

Mahmut Berkan Alisinoğlu 

Yunus Emre Kınacı 

Burak Korkut 

Şekip Esat Hayber 

Bursa Uludağ Üniversitesi
Bursa

Makale Bilgisi:

Araştırma Makalesi

Gönderilme: 13 Eylül 2024

Kabul: 28 Kasım 2024

*Sorumlu Yazar: Mahmut Berkan

Alisinoğlu

Email: berkanalisinoglu@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.56193/matim.1549612>

Şerit Testere Makinelerinde Oluşan Kesme Kuvvetlerinin İş Parçası Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesim Dikliğine Etkisinin İncelenmesi

Testere makineleri imalat hatlarının başında geldiğinden kritik bir öneme sahiptirler. Bu nedenle testere makineleri ile gerçekleştirilen kesme işlemlerinde kesme performansının artırılmasına yönelik çalışmalar önem arz etmektedir. Bu çalışmada, şerit testere makinesinde oluşan kesme kuvvetlerinin kesme performansına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Kesme işlemleri hızlar sabit kesim metodunda üç farklı kesim modunda gerçekleştirilmiş, kesici takımın sırt bölgesine lama tipi yük hücresi yerleştirilerek kesme işlemi sırasında kesici takıma etkiyen kuvvetler saptanmıştır. Saptanan bu kuvvetler referansında kesme parametreleri gerçek zamanlı güncellenerek kesimler hızlar değişken kesim metodu ile üç farklı kesim modunda tekrarlanmış ve gerçek zamanlı güncellenmenin etkisi kesim süresi, iş parçası yüzey kalitesi ve kesim dikliği açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda gerçek zamanlı güncellenmenin kesim süreleri ve yüzey pürüzlülük değerlerinde olumlu etkisinin olduğu, kesim dikliğinde anlamlı bir değişikliğin olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Şerit Testere Makinesi, Yük Hücresi, Kesme Kuvveti

1. GİRİŞ

Üretim hatları ve bu hatlarda gerçekleşen süreçler incelendiğinde ilk sürecin talaşlı imalat olduğu bilinmektedir. Talaşlı imalat süreçleri kendi içerisinde birçok prosesi kapsamaktadır. Bu proseslerin başında testere ile kesme işlemi gelmektedir. İlk talaşlı imalat prosesi olan testere ile kesme işlemi, hammaddeleri istenilen boyda kesme amacıyla kullanılır [1,2]. Testere ile kesme işlemine yönelik 1950’li yıllarda başlanan çalışmalarda kesici takım geometrisi, malzemeye bağlı özgül kesme kuvvetleri, kesme parametreleri ve maliyet gibi konularda incelemeler ve araştırmalar yapılmıştır [3].

İmalat sanayisinde hedefler doğrultusunda farklı türde kesici takım ve işleme yöntemleri geliştirilmiştir. İş parçalarının ana malzemeden koparılması için tercih edilen testere ile kesme işlemi, üzerinde talaş kaldırmaya yarayan kesici dişler bulunan şerit, daire ya da lama şeklinde kesici takım kullanılan bir yöntemdir [2,4]. Testere üzerinde

bulunan dişler dinamik yüklere maruz kaldığından bu dişler üzerinde istenmeyen hasarlar meydana gelmektedir. Testere ile kesme işleminde uygun kesme parametrelerinin seçimi, bu hasarların önlenmesinde oldukça önemli bir rol oynamaktadır [5].

İmalat sanayisinde önemli gelişmelerden birisi kesici takım ve üretim süreçleri izleme sistemlerinin yaygın olarak kullanılmasıdır. Birçok sensör tipi ve sinyal işleme teknolojisi yardımıyla karmaşık sinyal ve bilgiler kolaylıkla işlenebilmektedir [6]. Özellikle metal kesim endüstrisindeki takım tezgahlarına yönelik izleme sistemleri araştırılmakta ve geliştirilmektedir. Bunun için ivmeölçer, akustik sensör, yer değiştirme sensörü, yük hücresi gibi sensörler kullanılmaktadırlar [7].

