

Araştırma Makalesi- Research Article

CW724R Pirinç Malzemenin Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğünü Etkileyen Faktörlerin Deneysel Optimizasyonu

CW724R Experimental Optimization of Factors Affecting Surface Roughness in Brass Turning

Damla Çakmak^{1*}, Birol Akyüz²

Geliş / Received: 15/02/2022

Revize / Revised: 23/05/2022

Kabul / Accepted: 30/02/2022

ÖZ

Bu çalışmada, CW724R pirinç malzemesinin tornalamasında yüzey pürüzlülüğünü etkileyen faktörlerin deneysel optimizasyonu incelenmiştir. Çalışmada kesme hızı, talaş derinliği ve ilerleme parametreleri göz önünde bulundurularak Taguchi L9 deneyi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde S-N değerleri esas alınmıştır. Çalışmada üç farklı kesme hızı, üç farklı talaş derinliği ve üç farklı ilerleme hızı seçilmiştir. Deneyler CNC torna tezgâhında dik ve kuru kesme şartlarında ve karbür uç kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri ölçülmüştür ve Taguchi tasarımında sinyal gürültü değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ilerlemenin yüzey pürüzlük değeri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. En yüksek yüzey kalitesi değeri (en düşük Ra) 181 m/dak kesme hızında, 0,025 talaş derinliğinde ve 0,08 mm/dev ilerleme şartlarında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler- CW725R, Pirinç, Taguchi, Tornalama, Yüzey Pürüzlülüğü

ABSTRACT

In this study, experimental optimization of factors affecting surface roughness in turning of CW724R brass material was investigated. In the study, Taguchi L9 test was carried out considering cutting speed, depth of cut and feed parameters. S-N values were taken as basis in the evaluation of the test results. Three different cutting speeds, three different depths of cut, and three different feed rates were selected in the study. The experiments were carried out on a CNC lathe under vertical and dry cutting conditions and using carbide inserts. In the study, the average surface roughness (Ra) values were measured and the signal noise values were determined in the Taguchi design. According to the results obtained, it was observed that the feed rate was effective on the surface roughness value. The highest surface quality value (the lowest Ra) was obtained at 181 m/min cutting speed, 0.025 depth of cut and 0.08 mm/rev feed conditions.

Keywords- CW725R, Brass, Taguchi, Turning, Surface Roughness

^{1*}Sorumlu yazar iletişim: damlatorunn@gmail.com (<https://orcid.org/0000-0001-9523-099X>)
Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye
²İletişim: birol.akyuz@bilecik.edu.tr (<https://orcid.org/0000-0003-4462-3288>)
Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik, Türkiye

I. GİRİŞ

Pirinç, bakır elementine ve çinko ilave edilmesi ile elde edilmiş alaşımlardır [1]. Mühendislik çalışmalarında demir dışı malzemelerden en yaygın olarak kullanılan malzemelerden biridir [2]. Pirinç alaşımları yaygın olarak; su boruları, cıvatalar, pimler, vidalar, musluk vanaları ve bazı bağlantı parçalarının imalatı başta olmak üzere otomotiv, beyaz eşya ve armatür sanayinde kullanılmaktadır [3]. En yaygın olarak bilinen pirinç alaşımları CW614N (CuZn39Pb3), CW617N (CuZn40Pb2), CW612N (CuZn39Pb2) alaşımlarıdır [4]. Bazı alaşım elementleri, pirinç alaşımlarının özelliklerinin geliştirilmesinde ve belirlenmesinde (mekanik özellikler, sertlik, mukavemet, işlenebilirlik, korozyon vb.) önemlidir. Örneğin, alüminyum ile alaşımlandırma yapılarak, deniz suyu korozyonuna karşı dayanımı artırılabilir, %1-2 kurşun ilavesi ile işlenebilirliği artırılabilir [5,6]. Pirinç alaşımının yüksek dayanıklılık, mükemmel korozyon direnci, iyi şekillendirilebilirlik ve dövülebilirlik gibi özelliklerinin yanı sıra geri dönüştürülebilir özellikleri nedeni ile oldukça yaygın kullanım alanı bulunmaktadır [7].

