

Toolox 44 Çeliğinin Tornalanmasında Kesme Hızı, İlerleme ve Kesici Uç Yarıçapının Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri

Emel KURAM^{1*}  Nuray ÜÇÜNCÜ² 

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

²Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 09/08/2024
Düzeltilme: 13/09/2024
Kabul: 21/09/2024

Anahtar Kelimeler

Toolox 44
Tornalama
Kesme Parametreleri
Kesici Uç Yarıçapı
Takım Aşınması
Yüzey Pürüzlülüğü

Article Info

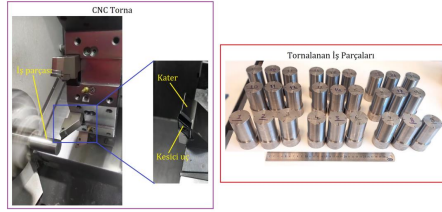
Research article
Received: 09/08/2024
Revision: 13/09/2024
Accepted: 21/09/2024

Keywords

Toolox 44
Turning
Cutting Parameters
Insert Radius
Tool Wear
Surface Roughness

Grafik Özet (Graphical/Tabular Abstract)

Bu çalışmada, Toolox 44 çeliğinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkileri incelenmiştir. / In this study, effects of cutting speed, feed and insert radius on surface roughness and tool wear in turning of Toolox 44 steel were examined.



Şekil A: Deney düzeneği / Figure A: Experimental setup

Önemli noktalar (Highlights)

- Bu çalışmada, Toolox 44 malzemesinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkileri incelenmiştir. / In this study, the effects of cutting speed, feed and insert radius on surface roughness and tool wear in turning of Toolox 44 material were examined.
- İncelenen şartlar altında, kesici uçlarda herhangi bir yığıntı talaş (built-up edge, BUE) ve talaş yüzeyinde krater aşınması gözlemlenmemiştir. Ancak kesici uçların yan yüzeylerinde serbest yüzey aşınması gözlemlenmiştir. / Under the conditions examined, no built-up edge (BUE) and crater wear on the rake surface were observed on the cutting inserts. However, flank wear was observed on the flank surfaces of the inserts.
- Bütün kesme hızlarında, genellikle kesici uç yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değeri azalmıştır. / At all cutting speeds, surface roughness value generally decreased as the insert radius increased.

Amaç (Aim): Toolox 44 çeliğinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. / It was aimed to investigate the effects of cutting speed, feed and insert radius on surface roughness and tool wear in turning of Toolox 44 steel.

Özgünlük (Originality): Toolox 44 hakkında literatürde çok fazla bilgi bulunmaması nedeniyle bu araştırma bu malzeme ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalara kılavuz niteliğinde olacaktır. Bu çalışmada, literatürden farklı olarak Toolox 44 çeliğinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerine etkileri araştırılmıştır. / Since there is not much information about Toolox 44 in the literature, this research will serve as a guide for future studies on this material. In this study, unlike the literature, the effects of cutting speed, feed and insert radius on surface roughness and tool wear in turning of Toolox 44 steel were investigated.

Bulgular (Results): Bütün kesme hızlarında, genellikle kesici uç yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değeri azalmıştır. Ra değerini en çok etkileyen parametrelerin yüksekten düşüğe sırasıyla ilerleme, kesici uç yarıçapı ve kesme hızı olduğu görülmüştür. / At all cutting speeds, surface roughness value generally decreased as the insert radius increased. It was observed that the parameters that affect the Ra value the most were feed, insert radius and cutting speed, in order from high to low.

Sonuç (Conclusion): Toolox 44 malzemesinin tornalanmasında kesme hızı ve kesici uç yarıçapı hangi değerde olursa olsun Ra değerini çok fazla arttırdığından dolayı 0,3 mm/dev ilerleme değerinin kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır. / It was concluded that 0.3 mm/rev feed rate should not be used in turning Toolox 44 material, as it increased the Ra value too much, regardless of the cutting speed and insert radius.



Toolox 44 Çeliğinin Tormalanmasında Kesme Hızı, İlerleme ve Kesici Uç Yarıçapının Takım Aşınması ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkileri

Emel KURAM^{1*} Nuray ÜÇÜNCÜ²

¹Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

²Gebze Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kocaeli, Türkiye

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 09/08/2024
Düzeltilme: 13/09/2024
Kabul: 21/09/2024

Anahtar Kelimeler

Toolox 44
Tormalama
Kesme Parametreleri
Kesici Uç Yarıçapı
Takım Aşınması
Yüzey Pürüzlülüğü

Öz

Bu çalışmada, Toolox 44 kalıp çeliğinin tormalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Tormalama deneyleri, üçer farklı kesme hızı (80, 110 ve 140 m/dak), ilerleme (0,1, 0,2 ve 0,3 mm/dev), kesici uç yarıçapı (0,2, 0,4 ve 0,8 mm) ve sabit talaş derinliği (0,5 mm) kullanılarak kuru şartlar altında gerçekleştirilmiştir. İncelenen şartlar altında, kesici uçlarda herhangi bir yığıntı talaş (built-up edge, BUE) ve talaş yüzeyinde krater aşınması görülmemiştir. Ancak kesici uçların yan yüzeylerinde serbest yüzey aşınması gözlenmiştir. En küçük serbest yüzey aşınması, kesme hızının 140 m/dak, ilerlemenin 0,1 mm/dev ve kesici uç yarıçapının 0,4 mm olduğu şartlarda ölçülmüştür. 80 m/dak, 110 m/dak ve 140 m/dak kesme hızlarında, tüm kesici uç yarıçapları (0,2, 0,4 ve 0,8 mm) için ilerleme değerindeki artış ile ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerinin arttığı bulunmuştur. Bütün kesme hızlarında, genellikle kesici uç yarıçapı arttıkça Ra değeri azalmıştır. Ra değerini en çok etkileyen parametrelerin yüksekten düşüğe sırasıyla ilerleme, kesici uç yarıçapı ve kesme hızı olduğu görülmüştür. Toolox 44 malzemesinin tormalanmasında kesme hızı ve kesici uç yarıçapı hangi değerde olursa olsun Ra değerini çok fazla arttırdığından dolayı 0,3 mm/dev ilerleme değerinin kullanılmaması gerektiği ve eğer bu malzemenin tormalanmasında 0,2 mm/dev ilerleme değeri kullanılacaksa, iyi bir yüzey kalitesi için uç yarıçapının 0,8 mm olarak seçilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Effects of Cutting Speed, Feed and Insert Radius on Tool Wear and Surface Roughness in Turning of Toolox 44 Steel

Article Info

Research article
Received: 09/08/2024
Revision: 13/09/2024
Accepted: 21/09/2024

Keywords

Toolox 44
Turning
Cutting Parameters
Insert Radius
Tool Wear
Surface Roughness

Abstract

In this study, effects of cutting speed, feed and insert radius on surface roughness and tool wear in turning of Toolox 44 mold steel were examined. Turning experiments were conducted at three different cutting speeds (80, 110 and 140 m/min), feed (0.1, 0.2 and 0.3 mm/rev), insert radius (0.2, 0.4 and 0.8 mm) and constant depth of cut (0.5 mm) under dry conditions. Under the conditions examined, no built-up edge (BUE) and crater wear on rake surface were observed on the cutting inserts. However, flank wear was observed on side surfaces of the inserts. The smallest flank wear was measured under conditions where cutting speed was 140 m/min, feed was 0.1 mm/rev, and insert radius was 0.4 mm. It was found that average surface roughness (Ra) value increased with increment in feed value for all insert radii (0.2, 0.4 and 0.8 mm) at cutting speeds of 80 m/min, 110 m/min and 140 m/min. At all cutting speeds, Ra value generally decreased as the insert radius increased. It was observed that the parameters that affected Ra value the most were feed, insert radius and cutting speed, in order from high to low. It has been concluded that the feed rate of 0.3 mm/rev should not be employed in turning of Toolox 44 material, as it increases Ra value too much, regardless of cutting speed and cutting edge radius and if a feed rate of 0.2 mm/rev is to be utilized in turning of this material, the tip radius should be selected as 0.8 mm for a good surface quality.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Talaşlı imalat ile işlenecek iş parçalarının yüksek dayanıma sahip olması istenmektedir. Bu nedenle talaşlı imalat öncesinde iş parçaları sertleştirme işlemine yani ısıl işleme tabi tutulabilmektedir.

