



Alınış tarihi(Received): 14.11.2021
Kabul tarihi (Accepted): 04.12.2021

Elmas Takviyeli Kompozit Matkapların Kullanım Ömrüne Matris Alaşımlarının Etkisi

Fatih ÖZTÜRK¹, Yahya ALTUNPAK^{1,*}

¹ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Makine Mühendisliği, Bölümü, Gököy Kampüsü, 14280 Bolu, Türkiye
* Sorumlu Yazar : altunpak_y@ibu.edu.tr

ÖZET: Bu çalışmada, düz soda camlarının delinmesinde kullanılan elmas partikül takviyeli kompozit matkapların kullanım ömürlerine farklı matris alaşımlarının etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar, gerçek üretim şartlarında, bir düz cam şekillendirme fabrikasındaki cam delme makinesi ile yapılmıştır. Matkap malzemelerinin mikroyapı analizinde, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağıtıcı X-Işını Spektroskopisi (EDS) kullanılmıştır. Kobalt oranının yanında özellikle Demir ve Çinko oranları diğerlerine göre daha yüksek olan D3 matkabının kullanım ömrü diğer matkaplara göre çok daha yüksek çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler – Düz cam, Delme, Elmas, MMC, Takım ömrü

Effect of Matrix Alloys on the Service Life of Diamond Reinforced Composite Drills

ABSTRACT: In this study, the effect of different matrix alloys on the service life of diamond particle reinforced composite drills used for drilling flat soda glasses was investigated. Experimental studies were carried out under real production conditions with a glass drilling machine in a flat glass forming factory. Scanning Electron Microscope (SEM) and Energy Dissipative X-Ray Spectroscopy (EDS) were used for microstructure analysis of drill materials. In addition to the Cobalt ratio, especially the Iron and Zinc ratios are higher than the others, the service life of the D3 drill has been much higher than the other drills.

Keywords- Flat glass, Drilling, Diamond, MMC, Tool life

1. Giriş

Cam günümüzde beyaz eşya, astronomi, mikro elektronik, uçak ve mobil iletişim gibi birçok alanda tercih edilen bir ürün haline gelmiştir Endüstride çokça kullanılan camın üretiminin yanı sıra talaşlı işlenmesi de önemli bir konudur. (Öztürk, 2014; Öztürk, 2018). Delme işlemi cam üretiminde kritik öneme sahiptir. Çünkü düz camların çoğu delme işleminden geçmektedir. Cam malzemelerin delinmesinde ise delme matkapları ile kullanılmaktadır Geleneksel mekanik aletler kullanılarak camda karmaşık geometrilerin işlenmesi, karbür veya elmas aletler gerektirir; yavaş besleme hızı ve yeterli yağlama ve soğutma ile. Takım ile cam arasındaki sürtünme sonucu aşırı ısı üretimi ve takım aşınması gelişebilir ve bu da malzeme hasarına neden olabilir. Örneğin, Zhimalov ve ark. (2006), camın mekanik olarak kesilmesinin camın mukavemetini ortalama %60 oranında azalttığını göstermiştir. Park ve arkadaşları (2002), bir mikro matkap ucu kullanılarak soda-kireç cam plakaların mekanik olarak delinmesinde, destekleyici bir cam plaka kullanılarak deliğin çıkış tarafındaki cam ufalanması miktarının azaltılabileceğini bulmuşlardır.