CW724R (CuZn21Si3P) pirinç alaşımı birçok sektör için önemli alaşımlardan birisidir. Bu alaşımda kurşun içeriği çok düşük olduğundan (eco-brass) sağlık açısından oldukça önemli alanlarda (su armatürleri, içme suyu boruları, ocaklar, mutfak kullanım araç-gereçleri, müzik aletleri yapımı, kilit mekanizmaları, otomotiv bağlantı elemanları vb.) tercih edilmektedir. CW724R, yüksek yüke dayanabilen ve iyi işlenebilirlik ve iyi korozyon direnci gösteren özel bir pirinç alaşımıdır. Bu alaşım işleme ve dövme işlemi için ve içme suyu ile temas eden ürünler için, REACH ve RoHS II direktiflerine uygundur [8]. Fakat bu alaşım içerisinde maksimum % 0,09 oranında kurşun içerdiğinden işlenebilirliği kurşun içeren pirinçlere nazaran daha zordur [5].

Birçok alanda kullanım alanı bulan pirinç alaşımları ile ilgili çeşitli işlenebilirlik araştırmaları yapılmaktadır. İşlenebilirlik üzerine yapılan deneysel çalışmalarda az sayıda numune ile ve kısa sürede, en uygun değer şartlarının ve en uygun işleme parametrelerin belirlenmesinde Taguchi metodu yaygın olarak kullanılmaktadır [9-12]. Taguchi metodu ile deney sayısı azaltılarak zamandan tasarruf edilerek üretim ve test maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmaktadır. Taguchi metodu kullanılarak optimum işleme şartlarının belirlendiği talaşlı imalat ile ilgili çok sayıda akademik çalışma bulunmaktadır [12-18].

Yadu Krishnan ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada, pirinç alaşımlarının tornalamasında Taguchi yöntemi kullanılarak, daha yüksek kesme hızında daha düşük kesme kuvveti elde edilmiş, bununla birlikte yüksek yüzey kalitesi sağlamıştır. Tornalama sırasında kesme derinliğinin artması ile yüzey kalitesi düşmüştür. Minimum kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve kesme sıcaklığı için optimize edilmiş değerler için kesme hızı (s) 900 rpm, kesme derinliği (d) 0,15 mm ve ilerleme hızı (f) 0,3 için 9,4 kgf, 1,9 µm ve 59 °C'dir [19]. Singh'in yapmış olduğu çalışmada, Pirinç 63/37(C27400) malzemesinin farklı kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği parametreleri incelenmiş ve kesme hızının Yüzey pürüzlülüğü üzerinde %65,81 ile en çok etkileyen faktör olduğu tespit edilmiştir. %31,38 ile ilerleme ve %0,95 ile kesme derinliği kesme hızını izlemektedir [20]. M. Venkata Ramanaa ve arkadaşlarının Demir bazlı Nikel A286 alaşımının kuru tornalamada yüzey pürüzlülüğü için farklı kesme hızı ilerleme ve kesme derinliği parametreleri altında Taguchi yöntemi kullanılarak yapmış olduğu bir çalışmada PVD kaplamalı takım, kaplamasız takıma göre daha düşük işleme koşullarında daha az yüzey pürüzlülüğü ve orta işleme koşullarında daha az takım aşınma oranı sergilemiştir [21]. Mamedov'un kalıp çeliğinden imal edilen parçaların üç farklı ilerleme hızı, İş mili devri, Kesme derinliği ve Radyal dalma oranı altında Taguchi kullanarak yaptığı çalışmasında yüzey pürüzlülüğünü en çok etkileyen parametrenin radyal dalma oranı parametresi olduğu görülmüştür. En iyi yüzey kalitesini veren ilerleme hızı 16 mm/dak, iş mili devri 200 devir/dak, kesme derinliği 0.35 mm ve radyal dalma oranı %50 değerlerinde elde edilmiştir [22]. Yaka'nın Taguchi Yöntemi ile talaş artıklarını döküm yöntemi geri dönüştürülmüş ve normal alüminyum 5000 alaşımı üzerinde yaptığı çalışmasında yüzey pürüzlülüğüne en çok ilerleme parametresi etkilemiştir. Tüm deneylerde kesme hızı, ilerleme oranı ve kesme derinliğinin artmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü de artmıştır [23]. Çifti ve Gökçenin gerçekleştirmiş olduğu bir diğer çalışmada üç farklı molibden alaşımı olan saf molibden, TZM ve MHC malzemeleri üzerinde dört farklı kesici takım ilerleme ve kesme hızı için Taguchi metodu kullanılarak deneyler gerçekleştirilmiştir. İlerleme miktarının artması ile kesme kuvvetleri de artmıştır Kesme hızının artması ile 3 malzeme üzerinde yapılan denemelerde yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır fakat ilerleme miktarının kayda değer bir etkisi görülmemiştir [24]. Gürbüz ve Badayın gerçekleştirmiş olduğu bir çalışmada AISI 304 paslanmaz çeliği kullanılmıştır ve en düşük yüzey pürüzlülük değerini 18 bar ayna basıncı ve 5 bar punta basıncında elde etmişlerdir [25]. Debnath ve arkadaşlarının yapmış olduğu farklı bir çalışmada Taguchi yöntemi ile gerçekleştirilen tornalama işlemi ile kesme sıvısı şartlarının ve kesme parametrelerinin etkisinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. %34,3 ile ilerleme hızı yüzey pürüzlülüğü için en etkili faktör olmuştur. Takım aşınmasına en