Fakat ısıl işlem sonrasında iş parçası malzemesinde çarpılma, mikro çatlak oluşumu, yüzeyde yanma ve deformasyon gibi sorunlara neden olan iç gerilmeler oluşabilmektedir. Bu nedenle talaşlı imalatla ön sertleştirilmiş çelikler (örneğin Toolox 44 çeliği) kullanılabilir [1]. Toolox 44 çeliği, ön

sertleştirilerek, temperlenerek ve gerilim giderme prosesi uygulanarak temin edilen, düşük karbon metalurjisi ile üretilen bir kalıp ve mühendislik çeliğidir [1-3]. Toolox 44 çeliğine ait mekanik özellikler Tablo 1'de sunulmuştur. Toolox 44 sahip olduğu tokluk ve yorulma değerleri ile makine elemanlarının ömrünü belirgin bir şekilde arttırmaktadır. Yüksek sıcaklıklarda da sıcaklığındaki özelliklerini kaybetmemesi, Toolox 44 çeliğinin yüksek sıcaklıklarda aşınma plakası olarak kullanımına olanak tanımaktadır [3]. İşleme esnasında yüksek ölçüsel kararlılığa sahiptir [1]. 45 HRC sertliğe sahip olmasına rağmen kolay işlenebilir bir malzemedir. Bu da onun kalıp imalatında ve makine elemanlarında yaygın kullanılmasını sağlamaktadır [1, 3, 4]. Ön sertleştirilmiş olarak üretildiğinden Toolox 44 çeliği ikinci bir ısıl işleme ihtiyaç duymamaktadır. Bu nedenle talaşlı imalatta iş parçası malzemesi olarak kullanıldığında, zaman açısından avantaj sağlayabilmektedir. Fakat literatürde Toolox 44 malzemesinin talaşlı imalatı hakkında yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Literatürde, Toolox 44 malzemesinin tornalanmasında farklı kaplamaların takım ömrü, kesme kuvvetleri, sıcaklık ve talaş oluşumu üzerindeki etkileri belirlenmiştir [5]. Özlü [6], Toolox 44 çeliğinin tornalanmasında enerji tüketimi, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve titreşimi minimize edebilmek için deneysel ve istatistiksel çalışma yapmıştır. Tornalama deneyleri kuru işleme koşullarında Taguchi L27 ortogonal dizisine göre farklı kesme parametrelerinde (kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği) gerçekleştirilmiştir. Çıktı parametrelerini eş zamanlı olarak optimize etmek için Taguchi tabanlı gri ilişkisel analiz kullanılmıştır. Wojciechowski ve Mrozek [7] Toolox 44 çeliğinin mikro frezelemesinin mekanik ve teknolojik yönlerinin değerlendirilmesine odaklanmıştır. Deney, değişken dış başına ilerleme ve takım eksen eğim açısı değerleri ile mikro frezeleme testleri sırasında titreşimlerin ivmelenmesinin ölçülmesini içermektedir. Binali vd. [1] Toolox 44 çeliğinin TiAlN kaplı karbür kesici takım kullanarak farklı kesme hızlarında, ilerlemelerde ve talaş derinliklerinde frezelenmesinde meydana gelen takım aşınmalarını ve yüzey pürüzlülüğünü araştırmışlardır. Bayraktar ve Uzun [8] Nimax ve Toolox 44 kalıp çeliklerinin frezelenmesi esnasında farklı kesme hızlarının ve ilerlemelerin yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti ve işlenmiş yüzey altı durumları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Globisch vd. [9], sertleştirilmiş durumda kaba işleme ve ince talaş işleme işlemlerini gerçekleştirebilmek amacıyla yekpare karbür parmak freze için yenilikçi bir takım konsepti sunmuştur. Deneylerde Toolox 44 takım çeliğinin işlenmesi sırasında helis açısının proses

davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Proses davranışını değerlendirmek için takım ömrü boyunca proses kuvvetlerinin gelişimi, talaş oluşumu, takım aşınması ve parça kalitesi analiz edilmiştir.

Genellikle çelik malzemelerden talaşlı imalat ile üretilen parçaların daha uzun ömürlü olması için yüksek sıcaklıklara ve yüksek mukavemete dayanım özelliğini arttırmak gerekmektedir. Bu durumda çoğunlukla talaşlı imalat ile işlendikten sonra parça ısıl işleme gönderilerek sertleşmesi sağlanmaktadır. Fakat Toolox 44 çeliği ön sertleştirilmiş olarak üretildiğinden ısıl işlem gerektirmemektedir. Bu nedenle zaman ve maliyet açısından avantaj sağlayabilmektedir. Ancak yapılan literatür taramasında Toolox 44 malzemesinin talaşlı imalatı hakkında yapılan çalışmaların çok sınırlı olduğu görülmüştür. Toolox 44 hakkında literatürde çok fazla bilgi bulunmaması nedeniyle bu araştırma bu malzeme ile ilgili yapılacak sonraki çalışmalara kılavuz niteliğinde olacaktır. Bu çalışmada, literatürden farklı olarak Toolox 44 kalıp çeliğinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerine etkileri araştırılmıştır. Tornalama deneyleri, üçer farklı kesme hızı (80, 110 ve 140 m/dak), ilerleme (0,1, 0,2 ve 0,3 mm/dev), kesici uç yarıçapı (0,2, 0,4 ve 0,8 mm) ve sabit talaş derinliği (0,5 mm) kullanılarak kuru şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Literatürde Toolox 44 çeliğinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının takım aşınması ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerinin incelendiği çalışma yoktur. Bu araştırma bu yönüyle literatürdeki diğer çalışmalardan farklıdır.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIALS AND METHODS)

Tornalama deneyleri CNC torna tezgahında (DOOSAN marka LYNX2100) yapılmıştır. Deneylerde iş parçası malzemesi olarak 45 HRC sertliğinde Toolox 44 çeliği kullanılmıştır. Toolox 44 çeliğinin kimyasal bileşimi firmadan alınan bilgilere göre Tablo 2'de sunulmuştur [3]. İş parçalarının boyutları $\varnothing 50 \times 100$ mm olarak belirlenmiştir. İş parçası aynaya bağlanmıştır ve bir paso için 0,5 mm talaş derinliğinde 70 mm uzunluğunda boyuna tornalanmıştır. Her bir deney için 70 mm boyda 11 paso verilerek toplam 770 mm boy işlenmiştir. Deneyler ISO M kalitesine karşılı gelen DESKAR marka sement karbür (VBMT 1103) takma uç kullanılarak yapılmıştır. Takma uçlar rombik pozitif talaş açısı 5° ye ve 0,2, 0,4 veya 0,8 mm uç yarıçapına sahiptir. Uçlar Teknik marka

SVJBR 2525 M16 kodlu katere bağlanmıştır. Tornalama deneylerinde üç farklı ilerleme, kesme hızı ve kesici uç yarıçapı seçilerek deney planı oluşturulmuştur ve deney planı Tablo 3'te verilmiştir. Tornalama şartları takım üreticisinin

verdiği aralıkların en düşük ve en yüksek değerleri dikkate alınarak seçilmiştir. Tüm deneyler kuru şartlarda gerçekleştirilmiştir. Her deney için yeni bir kesici uç ile yeni bir iş parçası ve toplamda 27 adet kesici uç ile 27 adet iş parçası kullanılmıştır.