Son yıllarda düz cam üretimi hızla büyümüş ve cam ile yapılan imalat sürelerini azaltmak için delme takımlarının ömrünü de arttırmak gerekmektedir. Camın delinmesi için kullanılan takımların tasarımı ve doğru kesici takım malzemesi seçimi üretim hızı ve takım ömrü açısından önemlidir. Delme takımlarının içinde bulunan bağlayıcıların yüksek yapışma ve sıcaklık dayanıma sahip olması takım ömrünü etkilemektedir. Delme parametrelerinin önemi kadar içyapının da önemi büyüktür. Bakır, doğal olarak ıslanmaz ve elmasla reaksiyona girmez, bu da stres ve ısı transferi için güçlü bir ara yüzey bağı elde etmeye elverişli değildir. Metal matrisin güçlü karbür oluşturu elementlerle (örneğin bor) alaşımlanması, bakır ve elmas arasındaki ara yüzey yapısının iyileştirilmesine fayda sağlar (Sun ve ark., 2017). Öztürk ve Altunpak (2019), soda camının delinmesi ile ilgili yaptıkları çalışmada cam ufalanması problemini engellemek için aynı çapa sahip iki elmas takviyeli yeni bir kompozit matkap ile aynı anda camın iki tarafından matkaplama işlemini gerçekleştirmişler ve takım ömrünü hesaplamışlardır. Cam işleminin hızlı ve doğru yapılması için gerekli olan şartların sağlanması rekabet gücünü arttırmaktadır. Bu amaçlara ulaşmak için kesme parametreleri optimize edilebilir veya matkap takımları iyileştirilebilir. Günümüzde düz cam rodajlanması, delinmesi, proses analizi, takım ömrü, işleme parametreleri ve etkileri, aşınma gibi birçok konuda çalışmalar yapılmıştır (Li ve ark., 2018; Axinte, 2011; Hof ve ark., 2017; Öztürk^a, 2019; Karaağaç, 2017; Karasu ve ark., 2017; Leitch, 2005; Kahraman ve ark. 2017; Kahraman ve Öztürk, 2019). Ayrıca cam işleme için kullanılan parametreleri optimize etmek için birçok analiz yöntemi kullanılmıştır. Taguchi yöntemi bu alanda yapılan çalışmaların planlanmasında kullanılan yöntemlerden birisidir (Kahraman ve ark. 2019; Öztürk^b, 2014; Öztürk, 2016). Harmanlı ve Öztürk (2020), cam delme ile ilgili yaptıkları bir çalışmada, kullanılan delme parametrelerinin eksen kayması sonuçları istatistiksel yöntemlerle optimize etmişlerdir.

Bu çalışmada, matkap takımlarının performansları (kullanım ömürleri) iyileştirilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, Bolu'da bulunan ve beyaz eşya sektörü için cam işleme yapan bir firmada kullanılan elmas partikül takviyeli kompozit matkaplar, farklı matris malzemeleri kullanarak tekrar ürettirilmiş ve bu delme takımları kullanılarak deneyler endüstriyel ortamda, gerçek üretim şartlarında gerçekleştirilmiştir. Delme işlemi sonrası bu matkapların takım ömürleri incelenmiştir. Kullanılan bu matkapların mikroyapı incelemeleri ise SEM ve EDS cihazında yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Deneylerde 4 mm kalınlığında ve 100x500 mm boyutlarında camlar kullanılmıştır. Düz camların delinmesi çalışmaları, beyaz eşya sektörü için düz cam üretimi yapan bir fabrikada, gerçek üretim şartlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda Retatek CDH 6060 tipi matkaplama makinesinde Ø37.4 mm çaplı matkaplar kullanılmıştır. Toz metalurjisi tekniği ile üretilen bu matkaplarda matris alaşımı olarak iki farklı bakır alaşımı (CuCoSn ve CuCoFeZn), takviye elemanı olarak ise bir önceki çalışmadaki gibi 60-80 µm boyutlarında, yaklaşık %15 oranında elmas partikül kullanılmıştır. Sonuçları karşılaştırma yapabilmek için delme testlerinde, bir önceki çalışmada (Öztürk ve Altunpak 2019) kullanılan kesme parametreleri (Kesme hızı 3000 rpm, ilerleme hızı 1,5 mm/sn) kullanılmıştır. Cam delme işlemleri aynı çapa sahip iki matkap ile aynı anda camın iki tarafından gerçekleştirilmiştir. Kullanım ömrü sona erene kadar matkaplar ile delme işlemine devam edilmiştir. Deneyler sırasında ideal ortam sıcaklığı dikkate alınmıştır. Delme işlemleri sonucunda her bir matkap için ömür değeri hesaplanmıştır.