fazla %43,1 ile kesme hızı takım aşınmasına en fazla katkı sağlamıştır. Kesme sıvısı %33,1 ile ayrıca yüzey pürüzlülüğüne ve %13,7 ile takım aşınmasına önemli bir katkı sağlamıştır [26]. Bir diğer çalışmada Şeremet ve Kam tornalama işleminde parametrelerin AISI 4140 çeliği üzerindeki yüzey pürüzlülüğü ile ilgili yaptıkları literatür araştırması sonucu genel bir değerlendirme yaparak deneylerde kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin en etkili parametreler olduğunu tespit etmişlerdir [27].

Literatür ışığında bu çalışmada seçilen parametre değerlerine en uygun dizinin Taguchi L9 ortogonal dizini olduğu belirlenmiştir [28-29]. Bu deneysel çalışmada, Taguchi L9 Ortogonal dizini kullanılarak kurşunsuz bir pirinç olan CW724R (CuZn21Si3P) pirinç alaşımının tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmak için kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme değerleri için optimizasyon işlemi yapılmıştır. Çalışmada en uygun işleme şartlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

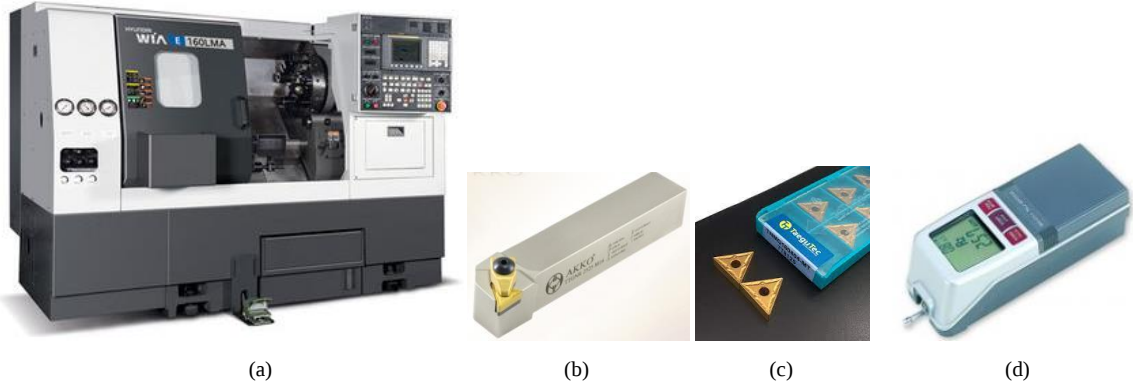
II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu deneysel çalışmada, CW724R (CuZn21Si3P) kurşunsuz pirinç alaşımı kullanılmıştır. Deneyler, CNC torna tezgâhında dik ve kuru işleme koşullarında (soğutucu kullanılmadan) üç farklı kesme hızında, kesme derinliğinde ve ilerleme hızında gerçekleştirilmiştir. Buna göre deney numunelerinin yüzey pürüzlülüğüne etki eden kesme parametreleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan deney numuneleri Ø23 x 50 mm ölçülerinde imal edilmiştir ve işleme boyu 30 mm olarak alınmıştır. Deneyde kullanılan CW724R pirinç alaşımının kimyasal bileşimi Tablo.1 de görülmektedir.