Tablo 1. Toolox 44 malzemesinin mekanik özellikleri [3] (Mechanical properties of Toolox 44 material) [3]

	+20 °C	+200 °C	+300 °C	+400 °C	+500 °C
Çekme mukavemeti (MPa)	1450	1380			
Akma mukavemeti (MPa)	1300	1200			
Uzama (%)	13	10			
Basma akma mukavemeti (MPa)	1250	1120	1120	1060	930
Darbe tokluğu (J)	30	60	80	80	
Sertlik (HRC)	45				

Tablo 2. Toolox 44 malzemesinin kimyasal bileşimi (% ağırlıkça) [3] (Chemical composition of Toolox 44 material (% by weight)) [3]

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni
0,32	0,60-1,10	0,80	Max 0,010	Max 0,002	1,35	0,80	0,14	Max 1,00

Tablo 3. Deney şartları (Experiment conditions)

Deney No	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	Kesici Uç Yarıçapı (mm)
1	80	0,1	0,5	0,2
2	80	0,1	0,5	0,4
3	80	0,1	0,5	0,8
4	80	0,2	0,5	0,2
5	80	0,2	0,5	0,4
6	80	0,2	0,5	0,8
7	80	0,3	0,5	0,2
8	80	0,3	0,5	0,4
9	80	0,3	0,5	0,8
10	110	0,1	0,5	0,2
11	110	0,1	0,5	0,4
12	110	0,1	0,5	0,8
13	110	0,2	0,5	0,2
14	110	0,2	0,5	0,4
15	110	0,2	0,5	0,8
16	110	0,3	0,5	0,2
17	110	0,3	0,5	0,4
18	110	0,3	0,5	0,8
19	140	0,1	0,5	0,2
20	140	0,1	0,5	0,4
21	140	0,1	0,5	0,8
22	140	0,2	0,5	0,2
23	140	0,2	0,5	0,4
24	140	0,2	0,5	0,8
25	140	0,3	0,5	0,2
26	140	0,3	0,5	0,4
27	140	0,3	0,5	0,8

ISO 3685 standardına [10] göre takım aşınması olarak serbest yüzey aşınması dikkate alınmıştır.

Tornalama sonrası kesici uçlarda meydana gelen serbest yüzey aşınmaları, taramalı elektron

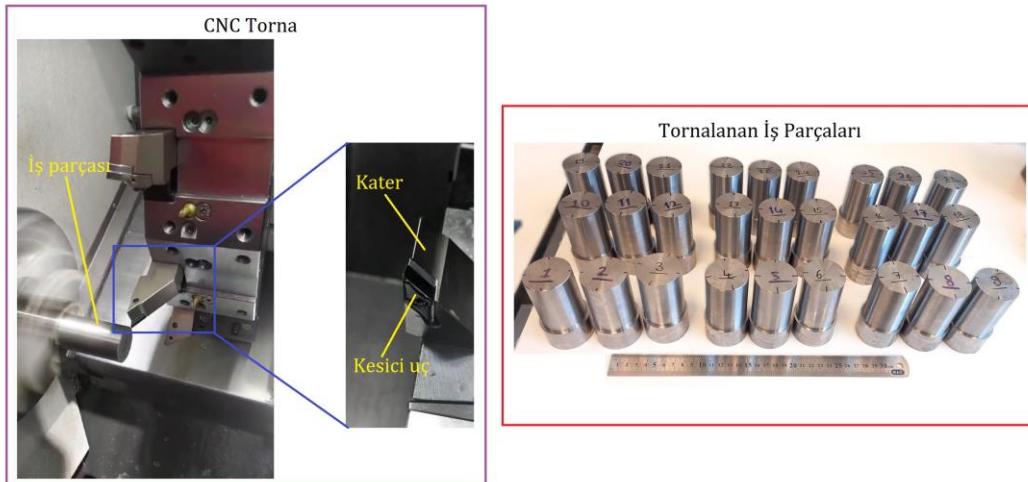
mikroskobu (SEM, Philips XL30) ile görüntülenerek ölçülmüştür. Uçlar için, aşınma değeri olarak kesici ucun serbest yüzeyindeki maksimum aşınma dikkate alınmıştır. Tornalanan yüzeylerin pürüzlülük değeri Mitutoyo Surf Test 301 profilometre kullanılarak belirlenmiş ve ISO 4287 standardında [11] belirtilen parametrelerden biri olan ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçülmüştür. Ölçümlerde örnekleme sayısı 5 ve örnekleme uzunluğu 0,8 mm olarak alınmıştır. Ra değeri iş parçası yüzeyi üzerinde 4 farklı noktadan ölçülmüştür ve analizlerde bu değerlerin ortalaması dikkate alınmıştır. Deneyde kullanılan tezgah, kater, kesici uç ve tornalanan iş parçaları Şekil 1’de ve takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için kurulum Şekil 2’de gösterilmiştir.

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

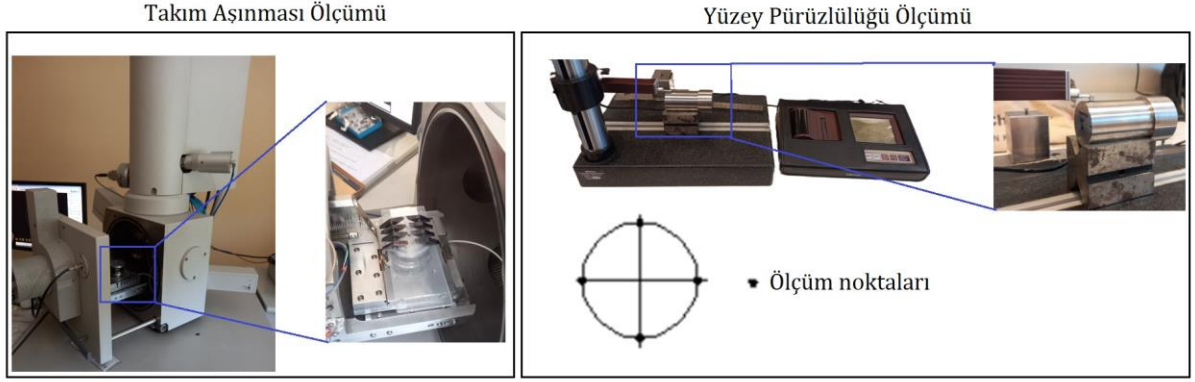
3.1. Takım Aşınması (Tool Wear)

