] Yaka H, Akkuş H, Uğur L. "AISI 1040 çeliğinin tornalamasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin taguchi metodu ile optimizasyonu". *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 12, 283-288, 2016.
- [3] Yılmaz B, Karabulut Ş, Güllü A. "AISI 304 paslanmaz çeliğinin torlanmasında kullanılan dinamik talaş kırıcının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin araştırılması". *7. Uluslararası Talaşlı İmalat Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-5 Kasım 2016.
- [4] Akkuş H. *Tornalama İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatiksel ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2010.
- [5] Yılmaz V, Dilipak H, Sarıkaya M, Yılmaz CY, Özdemir M. "Frezeleme işlemlerinde kesme kuvveti, titreşim ve yüzey pürüzlülüğü sonuçlarının modellenmesi". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 30, 220-226, 2014
- [6] Karabatak M, Kara F. "AISI D2 soğuk iş takım çeliğinin sert tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün deneysel optimizasyonu". *Journal of Polytechnic*, 19, 349-355, 2016.
- [7] Dere M, Filiz İ H. "Experimental investigation of the effects of workpiece diameter and overhang length on the surface roughness in turning of free machining steel and modelling of surface roughness by using ANFIS". *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34, 675-686, 2019.
- [8] Kavak N, Üstel N. "AISI 1040 çeliğinin kuru tornalanmasında yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi". *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2, 24-29, 2012.
- [9] Uzun G. "Analysis of grey relational method of the effects on machinability performance on austempered vermicular graphite cast irons". *Measurement*, 142, 122-130, 2019.
- [10] Başak H, Baday Ş. "Küreselleştirilmiş orta karbonlu bir çeliğin işlenmesinde, kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin regresyon analizi ile modellenmesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22, 253-258, 2016.
- [11] Şahin İ. "Yapay sinir ağları ile Al/SiC kompozit malzemenin yüzey pürüzlülüğünün tahmini". *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29, 209-216, 2014.
- [12] Özlü B, Demir H, Nas E. "CNC Tornalama işleminde yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etki eden parametrelerinin matematiksel olarak modellenmesi". *Journal of Advanced Technology Sciences*, 3, 75-86, 2014.
- [13] 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, 553-563, 2018.
- [14] Çakır MC. *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*. 2. Baskı. Bursa, Türkiye, Dora Yayıncılık, 2010.
- [15] Çakmak S, Sarıdemir S. "AISI 4140 çeliğinin işlenmesinde kesici uç geometrisinin talaş kırmaya ve yüzey pürüzlülüğüne etkisi". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 293-304, 2016.
- [16] Güllü A, Karabulut Ş, Gültaş A. "Chip breaking problems in machining of Inconel 718 super alloy and chip breaker design". *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 23, 157-164, 2008.
- [17] Mavi A, Uzun G. "Dubleks 1. 4462 paslanmaz çeliğin tornalanmasında kesme parametrelerinin işlenebilirlik üzerine etkisi". *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5, 177-184, 2017.
- [18] Rahman M, Seah KHW, Li XP, Zhang XD. "A three dimensional model of chip flow, chip curl and chip breaking under the concept of equivalent parameters". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 35, 1015-1031, 1994.
- [19] Słodki B, Zębala W, Struzikiewicz G. "Correlation between cutting data selection and chip form in stainless steel turning". *Machining Science and Technology*, 19, 217-235, 2015.
- [20] Şeker U. "Kesici Takım Tasarımı Ders Notları". Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2008.