Tablo 1. CW724R Pirinç Alaşımının Kimyasal Bileşimi (%)

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	P	Ni	Al	Si	Ag
75,69	21,19	0,089	0,057	0,055	0,054	0,007	<0,001	2,839	0,0026

Deneyler, Hyundai WIA E160LC CNC Torna Tezgâhında yapılmıştır (Şekil 1a). Deneylerde TaeguTec TNMG160404 R VF TiCN-Al₂O₃-TiN karbür uçlar ve AKKO TTG NR 2020 K16 takım tutucu kullanılmıştır (Şekil 1b-c). Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesinde Mitutoyo Surf test SJ-201P Yüzey Pürüzlülük ölçüm cihazı (Şekil 1d) kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) her numunede en az beş ölçüm yapılarak elde edilen bu değerlerin ortalaması alınarak (Ra) belirlenmiştir. Minitab kullanılarak elde edilen sinyal gürültü (S-N) tablosundan elde edilen yeni parametre değerlerine göre doğrulama deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmada seçilen işleme parametreleri aşağıda görülmektedir (Tablo 2).



Şekil 1. Deneylerde kullanılan CNC Torna Tezgâhı(a), Takım Tutucu(b), Kesici Uçlar(c) ve Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Cihazı (d)

Tablo 2. İşleme Parametreleri

Sembol	Kontrol Faktörleri	Birim	1.Seviye	2.Seviye	3.Seviye
X	Kesme Hızı	m/dak	72	181	289
Y	İlerleme	mm/dev	0,08	0,16	0,24
Z	Kesme derinliği	mm	0,25	0,50	0,75

Tablo 2’de tüm kontrol faktörlerinin üç seviyesi olduğu yapılan araştırmalar göz önünde bulundurularak bu deneysel çalışmada Taguchi L9 Ortogonal dizini kullanılmıştır [28, 29]. Tablo 3’te Taguchi L9 Ortogonal dizilimi verilmiştir.

Tablo 3.Taguchi L9 Ortogonal Dizilimi

Deney No	X	Y	Z
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

III. DENEYSEL SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu deneysel çalışmada, CW724R kurşunsuz pirinç alaşımının farklı işleme parametrelerine göre (üç farklı kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme hızında) tornalanması ile oluşan yüzey pürüzlük değerleri (Ra) elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ilerleme hızı artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin de arttığı gözlenmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan her bir kesme hızı parametresinde en düşük ilerleme hızında (0,08 mm/dev) en düşük yüzey pürüzlük değeri (Ra) (yüksek yüzey kalitesi) elde edilmiştir (Tablo 4). Deneysel çalışmada kullanılan işleme parametreleri Taguchi L9 dizilimine yerleştirilmiş ayrıca elde edilen Ra değerleri de bu tabloda görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 4. Taguchi L9 Ortogonal diziliminde işleme parametreleri ve Ra değerlerinin gösterimi

Deney No	X Kesme Hızı (m/dak)	Y İlerleme (mm/dev)	Z Kesme derinliği (mm)	Ra Yüzey pürüzlüğü (µm)
1	72	0,08	0,25	0,58
2	72	0,16	0,50	2,18
3	72	0,24	0,75	7,03
4	181	0,08	0,50	0,64
5	181	0,16	0,75	1,83
6	181	0,24	0,25	3,53
7	289	0,08	0,75	0,76
8	289	0,16	0,25	2,12
9	289	0,24	0,50	3,82