Kullanılmamış kesici ucu ve tüm tornalama deneyleri sonrasında kesici uçların aşınma durumlarını gösteren SEM görüntüleri Şekil 3’te sunulmuştur. Tüm kesici takım kenarlarının yan yüzeyinde aşınma izleri görülmüştür. SEM görüntüleri incelendiğinde, kesici uçlarda herhangi bir yığıntı talaş (built-up edge, BUE) olmadığı sonucuna varılmıştır. Kesici ucun talaş yüzeyinde krater aşınması veya yan yüzeylerde çentik aşınması da görülmemiştir. Şekillerden görüldüğü gibi kesici uçların yan yüzeylerinde abrasiv aşınma mekanizmasının sebep olduğu serbest yüzey aşınması meydana gelmiştir, genellikle serbest yüzey aşınmalarının üniform olduğu sonucuna varılmıştır ve bu aşınmalar ölçülerek kesme hızının, ilerlemenin ve uç yarıçapının etkileri belirlenmiştir.

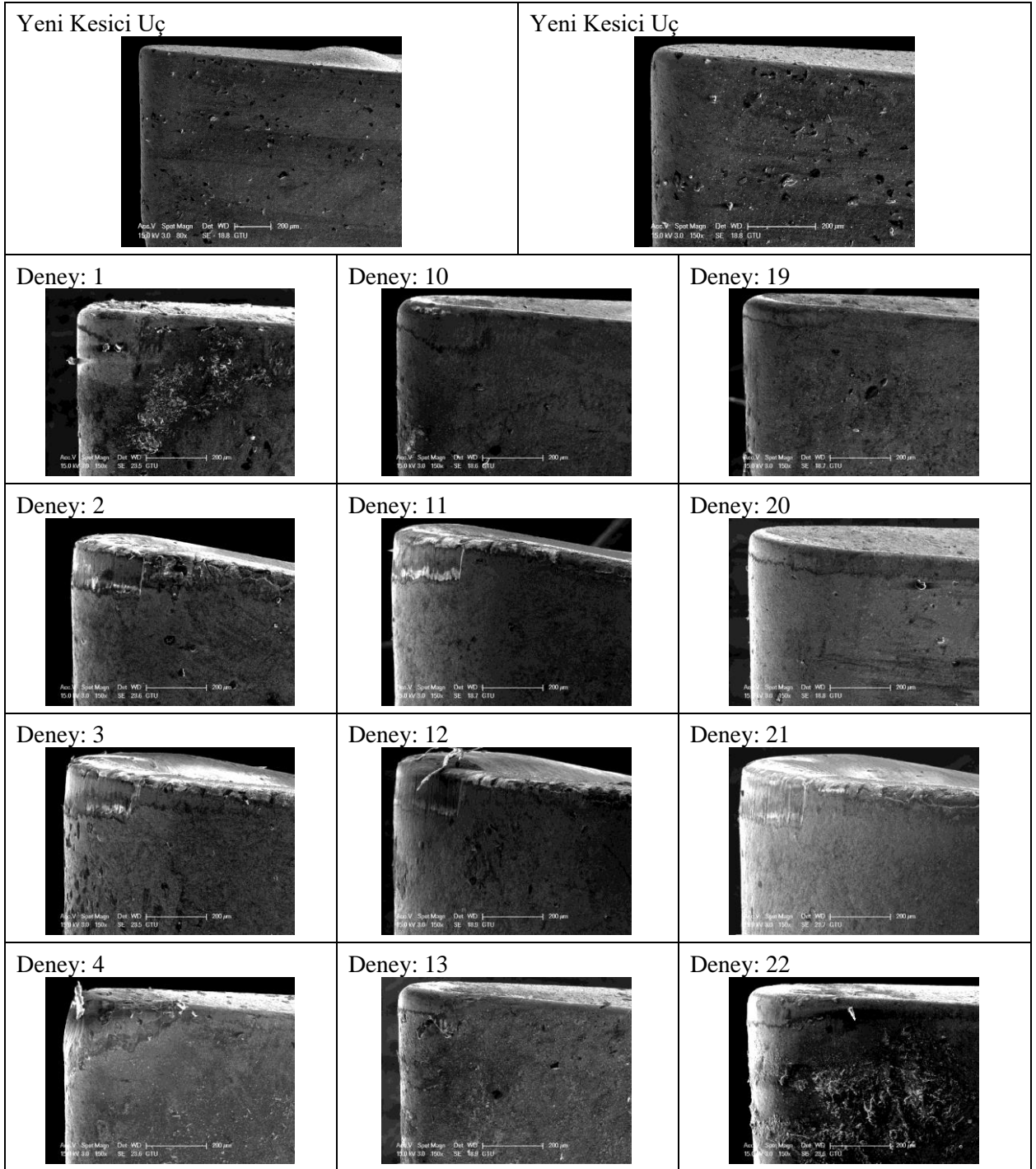
Serbest yüzey aşınması, iş parçası malzemesindeki sert bileşenlerin neden olduğu aşınmadır. Tornalama sırasında, iş parçası malzemesindeki sert karbür parçacıkları, başlangıçta takım yan yüzeyine sürtündüklerinde yoğun sürtünme oluşturur, bu da aşınma alanının genişliğinin kademeli olarak genişlemesine neden olur [12]. Kesme bölgesindeki abrasiv aşınma mekanizmasına neden olan ana etken kesici takımında oluşan mekanik yüklerdir [13]. Tüm kesme şartlarında yan kenar aşınması ile burun aşınmasının birleştiği de görülmüştür. Farklı faktörlerin değişen seviyeleri nedeniyle, tornalama sonrası ortaya çıkan aşınma alanlarının büyüklüğü beklendiği gibi farklı olmuştur ve araştırılan parametrelerin fazlalığı nedeniyle genel bir çıkarım yapmak zor olmuştur. Uç yarıçapının, baskın aşınma mekanizması üzerinde önemli bir etki göstermediği bulunmuştur ve benzer sonuç literatürde de ifade edilmiştir [12]. Bu nedenle kullanılan kesme parametrelerinin değerleri verilerek yorum yapılmaya çalışılmıştır. En düşük serbest yüzey aşınma değeri ve üniform aşınma 20. deneyde (kesme hızı 140 m/dak, ilerleme 0,1 mm/dev ve uç yarıçapı 0,4 mm) elde edilmiştir. En yüksek kesme hızında aşınma değerinin düşük çıkması literatürdeki sonuçlar ile uyumlu değildir [12]. Artan kesme hızı ile aşınma değerinin azalması, sıcaklığın artmasına bağlı olarak talaş akma dayanımının düşmesi ve talaş akışının kolaylaşması ile açıklanabilir. En ciddi serbest yüzey aşınma değeri 4. deneyde (kesme hızı 80 m/dak, ilerleme 0,2 mm/dev ve uç yarıçapı 0,2 mm) elde edilmiştir. Kesme hızı ve uç yarıçapı en düşük değerinde olduğu zaman kesici uç ciddi şekilde aşınma göstermiştir ve yan kenar aşınması ile burun aşınması birleşerek uçta deformasyona neden olmuştur.