Delme işlemlerinden tamamlandıktan sonra matkap yüzeyinden numune parçalar kesilerek alınmıştır. Bu numunelerin SEM ve EDS analizleri yapılmış ve kimyasal kompozisyonları çıkartılmıştır. SEM çalışmalarında JEOL JSM-6060 LV marka cihaz kullanılmıştır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, farklı iki matkap matris malzemesi kullanılarak bir önceki çalışmadaki aynı işleme parametreleri kullanarak delme testleri tekrar yapılmıştır. Yani iki kompozit matkap kullanılarak düz soda cam numuneleri delinmiş ve söz konusu matkaplar bir önceki çalışmadaki matkap ömrü ile karşılaştırılarak en uygun matkap malzemesi araştırılmıştır. Matkap uçlarının hizmet ömrü, matris bileşimine ve elmas içeriğine bağlıdır. Elmas içeriği tüm matkaplarda yaklaşık aynı olduğuna göre çalışma sonuçlarının karşılaştırması matris malzemesine göre yapılmıştır.

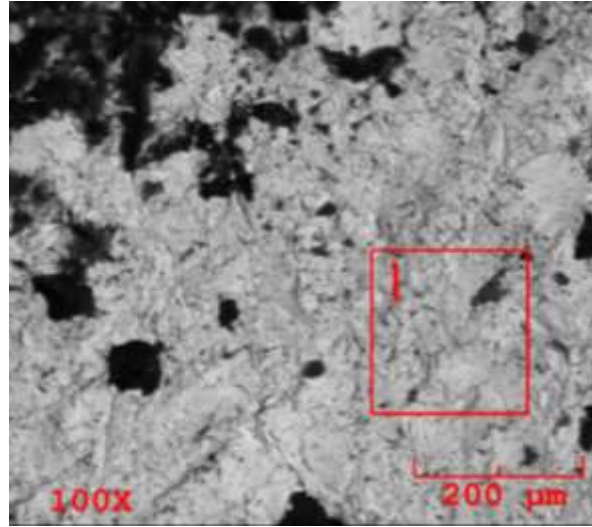
Üç farklı matris alaşımına sahip aynı çaptaki matkaplar için ömür değerleri alındıktan sonra kimyasal analiz yapılmıştır. Tüm matkaplar hedeflenen minimum delik kaçıklık değerlerini sağlamışlardır. Ancak söz konusu matkaplar farklı ömür değerleri göstermişlerdir. Bu çalışmalarda delme yapılmış bir cam (soda camı) numunesi Şekil 1’de verilmiştir.



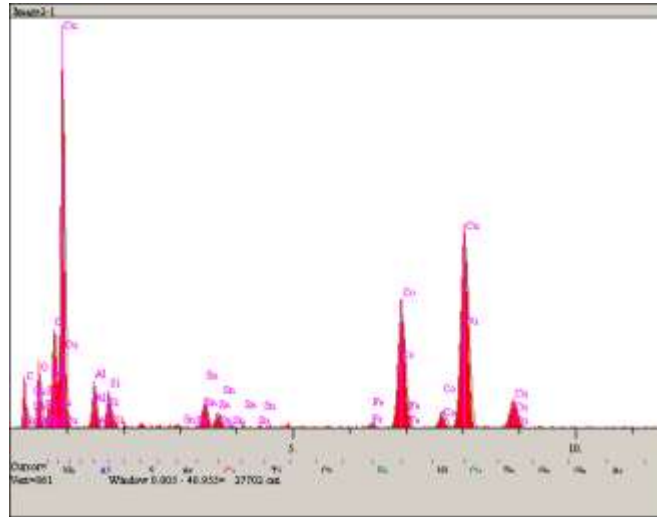
Şekil 1. Matkapla delinmiş cam numunesi

Figure 1. Drilled glass sample

EDS analizi üç farklı bölgeden yapılmıştır (Şekil 2). Bunlardan birinci bölge siyah parçacıkların olduğu bölgedir. Birinci bölge içeriğinin tamamı karbondur ve elmas olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 3’de ise D1 numunesinde 1 nolu bölge (matris alaşımı) için EDS analiz grafiği verilmiştir. Tablo 1’de ise sözkonusu bölge için yapılmış EDS analizinin kimyasal kompozisyonunu verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; D1 matkaplarının içerisinde ana matris elemanı olarak katılan yaklaşık %53,27 Cu ile beraber %18,2 Co, %4,4 Sn ve %3,99 Al bulunduğu görülmektedir. Özellikle kobalt, kompozit matkapların matrisi ile elmas tanecikleri arasında güçlü bir bağlayıcı olarak görev yapmaktadır.