Yıldız vd. gerçekleştirdikleri çalışmada st-52 ve AISI 4140 malzemelerini iki farklı kesme modu

(akıllı ve otomatik) ile, iş parçasının kesit takibini yaparak kesme parametrelerinin gerçek zamanlı güncellendiği bir yazılım kullanarak kesmiş ve kesilen numunelerin yüzey pürüzlülüğünü ve eğriliklerini incelemişlerdir. Her iki malzeme içinde akıllı kesim modu ile kesilen numunelerde yüzey kalitesi ve eğrilik bakımından sonuçlarda iyileşme olduğu gözlemlenmiştir [3].

Yapılan literatür araştırmaları kapsamında, testere makineleri ile gerçekleştirilen kesme işlemlerinde kesme parametrelerinin gerçek zamanlı güncellenmesi ve bu güncelleme işleminin kesilen iş parçası üzerine ne gibi etkilerinin olduğunun incelendiği çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu nedenle bu çalışmada, servo sürücülü şerit testere makinesinde Ø150 mm ebatında C45 kalite çelik malzemesi kesici takım üreticisinin önermiş olduğu 3 farklı kesim modu kesme parametre değerleri (uzun bıçak ömrü (UBÖ), normal (N), yüksek kesim performansı (YKP)) ve 2 farklı kesim metodu (hızlar sabit, hızlar değişken) ile kesilmiştir. Kesme işlemi sırasında kesici takım üzerine etkiyen kuvvetler yük hücresi kullanılarak ölçülmüş ve ölçülen kuvvetlere göre, geliştirilen hızlar değişken kesim metodu ile kesme parametreleri gerçek zamanlı güncellenerek kesimler tekrarlanmıştır. Kesme parametrelerinin gerçek zamanlı güncellenmesi işleminin kesme kalitesine etkisini görmek amacıyla kesici takıma etkiyen kuvvet, kesim süresi, iş parçası dikliği ve yüzey pürüzlülük değerleri incelenerek sonuçlar birbirleri ile mukayese edilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deney malzemesi

Deney malzemesi olarak yüksek mukavemet, tokluk ve aşınma direncine sahip orta karbonlu C45 kalite çelik malzemesi kullanıldı. C45, endüstride yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. C45, daha iyi mekanik özellikler elde etmek amacıyla çeşitli ısıtma işlemlere tabi tutulabilir. Endüstride motor mili, aks, şaft, dişli, pompa rotorları, silindir, civata gibi ekipmanlarda kullanılır [8]. C45 malzemesinin kimyasal kompozisyonu Tablo 1’de gösterilmiştir.

2.2. Testere makinesi

Şerit testere makineleri temelde iki kasnak arasına gerilmiş kesici takımın malzeme üzerinden talaş kaldırarak malzemeyi koparması esasına dayanan takım tezgâhlarıdır [9]. Deney kesimleri Bekamak Makina San. ve Tic. A.Ş.’de bulunan BMSO 570 XS model şerit testere makinesinde gerçekleştirilmiştir. BMSO 570 XS şerit testere makinesi ve yük hücresinin teknik özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

2.3. Kesici takım

Testere bıçağı, kesme işlemi sırasında üzerindeki dişler ve sürtünme kuvveti etkisi ile iş parçasından talaş kaldıran kesici [10]. Deneylerde Wikus firmasının ürettiği 7400×54×1,6 mm ölçülerindeki 2-3 diş Marathon M42 bimetal kesici takımı kullanılmıştır.

Tablo 1. C45 Kimyasal kompozisyon [8].

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Al
Kimyasal Kompozisyon (%)	0,48	0,25	0,71	0,013	0,023	0,10	0,09	0,18	0,023

Tablo 2. Şerit testere makinesi ve yük hücresi teknik özellikleri.