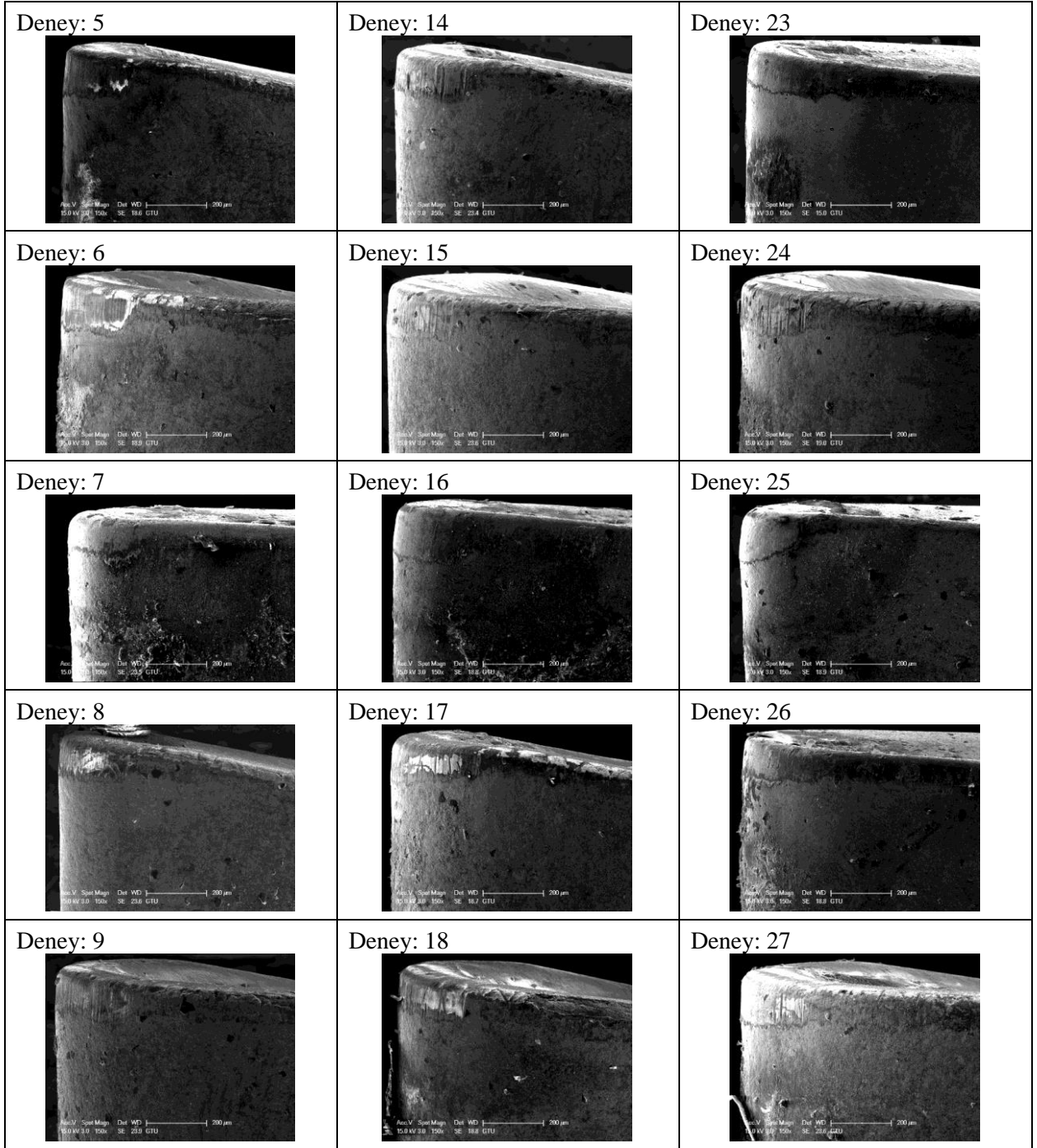


Şekil 1. Deneyde kullanılan tezgah, kater, kesici uç ve tornalanan iş parçaları (Machine tool, tool holder, insert used in the experiment and turned workpieces)



Şekil 2. Takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü ölçümleri (Tool wear and surface roughness measurements)





Şekil 3. SEM görüntüleri (SEM views)

80 m/dak, 110 m/dak ve 140 m/dak kesme hızlarında ilerleme ve kesici uç yarıçapının bir fonksiyonu olarak ölçülen serbest yüzey aşınması sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Serbest yüzey aşınması değerleri kesme parametreleri ve uç yarıçapı kombinasyonlarına bağlı olarak farklı sonuçlar sergilemiştir. 80 m/dak kesme hızında düşük serbest yüzey aşınması elde edebilmek için Toolox 44 çeliği 0,3 mm/dev ilerlemede 0,4 mm uç yarıçapına sahip kesici ile tornalanmalıdır. Genel olarak bakıldığında en düşük kesme hızı olan 80 m/dak değerinde yapılan deney grubunda (1.-9. deneyler) daha yüksek aşınma değerleri elde

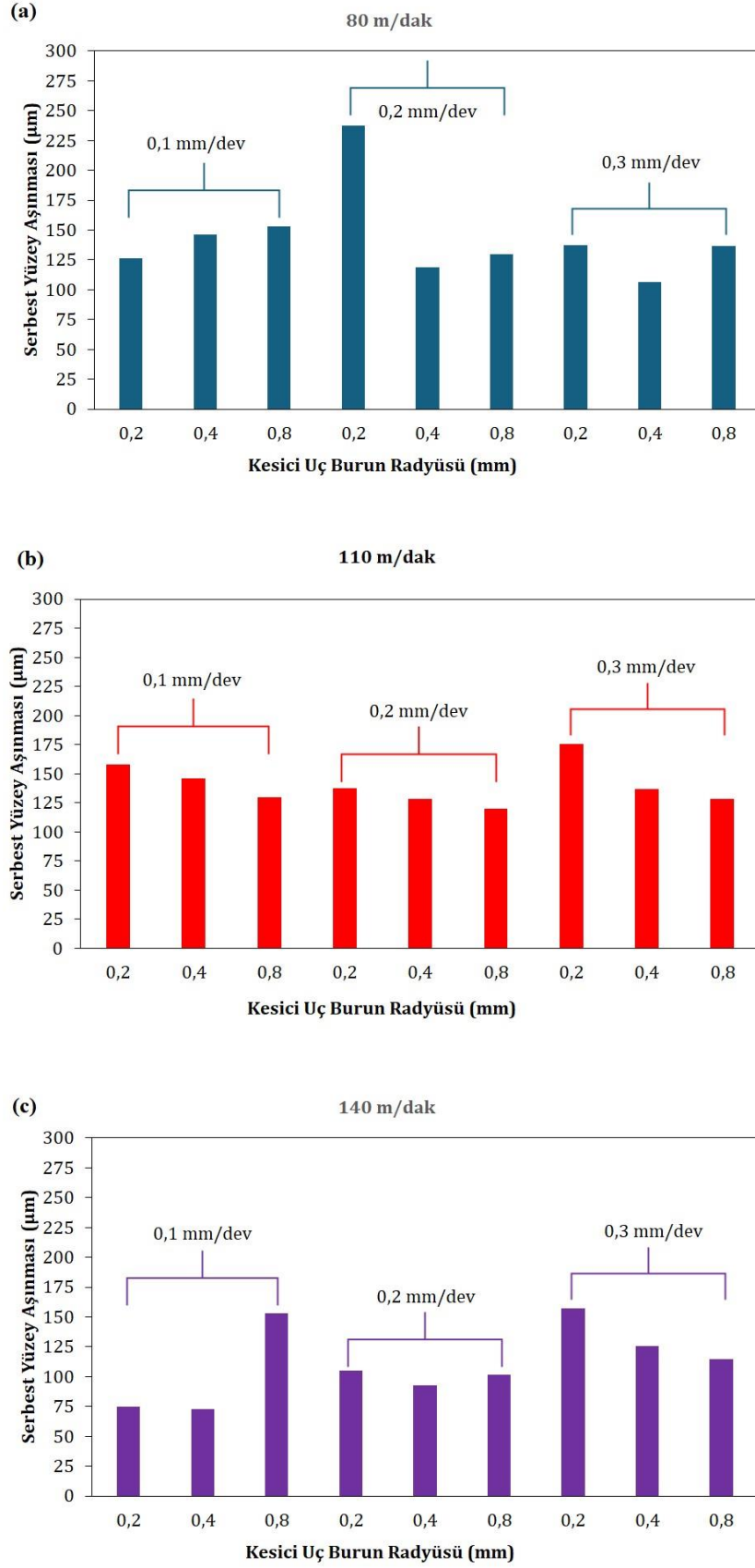
edilmiştir. Bu çalışmadaki en ciddi serbest yüzey aşınma değeri bu deney grubunda kesme hızının 80 m/dak, ilerlemenin 0,2 mm/dev ve uç yarıçapının 0,2 mm olduğu 4. deneyde 237,713 µm olarak ölçülmüştür. 110 m/dak kesme hızında düşük serbest yüzey aşınması elde edebilmek için ilerleme değeri 0,2 mm/dev ve uç yarıçapı 0,8 mm olarak seçilmelidir. Genel olarak en yüksek kesme hızı olan 140 m/dak değerinde yapılan deney grubunda (19.-27. deneyler) daha düşük aşınma değerleri ölçülmüştür. En küçük serbest yüzey aşınması, kesme hızı değerinin 140 m/dak, ilerleme değerinin 0,1 mm/dev ve kesici uç yarıçapının 0,4 mm olduğu