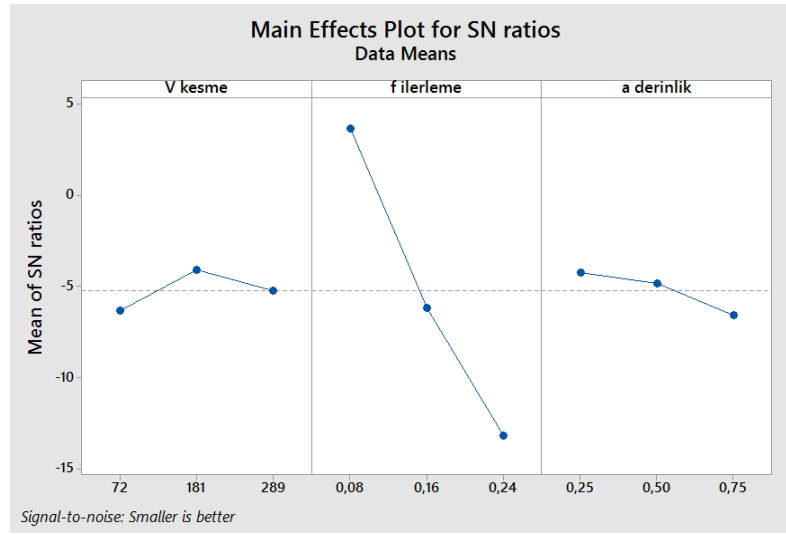
Deneyssel çalışmada Taguchi L9'a göre elde edilen S-N (Sinyal – Gürültü) tablosu, Tablo 5.'de görülmektedir. S-N tablosunda çıkan en yüksek değerler, o işleme parametresi için en uygun seviyeyi göstermektedir [30].

En yüksek S-N değerleri incelendiğinde; kesme hızı değeri 181 m/dak, ilerleme değeri 0.08 mm/dev ve kesme derinliği 0.25 mm olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. S-N (Signal-Noise) tablosu

Seviyeler	X Kesme Hızı (m/dak)	Y İlerleme (mm/dev)	Z Kesme derinliği (mm)
1	-6,326	3,664	-4,250
2	-4,109	-6,182	-4,845
3	-5,261	-13,179	-6,601
Delta	2,216	16,842	2,351
Doğrulama değerleri	3	1	1

Deneyssel çalışmada elde edilen S-N grafiği Şekil 2'de görülmektedir. İşleme parametrelerinin en uygun (en yüksek) değerlerini gösteren S-N grafiği verilmiştir [31-32]. CW724R pirinç malzemesi için yapılan deneyler sonucunda ilerleme parametreleri düştükçe sinyal gürültü değeri artmıştır. Bu yapılan bu deneye göre ilerleme diğer parametrelere nazaran işlenebilirlikte daha etkili olmuştur.



Şekil 2. S-N (Signal-Noise) grafiği

Tablo 5. ve Şekil 2. bize Taguchi L9 diziliminde yer almayan ve bu sebeple deneyi yapılmamış olan farklı bir işleme parametresi dizilimi vermektedir. Bu parametrelere uygun olarak deneyi gerçekleştirdiğimizde en iyi yüzey değerini elde edebileceğimizi ifade etmektedir. [30-32]

Tablo 5 de S-N tablosundan doğrulama değerleri olarak belirtilen (2,1,1) değerleri ile (181 m/dak kesme hızı, 0,08 mm/dev ilerleme ve 0,25 mm kesme derinliği) aynı işleme şartlarında parça işlenmiştir. Yapılan doğrulama deneyleri sonucunda 2.1.1 deneyinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü Ra değeri 0,52 μm çıkmıştır. Böylece Taguchi metodu ile gerçekleştirmiş olan, L9 dizilimindeki deneylerden elde edilen yüzey pürüzlülük değerinden daha düşük bir Ra değeri elde edilmiştir.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada; CW724R pirinç alaşımının tornalamasında; kesme hızı, kesme derinliği ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkileri ortaya konmuştur. Taguchi L9 ortogonal dizini kullanılarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerleri optimizasyon çalışması gerçekleştirilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

CW724R kurşunsuz pirinç malzemesi üç farklı işleme parametrelerine göre elde edilen Ra yüzey pürüzlük değerleri incelendiğinde ilerleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülük değeri de artmıştır. Bütün kesme hızları için en düşük ilerleme hızında (0,08 mm/dev), en düşük yüzey pürüzlük değeri elde edilmiştir.

Taguchi metodu ile yüzey pürüzlülüğü üzerine çalışan Yaka [23] ile Çifçi ve Gökçe [24] ve Debnath ve arkadaşlarının [26] yapmış olduğu çalışmada benzer ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. L9 deneyleri sonucunda S-N (sinyal-gürültü) grafiğini/tablosu incelendiğinde düşük ilerleme ve düşük kesme derinliği ile daha iyi yüzeyler elde edilebileceği ve özellikle ilerleme parametresinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğu görülmüştür [23,24,26].