Şerit Testere Makinesi Özellikleri	Değer	Yük Hücresi Özellikleri	Değer
Ana motor (kW)	15	Hassasiyet sınıfı (C3)	1/3000
Hidrolik motor (kW)	2,2	Çıkış duyarlılığı (mV/V)	2.0 ± 0 .02
Kafa servo motor (kW)	1,5	Ölçüm aralığı (kg)	0 - 2000
Sürücü servo motor (kW)	2	Giriş direnci (Ω)	385 ± 10
Kesme hızları (m/dk)	15-150	Çıkış direnci (Ω)	350 ± 3
Ağırlık (kg)	5900	Çalışma sıcaklığı (°C)	-35 - +45

2.4. Yük hücresi

Yük hücresi, gerilme, sıkıştırma, basınç gibi mekanik kuvvetleri elektrik sinyaline dönüştürerek kuvvet veya ağırlığı ölçebilen sensördür. Endüstride uzun yıllardır yaygın olarak kullanılan bu sensör uygun tasarım ve kalibrasyon ile kullanıldığında oldukça hassas ve güvenilir sonuçlar verebilmektedir [11]. Deneylerde kesici takıma etkiyen yüklerin gerçek zamanlı saptanabilmesi için Tuna tartı firmasının BS serisi yük hücresi kullanılmıştır.

2.5. Deney tasarımı

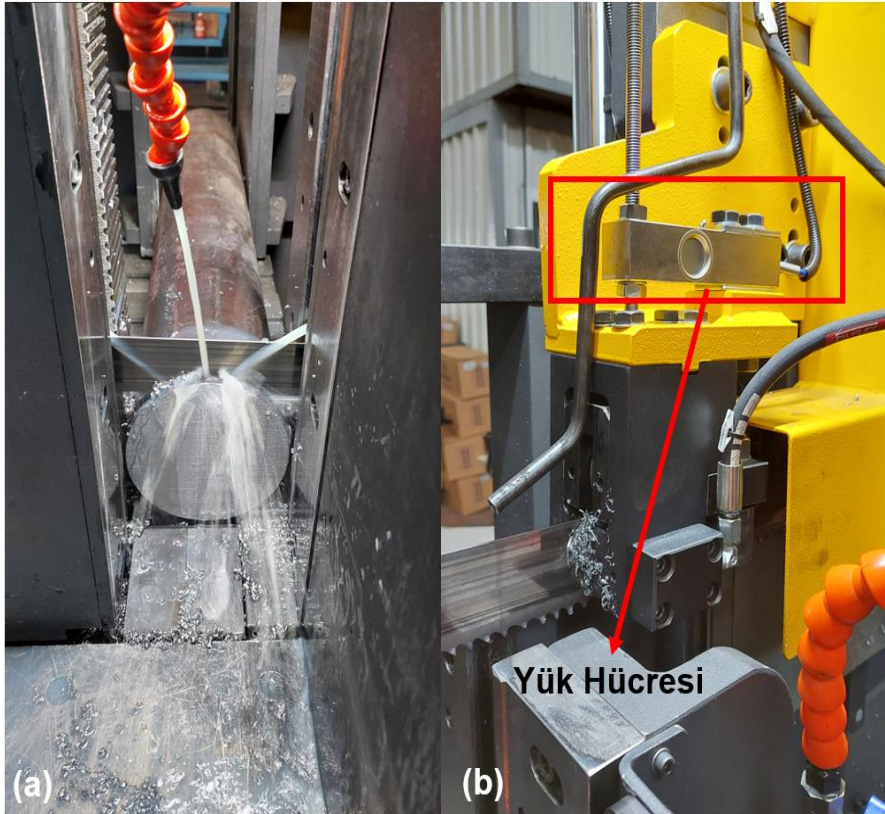
Testere makinelerinde kesme parametreleri seçiminde (ilerleme hızı (F), dönüş hızı (S)) kesici takım üreticisinin önermiş olduğu değerler dikkate alınır [4]. Kesme parametreleri daire kesitli malzemeler için malzemenin en geniş kesiti olan çap bölgesi baz alınarak belirlenir.