şartlarda 72,958 μm olarak ölçülmüştür. Artan kesme hızı ile aşınma değerinin azalması, sıcaklığın artmasına bağlı olarak talaş akma dayanımının düşmesi ve talaş akışının kolaylaşması ile açıklanabilir. Düzenli değişim trendi sadece 110 m/dak kesme hızında gözlenmiştir. Bu kesme hızı için tüm ilerleme değerlerinde uç yarıçapının artması ile serbest yüzey aşınması azalmıştır. Yüksek uç yarıçapında aşınmanın azaldığı literatürde de ifade edilmiştir [14].

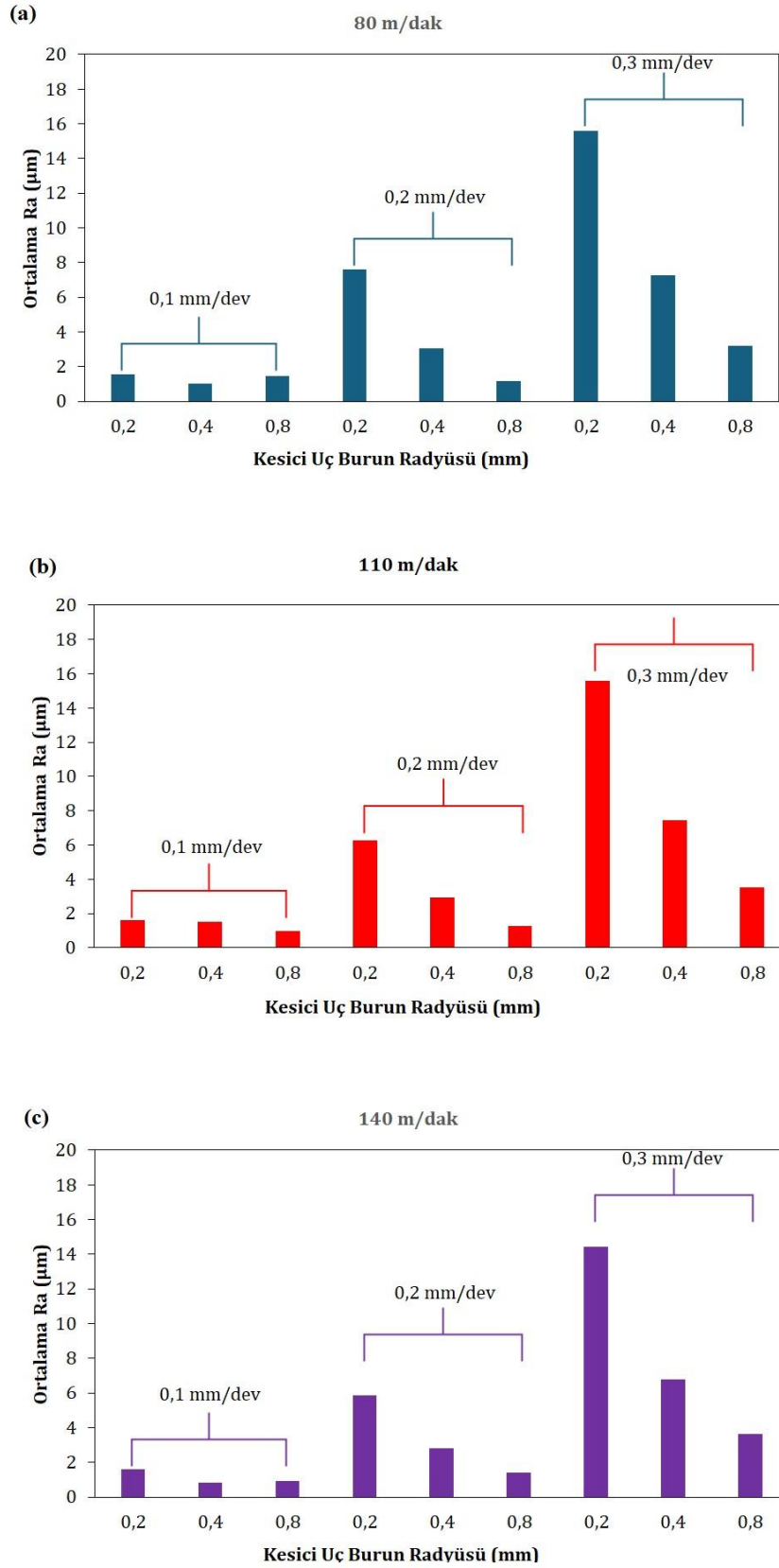
3.2. Yüzey Pürüzlülüğü (Surface Roughness)