Kesme hızı 181 m/dak, ilerleme değeri, 0,08 mm/dev ve kesme derinliği 0,25 mm parametreleri altında üretilen numuneden alınmış olan ve 5 ölçüm ortalamasına göre Ra yüzey pürüzlülük ölçüm değeri 0,52 μm elde edilmiştir. Bu değer L9 diziliminde görülen; en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri olan 1 numaralı deney numunesi değerinden daha düşük değer elde edilmiştir ve yapılan optimizasyon çalışması başarılı olmuştur. Taguchi metodunun elde edilen sonuçlar neticesinde, talaşlı imalat uygulama ve araştırmalarında başarılı bir deney tasarımı olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Birgören, B., & Sakallı, Ü.S. (2021). Kalite ve maliyet perspektiflerinden pirinç alaşımı harmanlama problemi: Çok amaçlı optimizasyon yaklaşımı. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*. 36:1 433-445.

- [2] Kalaycıoğlu, H., & Yalçınkaya, S. (2020). *Mühendislik Alanında Teknolojik Gelişmeler*. Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları., İstanbul, 714-739.
- [3] Sapaz, M., Özbek, O., & Kara, F. (2021). CW511L Pirinç Alaşımının İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Aşınmasının Deneysel Olarak İncelenmesi. *II. International Halich Congress On Multidisciplinary Scientific Research 15-16 Ağustos*, İstanbul, 525-533.
- [4] Duzman, M.E. (2010). *Kurşunlu Pirinçlerin Sürekli Dökümünde Döküm Özelliklerinin İyileştirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] Atay, G. (2021). *Farklı Koşullarda Dövülmüş Kurşunsuz Pirinç Malzemelerin İşlenebilirliğinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [6] Sarbak metal (2022). *Sarı metal Pirinç*, <https://sarbak.com.tr/dokuman/1-kitap-sari-metal-pirinc.pdf> (15.06.2022).
- [7] Catalgöl, Z., & Geçmen, İ. (2021). Sürtünme Karıştırma Kaynak Tekniği ile Birleştirilen Pirinç (CuZn63) Levhaların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi* 8(1), 533-543.
- [8] Sarbak metal (2022) *Technical data sheet CW724R CuZn21Si3P Ecobrass*, <https://sarbak.com.tr/dokuman/alasimlar/en/ekobrass.pdf> (15.06.2022).
- [9] Gupta, M.K., & Sood, P.K. (2016). Optimizing Multi Characterstics in Machining of AISI 4340 Steel Using Taguchi's Approach and Utility Concept. *Journal of The Institution of Engineers Series C*. India 97, 63-69.
- [10] Özel, T., & Karpaz, Y. (2005). Predictive modeling of surface roughness and tool wear in hard turning using regression and neural networks. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 45, 467-479.
- [11] Kopac, J., Bahor, M., & Soković, M. (2002). Optimal machining parameters for achieving the desired surface roughness in fine turning of cold pre-formed steel workpieces. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. 42, 707-716.
- [12] Patel, R., Patel, S., Patel, P., Parmar, P., & Vohra, J. (2021). Optimization of machining parameters for EN8D carbon steel by Taguchi's orthogonal array experiments in CNC turning. *Materials Today: Proceedings*. 44, 2325-2329.
- [13] Soorya Prakash, K., Gopal, P.M., S. & Karthik, S. (2020). Multi-objective optimization using Taguchi based grey relational analysis in turning of Rock dust reinforced Aluminum MMC. *Measurement*. 157, 107664.
- [14] Tzeng, C.J., Lin, Y.H., Yang, Y.K., & Jeng, M.C. (2009). Optimization of turning operations with multiple performance characteristics using the Taguchi method and Grey relational analysis. *Journal of material sprocessing technology*. 209, 2753-2759.
- [15] Göloğlu C. & Arslan Y. (2009). "Zig zag machining surface roughness modelling using evolutionary approach", *Journal of Intelligent Manufacturing*, 20, 203-210.
- [16] Kasman Ş. (2011). Lazerle derin oyma tekniğinde EN 7075 alüminyum alaşımı için işlem parametrelerinin etkilerinin Taguchi methodu kullanılarak incelenmesi, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 41-54.
- [17] Pınar A. M., Fırat K., Pınar A. F. & Filiz S. (2012). Kanal torna kaleminin yüzey pürüzlülük performansının optimizasyonu", 3. *Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 240-250.
- [18] Günay M., & Yücel E. (2013) Application of Taguchi method for determining optimum surface roughness in turning of high-alloy white cast iron, *Measurement*, 46, 913-919.
- [19] Yadu Krishnan, J., Poorna Sundar, S., Karthikeyan, L., Veera Ajay, C., & Manisekar, K. (2021). Experimental optimization of cutting parameters in turning of brassalloy using Taguchi method. *Materials Today: Proceedings* 42, 377-382.
- [20] Singh, R. (2021). Application of Taguchi method to optimize CNC parameters on brass63/37(C27400). *Materials Today: Proceedings* 45, 4424-4430.
- [21] Venkata Ramana, M., Krishna Mohana Rao, G., Sagar, B., Kumar Panthangi, R., & Ravi Kumar, R. (2021). Optimization of surface roughness and tool wear in sustainable dry turning of Iron based Nickel A286 alloy using Taguchi's method. *Cleaner Engineering and Technology*. 2, 100034.
- [22] Mamedov, A. (2021). Taguchi Yöntemleri Kullanılarak Frezeleme İşleminde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Araştırılması. *Mühendis ve Makina*. 62, 321-331.
- [23] Yaka, H. (2021). Tornalama Sonrası Çıkan Talaşlardan Elde Edilen Alüminyum 5000 Alaşımının Yüzey Pürüzlülüğünün Taguchi Yöntemi ile Analizi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11, 464-473.
- [24] Çiftçi, İ., & Gökçe, H. (2019). Molibden alaşımlarının işlenmesinde kesici takım ve kesme parametrelerinin Taguchi Metodu ile optimizasyonu, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34.1, 201-213.