Deneyler Ø150 mm ebatındaki C45 kalitesindeki çelik malzeme ile gerçekleştirilmiştir. Deneylerin ilk aşaması kesici takım üreticisinin önermiş olduğu 3 farklı kesme parametre değerleri ve hızlar sabit kesim metodu ile gerçekleştirilmiştir. Her deney 3 tekrarda gerçekleştirilerek ilk aşama 9 kesim

ile tamamlanmıştır. Kesme işlemi sırasında kesici takıma etkiyen kuvvetleri tayin etmek amacıyla kesici takım tutucusunda yerleştirilen yük hücresi kesme işlemi boyunca üzerine gelen kuvvetleri ölçmüş ve bu değerleri makine kontrolcüsüne aktarmıştır. Kuvvet değerleri incelenerek her kesimde oluşan maksimum değer saptanmıştır. Saptanan kuvvet değerleri referansında kesme işlemi boyunca iş parçası kesitinin her bölgesinde kesici takıma etkiyen kuvvet değeri saptanan maksimum değere yakın kalacak şekilde hızlar değişken kesim metodu ile kesme parametreleri dinamik olarak güncellenerek kesimler tekrarlanmıştır. Deney kesimi ve yük hücresi konumu Şekil 1’de, deney tasarımı Tablo 3’te gösterilmiştir.

2.6. Kesme parametreleri güncellenmesi

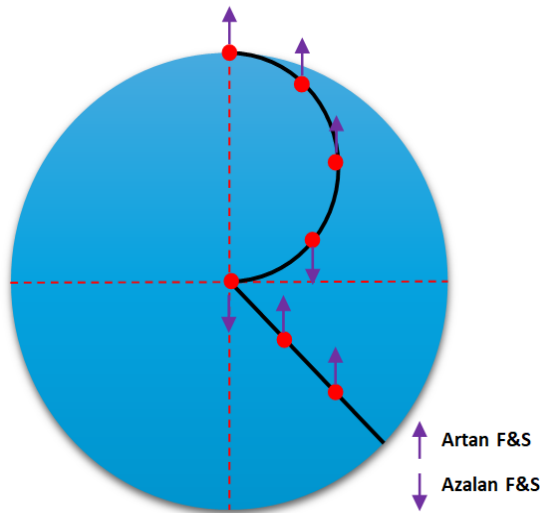
Hızlar sabit kesim metodu ile gerçekleştirilen kesimlerde, kesme işlemi sırasında kesme parametreleri sabit kalırken kesici takıma etkiyen kuvvet değişmektedir. Kesici takıma etkiyen kuvvetin kesme işlemi sırasında saptanan maksimum değere yakın kalması amacıyla kesme parametreleri dinamik olarak güncellenmektedir. Bu parametrelerin iş parçası kesiti üzerindeki değişimi Şekil 2’de gösterildiği gibi R efekt şeklinde gerçekleşmektedir.



Şekil 1. (a) Deney kesimi, (b) Yük hücresi konumu.

Tablo 3. Deney Tasarımı.

Numune	Kesim metodu	Kesim modu	S (m/dk)	F (mm/dk)
1	Hızlar Sabit	UBÖ	70	39,8
2	Hızlar Sabit	UBÖ	70	39,8
3	Hızlar Sabit	UBÖ	70	39,8
4	Hızlar Sabit	N	70	49,7
5	Hızlar Sabit	N	70	49,7
6	Hızlar Sabit	N	70	49,7
7	Hızlar Sabit	YKP	77	59,6
8	Hızlar Sabit	YKP	77	59,6
9	Hızlar Sabit	YKP	77	59,6
1	Hızlar Değişken	UBÖ	Start 70	Start 39,8
2	Hızlar Değişken	UBÖ	Start 70	Start 39,8
3	Hızlar Değişken	UBÖ	Start 70	Start 39,8
4	Hızlar Değişken	N	Start 70	Start 49,7
5	Hızlar Değişken	N	Start 70	Start 49,7
6	Hızlar Değişken	N	Start 70	Start 49,7
7	Hızlar Değişken	YKP	Start 77	Start 59,6
8	Hızlar Değişken	YKP	Start 77	Start 59,6
9	Hızlar Değişken	YKP	Start 77	Start 59,6



Şekil 2. R efekt.