Şekil 5'de 80 m/dak, 110 m/dak ve 140 m/dak kesme hızı değerlerinde ilerleme ve kesici uç yarıçapının bir fonksiyonu olarak ölçülen ortalama Ra değerleri sunulmuştur. 80 m/dak, 110 m/dak ve 140 m/dak kesme hızları değerlerinde, tüm kesici uç yarıçapları için ilerleme değerindeki artış ile yüzey pürüzlülüğü artmıştır. İlerleme değerinin artması kesme bölgesinde sürtünmeden dolayı sıcaklığı artırarak aşınmanın artmasına sebep olur ve yüzey kalitesini kötüleştirir [15-19]. Oluşan ısının takım-talaş ve takım-iş parçası arayüzünde yoğunlaştığı bilinmektedir [16-19] ve ilerlemenin artması ile yüzeyde kalıcı gerilmeler artmaktadır [20]. Bu nedenle de ilerlemenin artması ile yüzey pürüzlülüğü değerlerinin artması beklenen bir sonuçtur. 80 m/dak kesme hızında 0,2 mm uç yarıçaplı kesici takım ile tormalanan yüzeylerde, ilerleme değeri 0,1 mm/dev değerinden 0,3 mm/dev değerine yükseltildiğinde Ra değeri %912 artmıştır. Bu artış, 0,4 mm uç yarıçaplı kesici takım ile tormalanan yüzeylerde %628 ve 0,8 mm uç yarıçaplı kesici takım ile tormalanan yüzeylerde %122 olarak gerçekleşmiştir. 110 m/dak kesme hızında 0,2 mm, 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçaplı kesici takımlar ile tormalanan yüzeylerde, ilerleme değeri 0,1 mm/dev değerinden 0,3 mm/dev değerine yükseltildiğinde Ra değerleri sırasıyla %860, %390 ve %262 artmıştır. 140 m/dak kesme hızında 0,2 mm, 0,4 mm ve 0,8 mm uç yarıçaplı kesici takımlar ile tormalanan yüzeylerde, ilerleme değeri 0,1 mm/dev değerinden 0,3 mm/dev değerine yükseltildiğinde Ra değerleri sırasıyla %793, %726 ve %294 artmıştır. Tüm kesme hızlarında, genellikle kesici uç yarıçapı arttıkça Ra değeri azalmıştır. Uç yarıçapının düşük değerden yüksek değere doğru değiştiğinde yüzey kalitesinin arttığı diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir [21, 22]. Bhavsar [23] ayrıca uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü değerinin azaltılmasında ve takım ucu ve iş parçası arayüzünde sıcaklık oluşumunda önemli bir rol

oynadığını bildirmiştir. Literatürde bu sonuç, uç yarıçapındaki artış ile malzeme üzerinde sürtünme miktarının artması ile açıklanmıştır. Takım-iş parçası arasında artan sürtünme nedeniyle malzemenin özgül kesme direnci azalır ve malzeme üzerinden daha kolay talaş kaldırılır [20]. Bu nedenle kesici uç yarıçapı arttıkça yüzey pürüzlülük değerinde azalma meydana geldiği düşünülmektedir. Ayrıca, kesici uç yarıçapı azaldığında, işleme sırasında işlenen parçanın yüzey kalitesini bozan oluklar oluşur [24]. Kesici uç yarıçapı 0,2 mm'den 0,8 mm'ye yükseldiğinde daha az oluk oluşturulur. Bu yüzden de yüzey pürüzlülük değerleri artan uç yarıçapı ile azalmıştır. En fazla azalmalar ilerlemelerin 0,2 mm/dev ve 0,3 mm/dev olduğu şartlar altında elde edilmiştir. 80 m/dak kesme hızında ve 0,2 mm/dev ilerleme değerinde, uç yarıçapının 0,8 mm'ye artırılması Ra değerinde %85 oranında azalma ile sonuçlanmıştır. İlerleme değeri 0,3 mm/dev olduğunda ise, uç yarıçapının 0,8 mm'ye artırılması Ra değerinde %79 azalmaya sebep olmuştur. Kesme hızı 110 m/dak olduğunda, 0,2 mm/dev ve 0,3 mm/dev ilerleme değerlerinde, uç yarıçapının 0,8 mm'ye artırılması Ra değerlerinde sırasıyla %79 ve %77 oranlarında azalma ile sonuçlanmıştır. Bu azalış, kesme hızı 140 m/dak olduğunda, 0,2 mm/dev ile tormalanan yüzeylerde %76 ve 0,3 mm/dev ile tormalanan yüzeylerde %74 olarak gerçekleşmiştir. En düşük Ra değeri, kesme hızı değerinin 140 m/dak, ilerleme değerinin 0,1 mm/dev ve kesici uç yarıçapının 0,4 mm olduğu şartlarda 0,8175 μm olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada araştırılan parametreler arasında Ra değerini en çok etkileyen parametreler yüksekten düşüğe sırasıyla ilerleme, kesici uç yarıçapı ve kesme hızı olarak bulunmuştur. İlerlemenin yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli parametre olduğu literatürdeki çalışmalarda da ifade edilmiştir [25, 26]. Toolox 44 malzemesinin tormalanmasında kesme hızı ve kesici uç yarıçapı hangi değerde olursa olsun Ra değerini çok fazla arttırdığından dolayı 0,3 mm/dev ilerleme değerinin kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır. Eğer bu malzemenin tormalanmasında 0,2 mm/dev ilerleme değeri kullanılacaksa, iyi bir yüzey kalitesi için uç yarıçapı 0,8 mm olarak seçilmelidir. Benzer bir sonuç Kayır vd. [27] tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Araştırmacılar AISI316Ti paslanmaz çeliğin küçük uç yarıçaplı (0,4 mm) takımlarla yüksek ilerleme ve yüksek kesme hızları değerlerinde tormalanmasının takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü yönünden uygun olmadığını ifade etmişlerdir [27].



Şekil 4. (a) 80 m/dak, (b) 110 m/dak ve (c) 140 m/dak kesme hızlarında ilerleme ve kesici uç yarıçapının bir fonksiyonu olarak ölçülen serbest yüzey aşınması değerleri (Flank wear values measured as a function of feed and insert radius at cutting speeds of (a) 80 m/min, (b) 110 m/min and (c) 140 m/min)



Şekil 5. (a) 80 m/dak, (b) 110 m/dak ve (c) 140 m/dak kesme hızlarında ilerleme ve kesici uç yarıçapının bir fonksiyonu olarak ölçülen ortalama Ra değerleri (Average Ra values measured as a function of feed and insert radius at cutting speeds of (a) 80 m/min, (b) 110 m/min and (c) 140 m/min)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, Toolox 44 kalıp çeliğinin tornalanmasında kesme hızının, ilerlemenin ve kesici uç yarıçapının yüzey pürüzlülüğü ve serbest yüzey aşınması üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir.

- Belirlenen parametrelerde Toolox 44 kalıp çeliğinin tornalanması sonrasında kesici uçlarda herhangi bir yığıntı talaş (built-up edge, BUE) ve talaş yüzeyinde krater aşınması olmadığı sonucuna varılmıştır. Kesici uçların yan yüzeylerinde serbest yüzey aşınması görülmüştür.
- En küçük serbest yüzey aşınması, kesme hızı değerinin 140 m/dak, ilerleme değerinin 0,1 mm/dev ve kesici uç yarıçapının 0,4 mm olduğu şartlarda ölçülmüştür.
- 80 m/dak, 110 m/dak ve 140 m/dak kesme hızları değerlerinde, tüm kesici uç yarıçapları (0,2, 0,4 ve 0,8 mm) için ilerleme değerindeki artış ile Ra değerinin arttığı bulunmuştur.
- Bütün kesme hızlarında, genellikle kesici uç yarıçapı arttıkça Ra değeri azalmıştır.
- Bu çalışmada dikkate alınan parametreler arasında Ra değerini en çok etkileyen parametrelerin yüksekten düşüğe sırasıyla ilerleme, kesici uç yarıçapı ve kesme hızı olduğu görülmüştür.
- Toolox 44 malzemesinin tornalanmasında kesme hızı ve kesici uç yarıçapı hangi değerde olursa olsun Ra değerini çok fazla arttırdığından dolayı 0,3 mm/dev ilerleme değerinin kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır. Eğer bu malzemenin tornalanmasında 0,2 mm/dev ilerleme değeri kullanılacaksa, iyi bir yüzey kalitesi için uç yarıçapı 0,8 mm olarak seçilmelidir.