- [25] Gürbüz, H., & Baday, Ş. (2019). CNC Torna Tezgâhlarında Ayna ve Punta Basıncının Yüzey Pürüzlülüğü ve Titreşim Üzerine Etkisinin Taguchi Metodu İle Optimizasyonu, *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 6 (2), 119-134.
- [26] Debnath, S., Reddy, M. M., & Yi, Q. S. (2016). Influence of cutting fluid conditions and cutting parameters on surface roughness and tool wear in turning process using Taguchi method. *Measurement*, 78, 111-119.
- [27] Şeremet, M., & Kam, M. (2019). AISI 4140 Islah Çeliğinin Tornalama İşleminde Parametrelerin Yüzey Pürüzlülüğü Ve Takım Aşınmasına Etkisi Üzerine Bir Değerlendirme, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*. 3-5 Kasım, Kocaeli, 2202-2209.
- [28] Serencam, H., & Uçurum, M. (2018). Taguchi Deney Tasarımı Kullanılarak Uçucu Kül İle Ni (II) Gideriminde Bazı Adsorpsiyon Parametrelerinin Etkinliğinin İrdelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1, 336-344.
- [29] Baynal, K., & Gencil, İ. (2015). Taguchi Yönteminin Gıda Sektöründe Çok Yanıtlı Problemin Eniyilemesinde Uygulanması. *SAÜ Fen Bil Dergisi*, 19. Cilt, 1. Sayı, s. 107-121.
- [30] Arıcı, E., Çelik, E., & Keleştemur, O. (2021). An analysis of the engineering properties of mortars containing corn cob ash and polypropylene fiber using the Taguchi and Taguchi-based Grey Relational Analysis methods. *Case Studies in Construction Materials*. 15 (2021) e00652.
- [31] Kuntoğlu, M., Aslan, A., & Sağlam, H. (2020). AISI 5140 Çeliğinin Tornalanması Esnasında Yaklaşma Açısı ve Kesme Parametrelerinin İşlenebilirliğe Etkisinin İncelenmesi. *Politeknik Dergisi* ISSN: 1302-0900.
- [32] Mia, M., Dey, P. R., Hossain, M. S., Arafat, M. T., Asaduzzaman, M., Ullah, M. S., & Zobaer, S. M. T. (2019). Taguchi S/N based optimization of machining parameters for surface roughness, tool wear and material removal rate in hard turning under MQL cutting condition, *Measurement*, 122:380-391.