3. BULGULAR

Kesici takım üreticisinin önermiş olduğu 3 farklı kesme parametreleri ve hızlar sabit kesim metodu ile toplam 3'er tekrarlı 9 adet deney gerçekleştirilmiştir. Deneylerde kesme parametrelerindeki değişimin kesim süresine ve kesici takım üzerine etkien yüke etkisi incelenmiştir. Kesme işlemlerinin ardından her bir deney numunesi için kesici takıma etkien maksimum kuvvet değeri saptanmış ve bu değeri nominal değeri kabul edilmiştir. Kesme parametreleri nominal kuvvet değerine göre yük hücresi ile gerçek zamanlı güncellenerek hızlar değişken kesim metodu ile kesimler tekrarlanmıştır. Kesici takıma etkien kuvvetler ve, kesim süreleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Hızlar sabit kesim metodunda kesici takıma etkien kuvvetlerin kesim modlarına göre değişen kesme ve ilerleme hızlarıyla değiştiği ve YKP'de en yüksek değere ulaştığı gözlemlenmiştir.

Hızlar sabit kesim metodunda kesim sürelerinin UBÖ'den YKP'ye doğru azaldığı, hızlar değişken kesim metodunda ise hızlar sabit kesim metodundaki UBÖ, N, YKP'ye göre kesim sürelerinde sırasıyla %29, %26 ve %23 iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Kesilen numunelerin kesim dikliği kontrolleri, kesici takımın numunelere giriş ve çıkış bölgeleri üzerindeki farklı noktalardan alınan kalınlık ölçümleri aritmetik ortalaması ile incelenmiştir. Giriş ve çıkış bölgelerindeki kalınlık farkları, açıl sapma cinsinden belirlenmiş, yüzeylerin 90°'den ne kadar saptığı incelenmiş ve sonuçlar birbirleri ile mukayese edilmiştir.

Hızlar sabit ve hızlar değişken kesim metodunda gerçekleştirilen kesimlerde numunelerin dikliklerindeki sapmanın UBÖ, N ve YKP'de oldukça düşük olduğu ve aralarında anlamlı bir değişiklik olmadığını gözlemlenmiştir.

Kesme parametrelerindeki değişimin ve kesme parametrelerinin gerçek zamanlı güncellenmesinin numunelerin yüzey kalitesine etkisini incelemek adına, kesim yönüne paralel (y eksen) ve dik (x eksen) doğrultuda yüzey pürüzlülük ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler numune yüzeyinin giriş, orta ve çıkış bölgelerinden alınarak aritmetik ortalama olarak incelenmiş ve veriler incelenirken ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değeri esas alınmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümleri ISO 1997 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Numune diklikleri ve ortalama yüzey pürüzlülükleri Şekil 4'te gösterilmiştir.

İş parçası üzerinde y eksenindeki R_a yüzey pürüzlülük değerlerinde hızlar değişken kesim metodunda UBÖ, N, YKP'da hızlar sabit kesim metoduna kıyasla sırasıyla %6, %15 ve %15 iyileşme gözlemlenmiştir. İş parçası üzerinde x eksenindeki R_a yüzey pürüzlülük değerlerinde hızlar değişken kesim metodunda UBÖ'nde hızlar sabit kesim metoduna kıyasla %13 artış gözlemlenirken N ve YKP'da sırasıyla %9 ve %23 iyileşme gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