Şekil 2. D1 numunesi için 100 büyütme SEM analizi.
Figure 2. SEM analysis at 100 magnification for sample D1



Şekil 3. D1 numunesinde 1 nolu bölge için EDS analiz grafiği.
Figure 3. EDS analysis graph for region 1 in D1 sample.

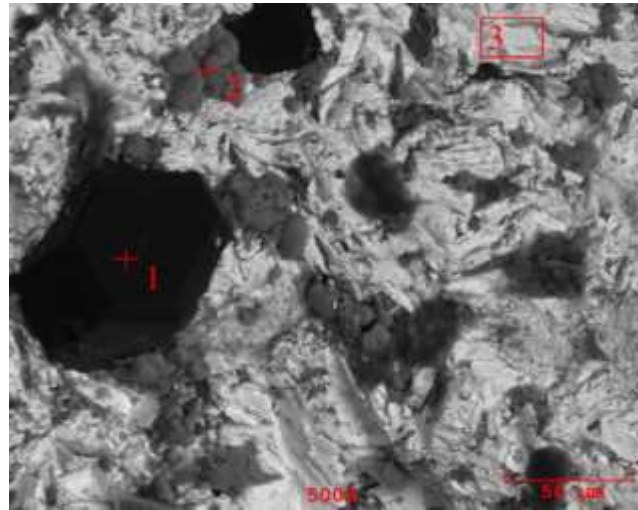
Tablo 1. D1 numunesinde 1 nolu bölge için EDS analizi kimyasal kompozisyonu
Table 1. EDS analysis chemical composition for region 1 in sample D1

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	14.05	1.369	9.230	wt.%	
O	Ka	28.16	1.938	7.656	wt.%	
Al	Ka	29.61	1.987	3.994	wt.%	
Si	Ka	23.01	1.751	2.572	wt.%	
Fe	Ka	4.60	0.783	0.575	wt.%	
Co	Ka	129.25	4.151	18.289	wt.%	
Cu	Ka	219.18	5.406	53.275	wt.%	
Sn	La	22.29	1.724	4.409	wt.%	
				100.000	wt.%	Total

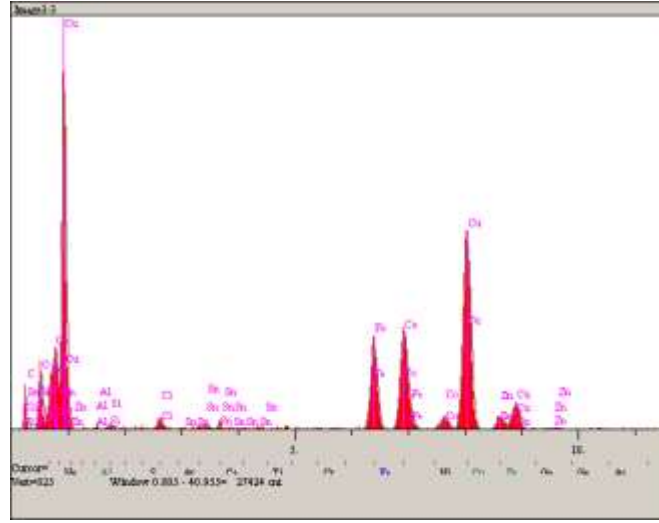
Bu çalışmada kullanılan aynı kesme parametreleri ve elmas partikül takviyeli, yaklaşık %77 Cu, % 2,7 Co, %7,6 Sn ve %1,87 Al matrisli D2 matkap malzemesi kullanılarak yapılan çalışma ve elde edilen sonuçlar bir önceki çalışmada detaylı olarak verilmiştir. Söz konusu çalışmada D2 matkabı için elde edilen ömür değeri 2465 dk olarak bulunmuştur (Öztürk^a, 2019; Öztürk ve Altunpak, 2019).