ACKNOWLEDGMENTS (TEŞEKKÜR)

Sorumlu yazar (E.K.), Ağustos 2019'da geçirdiği beyin damar hastalığı sonrası yaptığı operasyonla ve tedaviyle hayatını kurtaran ve ikinci bir hayat fırsatı sağlayarak hayatına bir mucize katan doktoru, girişimsel nörolog Prof. Dr. Hasan Hüseyin Karadeli'ye sonsuz teşekkürlerini sunmaktadır. Yazarlar, deneysel çalışmalarda maddi/manevi desteğini esirgemeyen Baksan Makina A.Ş. çalışanlarına, CNC tornada numune parçaları hazırlayan Eren Gedik'e, yüzey pürüzlülüğü ölçümlerindeki yardımlarından ötürü tekniker Önder Gedik'e ve SEM incelemelerindeki yardımlarından ötürü öğretim görevlisi Ahmet Nazım'a teşekkür ederler.

The corresponding author (E.K.) expresses her endless gratitude to her doctor, interventional neurologist Prof. Dr. Hasan Hüseyin Karadeli, who saved her life with the operation and treatment he performed after her cerebrovascular disease in August 2019 and added a miracle to her life by providing her with a second life opportunity. The authors would like to thank the employees of Baksan Makina A.Ş. for their financial and moral support in the experimental studies, Eren Gedik who prepared sample parts on the CNC lathe, technician Önder Gedik for his help in surface roughness measurements, and lecturer Ahmet Nazım for his help in SEM examinations.

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)

Emel KURAM: Deneyle yapılmış, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

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

Nuray ÜÇÜNCÜ: Deneyle yapılmış ve sonuçlarını analiz etmiştir.

She conducted the experiments and analyzed the results.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Binali R., Ulaş H.B., Demir H., Toolox 44 malzemesinde talaş kaldırma miktarının yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkilerinin incelenmesi, Technological Applied Sciences (NWSATAS), 13 (2018) 19-28.
- [2] Naimi S., Hosseini S.M., Tool steels in die-casting utilization and increased mold life, Advances in Mechanical Engineering, 7 (2015) 286071.
- [3] www.ssab.com.

- [4] Hansson P., Modern prehardened tool steels in die-casting applications, *Materials and Manufacturing Processes*, 24 (2009) 824-827.
- [5] Daghini L., Nicolescu C., Influence of inserts coating and substrate on Toolox®44 machining, *Swedish Production Symposium '07*, (2007).
- [6] Özlü B., Evaluation of energy consumption, cutting force, surface roughness and vibration in machining Toolox 44 steel using Taguchi-based gray relational analysis, *Surface Review and Letters*, 29 (2022) 2250103.
- [7] Wojciechowski S., Mrozek K., Mechanical and technological aspects of micro ball end milling with various tool inclinations, *International Journal of Mechanical Sciences*, 134 (2017) 424-435.
- [8] Bayraktar Ş., Uzun G., Ön sertleştirilmiş Toolox 44 ve Nimax kalıp çeliklerinin işlenebilirliği üzerine deneysel çalışma, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36 (2021) 1939-1947.
- [9] Globisch S., Friedrich M., Heidemann N., Döpper F., Tool concept for a solid carbide end mill for roughing and finishing of the tool steel Toolox 44, *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, 8 (2024) 170.
- [10] ISO 3685, Tool-life testing with single-point turning tools, (1993).
- [11] ISO 4287, Geometrical product specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters, (1997).
- [12] Zhang X., Li M., Soo S. L., Yang X., Effects of chip breaker groove and tool nose radius on progressive tool wear and behavior when turning GH3536 nickel-based superalloys, *Tribology International*, 197 (2024) 109806.
- [13] Gupta M. K., Song Q., Liu Z., Sarikaya M., Mia M., Jamil M., Singla A. K., Bansal A., Pimenov D. Y., Kuntoğlu M., Tribological performance based machinability investigations in cryogenic cooling assisted turning of α - β titanium alloy, *Tribology International*, 160 (2021) 107032.
- [14] Rao A.S., Effect of nose radius on the chip morphology, cutting force and tool wear during dry turning of Inconel 718, *Tribology-Materials, Surfaces & Interfaces*, 17 (2023) 62-71.
- [15] Kılıçkap E., Çelik Y.H., Yardımeden A., Karbon elyaf takviyeli plastik kompozitlerin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etki eden parametrelerin araştırılması, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8 (2017) 175-180.
- [16] Nalbant M., Gökkaya H., Sur G., Application of Taguchi method in the optimization of cutting parameters for surface roughness in turning, *Materials and Design*, 28 (2007) 1379-1385.
- [17] Wang X., Feng C. X., Development of empirical models for surface roughness prediction in finish turning, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 20 (2002) 348-356.
- [18] Turgut Y., Çakmak I., AISI 1040 çeliğinin frezelenmesinde talaş kırıcı formunun yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisinin araştırılması, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7 (2019) 482-494.
- [19] Akkurt M., Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1998).
- [20] Özdemir M., Yüzey pürüzlülüğü üzerinde kesme parametrelerinin etki oranlarının yüzey yanı yöntemi kullanarak analizi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7 (2019) 639-648.
- [21] Hua Y., Liu Z., Effects of cutting parameters and tool nose radius on surface roughness and work hardening during dry turning Inconel 718, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96 (2018) 2421-2430.
- [22] Kumar P. V. A., Patnaik L., Bharati K., Venkatesh V. S. S., Kumar S., Investigating tool wear rate and surface quality of hardened tool steel: a fuzzy-MARCOS analysis and response surface methodology study, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 18 (2024) 4137-4158.
- [23] Shah D., Bhavsar S., Effect of tool nose radius and machining parameters on cutting force, cutting temperature and surface roughness—an experimental study of Ti-6Al-4V (ELI). *Materials Today: Proceedings*, 22 (2020) 1977-1986.
- [24] Patel V.D., Gandhi A.H., Analysis and modeling of surface roughness based on cutting parameters and tool nose radius in turning of AISI D2 steel using CBN tool, *Measurement*, 138 (2019) 34-38.
- [25] Akgün M., Ulaş H.B. Demir H., İmalat çeliklerinin tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisinin analizi ve optimizasyonu,

- Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD), 6 (2017) 50-58.
- [26] Yılmaz B., Güllü A., AISI 1050 çeliğın tornalanmasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumu üzerine etkilerinin araştırılması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 26 (2020) 628-633.
- [27] Kayır Y., Aslan S., Aytürk A., AISI316Ti paslanmaz çeliğın tornalanmasında kesici uç etkisinin Taguchi yöntemi ile analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28 (2013) 363-372.