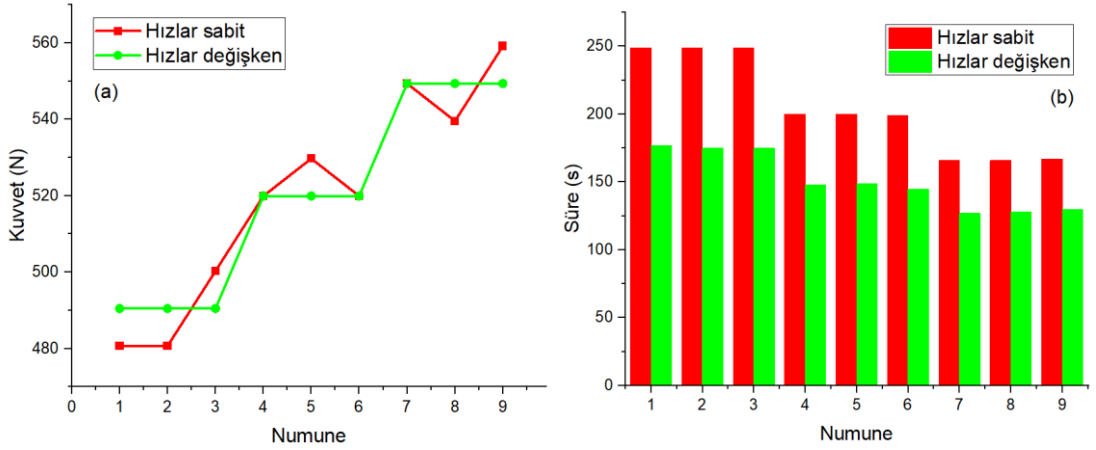
Bu çalışmada şerit testere makinelerinde kesme parametrelerinin kesme kuvvetleri referansında gerçek zamanlı güncellenmesinin kesme kalitesine etkisi deneysel olarak araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Kesici takıma etkien kuvvetlerin en yüksek değerleri iş parçasının çap bölgesi üzerinde, kesici takım – iş parçası temasının maksimum olduğu bölgelerde ve YKP kesim modunda olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun literatürde de bahsedildiği gibi [12,13] kesme işlemi boyunca artan kesici takım - iş parçası teması ve artan ilerleme hızından dolayı oluşan talaş yükünden kaynaklandığı düşünülmektedir.

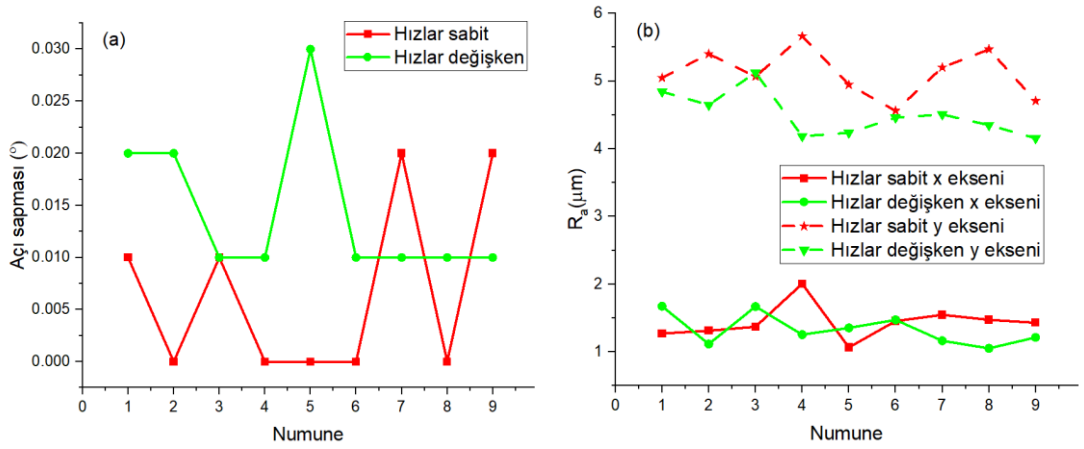
Hızlar sabit kesim metodu için en düşük kesim süresi beklendiği gibi YKP'de gözlemlenmiştir. Hızlar değişken kesim metodunda ise kesim süreleri tüm kesim modları için azalmıştır. Bunun nedeni kesim metodu ve kesim modlarına göre artan ilerleme hızlarıdır.