D3 kodlu matkap ömür açısından diğer iki matkaba göre daha yüksek ömre sahiptir. Toplam 3116 dk boyunca cam delme işlemi yapabirmiştir. Şekil 4'de D3 matkabının SEM cihazında çekilmiş olan görüntüsü, Şekil 5'de 3 nolu bölge (matris alaşımı) için EDS analiz grafiği verilmiştir. Tablo 2'de ise D3 matkap numunesi üzerinde 3 nolu bölge için yapılmış EDS analizinin kimyasal kompozisyonunu verilmiştir. EDS analizi incelendiğinde D3 matkaplarında, ana malzeme olarak kullanılan bakır yaklaşık % 53,8 dir. Ayrıca yaklaşık % 15 Co, %11 Fe, % 4,4 Zn ve az oranda da Sn ve Al bulunduğu görülmektedir. Tablo 2'de az miktarda görülen Cl ise su ve camdan matkaba geçtiği öngörülmektedir.

Elde edilen mikroskopik görüntüler ve yapılan kimyasal analizler ile elmas aşındırıcı parçacıklı matkapların yapısında bulunan bağ yapısı ile takım ömrü arasında doğrudan bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Üç matkabın işlenmesi ile elde edilen ömür değerleri Şekil 6'da karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. D1 matkabı için ömür değeri 2153 dk bulunmuştur. Bu ömür değeri ile üç matkap arasında en az ömre sahip takımdır. D2 takımının ömür değeri ise D1'den büyük olup 2465 dk'dır. Matkap ömrü açısından en iyi değeri 3116 dk ile D3 matkabı vermiştir. Bunun en büyük nedeni olarak, D3 matkaplarında bakır ve kobaltın yanında önemli oranda Fe ve Zn içermesi olduğu düşünülmektedir. Bu sayede sertlik ve bağlayıcının aşındırıcı elmasları tutma özelliği arttığı tahmin edilmektedir.



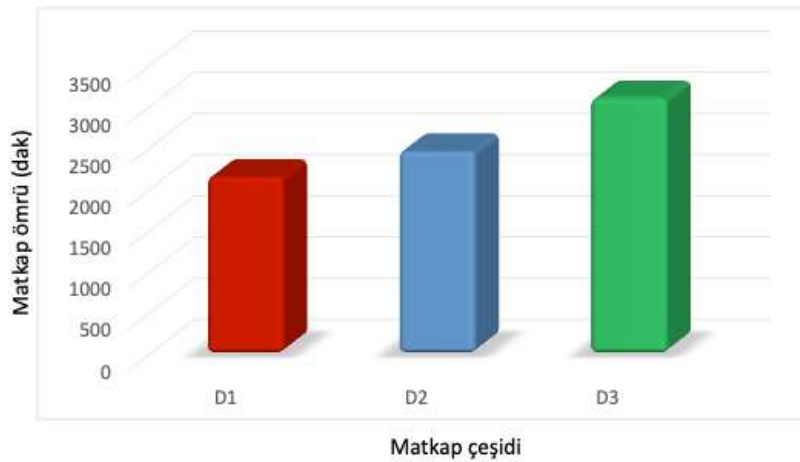
Şekil 4. D3 numunesi için EDS görüntüsü.
 Figure 4. EDS image for sample D3



Şekil 5. D3 numunesinde 3 nolu bölge için EDS analiz grafiği.
Figure 5. EDS analysis graph for region 3 in D3 sample.

Tablo 2. D3 numunesinde 1 nolu bölge için EDS analizi kimyasal kompozisyonu
Table 2. EDS analysis chemical composition for zone 1 in sample D3

Elt.	Line	Intensity (c/s)	Error 2-sig	Conc	Units	
C	Ka	7.52	1.001	5.248	wt.%	
O	Ka	31.74	2.057	7.814	wt.%	
Al	Ka	1.63	0.466	0.246	wt.%	
Si	Ka	3.64	0.697	0.435	wt.%	
Cl	Ka	8.76	1.081	0.756	wt.%	
Fe	Ka	84.88	3.364	11.005	wt.%	
Co	Ka	104.35	3.730	15.282	wt.%	
Cu	Ka	212.26	5.319	53.844	wt.%	
Zn	Ka	14.41	1.386	4.402	wt.%	
Sn	La	4.95	0.813	0.969	wt.%	
				100.000	wt.%	Total



Şekil 6. Matkapların ömür değerlerinin karşılaştırılması.
Figure 6. Comparison of the life values of the drills

Matkaplarda ömür artışı sağlanırken delik aksenal kaçıklığında bazı değişimler görülebilmektedir (Harmancı, 2018). Uzun takım ömrüne sahip matkap kullanılarak takım maliyeti düşürülebilir. Matkap ömrünü artırabilmek için üç nolu matkapta olduğu gibi bakır esaslı matris yapıya demir eklenebilir. Cam rodajlama ile ilgili yapılan bir çalışmada, matrise demir eklenmesiyle yüzey kalitesinin bozulduğu rapor edilmiştir (Özbek, 2018). Burada tüm matkaplar ile yapılan çalışmalarda, hedeflenen minimum delik kaçıklık değerleri sağlanmıştır. Delme işleminde kullanılan takımların cam rodaj disklerine göre daha sert, tok ve daha kuvvetli bağlayıcıya sahip olması gerekir. Çünkü delme işleminde ilerleme ve kesme işlemi matkap tarafından yapılır ve oluşan kuvvetler yüksektir. Ayrıca kullanılan matkapların kesme ucu rodaj disklerine göre çok incedir. Uzun hizmet ömrü, delme esnasında matristen kopan elmas tanelerinin azaltılmasıyla elde edilebilir. Li ve arkadaşları (2018) Cu ve Zn'nin elmas tanelerinin korunması üzerindeki etkilerini analiz ettiler ve hem Cu hem de Zn'nin elmas tanelerinin oksidasyonunu engellediğini ve elmasların oksidasyon direncini iyileştirdiğini gösterdiler. Karbon için yüksek kimyasal afiniteye sahip olan kobalt ve demir gibi metaller genellikle matkaplarda elmas tanelerini bağlamak için kullanılmaktadır (Öztürk ve Kahraman, 2019). Kobalt, genellikle kompozit matkapların matrisi ile elmas tanecikleri arasında güçlü bir bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Bakır alaşımları içerisindeki demir, hem katılaşma hem de yavaş soğutma sırasında tane inceltici görevi görür ve mekanik özellikleri iyileştirmektedir (Yaşar ve Altunpak, 2009); (Deng ve ark., 2020).

4. Sonuç

Farklı matris malzemelerine sahip matkap takımlarla, aynı kesme parametreleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda, kesici takım matris alaşımının takım ömrüne önemli oranda etki ettiği görülmüştür. Takım ömür değeri; D1 matkabı için 2153 dk, D2 matkabı için 2465 dk (Bir önceki çalışma) ve D3 matkabı için ise 3116 dk bulunmuştur. Yani D3 matkaplar, D2'ye kıyasla 1,26 kat ve D1'e kıyasla 1,45 kat daha fazla takım ömrüne sahiptir. Bu sonuçlara göre elmas partikül takviyeli, esas olarak yaklaşık %53 bakır, %11 demir ve %4.4 çinko içeren matris alaşımından yapılmış olan D3 matkapların düz camların delinmesinde kullanımının daha uygun olacağı söylenebilir.

İleriki çalışmalarda, farklı delme parametreleri ile çalışmalar yapılarak farklı optimizasyon teknikleri kullanılarak en uygun delme parametreleri bulunabilir. Ayrıca matkap içindeki elmas parçacıklarının boyutu ve miktarı da değiştirilerek farklı matris alaşımları ile yeni delme takımları oluşturulabilir ve performansları incelenebilir.