Kesim metodu ve kesim modlarındaki değişimlerin iş parçası dikliğinde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir. Bu durum kesici takım dişlerinin aşınmamış olması ve buna bağlı olarak kesici takımın iş parçasına temasının dik bir şekilde başlayarak düzgün bir yataklama etkisi yaratması ile açıklanabilir.

Hızlar değişken kesim metodunun iş parçası yüzey kalitesine genel olarak olumlu etki ettiği gözlemlenmiştir. Değişken kesme parametreleri ile azalan kesim sürelerine rağmen iş parçası yüzey kalitesinin artması literatürde karşılaşılan bir durumdur [3]. Kesme işlemi sırasında artan kesme hızı, talaşın daha hızlı tahliye edilmesine yardımcı olur. Bu sayede, talaş sıkışması önlenir ve talaşın iş parçası yüzeyiyle teması azalır. Bu durumun, yüzey kalitesinin iyileşmesine katkı sağladığı düşünülmektedir.



Şekil 3. (a) Kesici takıma etkiyen kuvvetler, (b) Kesim süreleri.



Şekil 4. (a) Numune diklikleri, (b) Ortalama yüzey pürüzlülükleri.

KAYNAKÇA

1. Civelek, H. A., Alisinoğlu, M. B., ve Çavdar, K., Şerit Testere Makinelerinde Kesme Hızının Kesici Takım Sıcaklığına Etkisi, International Conference on Engineering & Natural Sciences Bildiri Kitabı, 247 - 253, Ankara, 2020.
2. Tsai, P. C., Jeng, Y. R., ve Tseng, C. W., A Robust Embedded Load Cell Sensor for Tool Life Prognosis and Smart Sawing of Medium Carbon Steel, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 121 (2022), 1353 - 1364.
3. Yıldız, S., vd, The Investigation of Cutting Parameters for Improving Cutting Performance in Band Saw Machines, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12 (2023) 4, 1492 - 1498.
4. Mulaitat, A., Şerit Testere ile Kesme İşleminde Kesme Parametrelerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, 2022.
5. Yılmaz, T., Lama Testere ile AISI 1020 Malzemesinin Kesilmesi İşleminde Takım Performansının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, 2014.
6. Milfelner, M., Cus, F., ve Balic, J., An Overview of Data Acquisition System for Cutting Force Measuring and Optimization in Milling, Journal of Materials Processing Technology, 164 (2005), 1281 - 1288.
7. Mohammadpanah, A., Lehmann, B., ve White, J., Development of a Monitoring System for Guided Circular Saws: An Experimental Investigation, Wood Material Science & Engineering, 14 (2017) 2, 99 - 106.
8. Wozinak, W., vd., Studies on the Mechanical Properties of C45 Steel with Martensitic Structure after a High Tempering Process, Advances in Science

- and Technology Research Journal, 16 (2022) 3, 306-315.
9. Öznaneci, B., A Product Design Application for the Product Development Process in the Machinery Industry, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 2022.
 10. Ni, P., vd., Research on Optimization Method of Stainless Steel Sawing Process Parameters Basec on Multi-Tooth Sawing Force Prediction Model, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 128 (2023), 4513 - 4533.
 11. Muller, I., vd., Load Cells in Force Sensing Analysis – Theory and a Novel Application, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 13 (2010) 1, 15-19.
 12. Pul, M., vd, Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozit Malzemelerin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26 (2011) 1, 81-88.
 13. Korkut, İ., Dönertaş, M. A., Kesme Parametrelerinin Frezelemede Oluşan Kesme Kuvvetleri Üzerindeki Etkileri, Politeknik Dergisi, 6 (2003) 1, 385-389.