5. Kaynaklar

- Axinte, E., 2011. Glasses as Engineering Materials: A review, *Materials and Design*, 32, 1717-1732.
- Deng, Z. H., Yin, H. Q., Jiang, X., Zhang, C., Zhang, G. F., Xu, B., ... & Qu, X. H. 2020. Machine-learning-assisted prediction of the mechanical properties of Cu-Al alloy. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, 27(3), 362-373.
- Harmancı, F., 2018. Camın Delinmesinde Kullanılan Delme Parametrelerinin İstatistiksel Yöntemlerle Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, AİBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, p.96, Bolu-Türkiye
- Harmancı, F., & Ozturk, S. 2020. Optimization of Axial Misalignment due to Glass Drilling by Statistical Methods. *Sakarya University Journal of Science*, 24(3), 446-454.
- Hof, L., & Abou Ziki, J., 2017. Micro-hole drilling on glass substrates—A review. *Micromachines*, 8(2), 53.

- Kahraman, M. F., Bilge, H., Karaağaç, M., & Öztürk, S. 2017. Performance of the Copper Based Grinding Wheels. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(1), 26-31.
- Kahraman^b, M.F., Öztürk, S., 2019. Experimental study of newly structural design grinding wheel considering response surface optimization and Monte Carlo simulation, *Measurement*, 147, 106825.
- Kahraman, M.F., Bilge, H., & Öztürk, S. 2019. Uncertainty analysis of milling parameters using Monte Carlo simulation, the Taguchi optimization method and data-driven modeling. *Materials Testing*, 61(5), 477-483.
- Karaağaç, M, 2017. Düz Camın Yüksek Basıncılı Su (Waterjet) İle Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1s, Bolu, Türkiye
- Karasu, B., Bereket O., Biryan E. ve Sanoğlu D., 2017. The Latest Developments in Glass Science and Technology, *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 4(2): 209-233.
- Leitch, K.K., 2005. *Structural Glass Technology: Systems and Applications*, MSc Thesis, Massachusetts Institute of Technology, s. 73, United States of America.
- Li, H., Wang, J., Kwok, N., Nguyen, T., and Yeoh G.H., 2018. A study of the micro-hole geometry evolution on glass by abrasive air-jet micromachining. *Journal of Manufacturing Processes*, 31, 156-161.
- Özbek, K., 2018. Düz Camın Rodajlanmasında Kullanılan Kesme Parametrelerinin İstatistiksel Yaklaşımla Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, s. 86, Bolu-Türkiye.
- Öztürk^a, F., 2019. Düz Camın Delinmesinde Kesici Takımların Mikro Yapısının İncelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bolu-Türkiye, s. 36-68,
- Öztürk, F., & Altunpak Y., 2019. Development of a Copper Based Tool for Drilling Flat Glasses.” *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* , 16/6, 73-77.
- Öztürk^b, S., 2014. Application of ANOVA and Taguchi Methods for Evaluation of the Surface Roughness of Stellite-6 Coating Material, *Materials Testing*, 56/11-12, 1015-1020.
- Öztürk^c, S., 2014. Microstructural Analysis of Metal-bond Diamond Tools in Grinding of Flat Glass, *Material Wissen Schaft Und Werkstoff Technik/Materials Science And Engineering Technology*, 45(3): 187-191.
- Öztürk, S., 2016. Application of the Taguchi method for surface roughness predictions in the turning process,” *Materials Testing*, 58/ 9, 782-787.
- Öztürk, S., 2018. Grinding of flat glass with Fe-and Cu-based diamond tools. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 232(9), 1561-1568.
- Öztürk, S., Kahraman, F., 2019. Modeling and optimization of machining parameters during grinding of flat glass using response surface methodology and probabilistic uncertainty analysis based on Monte Carlo simulation, *Measurement*, 145, 274-291.
- Park, B.J., Choi Y.J., Chu C.N., 2002. Prevention of Exit Crack in Micro Drilling of Soda-Lime Glass, *CIRP Annals*, 51/1, 347-350,
- Sun, Y., He, L., Zhang, C. et al., 2017. Enhanced tensile strength and thermal conductivity in copper diamond composites with B4C coating, *Sci Rep* 7, 10727.
- Yaşar, M., & Altunpak, Y. 2009. The effect of aging heat treatment on the sliding wear behaviour of Cu–Al–Fe alloys. *Materials & Design*, 30(3), 878-884.
- Zhimalov, A.B., Solinov, V.F., Kondratenko, V.S. et al., 2006. Laser cutting of float glass during production. *Glass Ceram*, 63, 319–321.