

Performance of the Copper Based Grinding Wheels

M.F. Kahraman^{1*}, H.Bilge¹, M. Karağaç², S. Öztürk¹

Abstract: The present study relates to design of grinding wheels in terms of improving their performance with respect to surface quality of glasses during grinding. The performance of the copper based grinding tools was investigated on the production line in a flat glass factory. Tools were manufactured under selected sintering temperature and pressure circumstances. The grinding wheel economic service life was determined and the surface roughnesses of the samples were assessed with experimental study. Ideal microstructure conditions and grinding parameters were figured out.

Keywords: Glass, Grinding, Grinding wheel life, Surface roughness

Bakır Esaslı Rodaj Disklerinin Performansı

Özet: Bu çalışma taşlama esnasında düz camın yüzey kalitesine bağlı olarak, taşlama disklerinin performansını arttırmak için taşlama taşı dizaynı ile ilgilidir. Bakır esaslı taşlama disklerinin performansı, cam fabrikasında üretim hatlarında yapılan çalışmalarda incelenmiştir. Kullanılan taşlama diskleri belirlenen sinterleme sıcaklığında ve basınç koşullarında üretildiler. Taşlama disklerinin ekonomik servis ömürleri deneysel olarak işlenen camların yüzey kalitesine göre belirlenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar ile taşlama disklerinin ideal mikro yapısı ile çalışma parametreleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cam, Taşlama, Taşlama diski ömrü, Yüzey pürüzlülüğü

1. Giriş

Cam, beyaz eşya, astronomi, mikro elektronik, uçak ve iletişim gibi birçok endüstride sıkça kullanılmaktadır (Öztürk, 2014; Öztürk, 2016). Türkiye'deki cam sektörü büyüklüğü 2,3 milyar \$ civarında olup, cam ve cam ürünleri ihracatı 993,4 milyon \$, ithalatı ise 816,9 milyon \$ (2013 yılı) olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'deki cam sektörü girdilerinin tamamına yakınını yurtiçinden temin etmekte olup, ülke olarak cam ihracatçısı konumundadır (Cam Sektör Raporu, 2014). Kullanılan camların çoğu düzdür ve düz cam özellikle mutfak dekorasyonunda ve mobilya sektöründe kullanılmaktadır (Popov, 2009). Günümüzde ayrıca düz cam inşaat ve otomotiv endüstrisinde de tercih edilmektedir. Cam üretimi esnasında birçok talaş kaldırma işlemi yapılmaktadır. Talaş kaldırma işlemlerinin çoğu delme ve taşlama işlemleridir. Bu işlemlerde elde edilen yüzey kalitesi ve delik geometrisi ürünün kalitesini belirlemektedir.

Mutfak ve beyaz eşya sektöründe cam kullanımının artış göstermesi, cam sektörünün pazarını arttırmakta ve düşük maliyetli istenilen kalitede üretimin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Kullanılan taşlama disklerinin seçimi ve tasarımı önem arz etmektedir. Taşlama taşlarının içindeki metalik bağlayıcılar yüksek sıcaklık ve yapışma dayanımına sahiptirler (Denkena vd., 2016). Uygun taşlama davranışı için taşın iç yapısı ve taşlama parametreleri önemlidir (Butler vd., 2000; Wegener vd., 2011; Nguyen ve Butler, 2008).

Taşlama taşlarında disklerinde, dayanımı ve ömür değerlerini arttırmak için elmas da kullanılmaktadır. Kullanılan elmas ile metalik bağlayıcılar arasında oluşacak bağ kuvvetini sağlamak için bakır alaşımları da tercih edilmektedir (Lin vd., 2008; Duan vd., 2015). Çeşitli matris malzemeye sahip farklı taşlama takımları bazı araştırmacılar tarafından araştırılmıştır (Tillmann vd., 2007; Lin vd., 2008;

¹ Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 14280, Bolu, Türkiye

² Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, 54080, Sakarya, Türkiye

*Corresponding author (İletişim yazarı): mfkahraman@ibu.edu.tr

Citation (Atıf): Kahraman, M.F., Bilge, H., Karağaç, M., Öztürk, S. (2017). Bakır Esaslı Rodaj Disklerinin Performansı. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 1 (Special Issue): 26-31.

Dai vd., 2015). Elmas parçacıkların şekli ile kesici takım performansı arasındaki ilişki geçmiş yıllarda çalışılmıştır (Nitkiewicz ve Świerzy, 2006; Zeren ve Karagöz, 2007). Bir çalışmada ise aşındırıcı elmas parçacık içeren takımlar mikro yapı analizi ile incelenmiştir (Wu ve Funkenbusch, 2010).

Son yıllarda yapılan çalışmalar ile farklı bağ ve matris malzemeler kullanılarak taşlama diskleri ve kesici takımlar geliştirilmiş ve üretilmiştir. Kimyasal buhar birikim yoluyla üretilen elmas kaplamalı fiberler veya kaba taneli elmas parçacıklar aşındırıcı tanecik olarak taşlama işleminde kullanıldı (Smith vd., 2003; Zhao vd., 2013). Daha önceki çalışmalarda belirtildiği gibi sinterleme sıcaklığının elmas parçacıklarının grafitizasyonuna ve taşlama taşlarının mekanik özelliklerine önemli etkisi vardır (Wang vd., 2009; Sun vd., 2015).

Beyaz eşya sektöründe düz camın işlenmesinden sonra tüketicilerin kullanıma sunulması yüzey kalitesi beklentisi oluşturmaktadır. Bu beklentiyi karşılamak için uzun ömürlü taşlama takımları tasarlanmalıdır. Bu çalışmada daha fazla takım ömrü için elmas parçacıkları kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak bakır tercih edilmiştir. Farklı boyutlarda elmas parçacığı kullanılarak düz camın taşlanması yapılarak takım ömrü ve yüzey kalitesi test edilmiştir. Matris malzeme ve bakır bağlayıcı taşlama taşı oluşturularak yüzey kalitesinde artış hedeflenmiştir. Endüstriyel uygulamalarda da kullanılabilen parametrelerin bulunması çalışmanın farklılıklarındandır.

Mühendislerin bir imalat sürecinde karşılaştığı iki temel pratik problem vardır. Birincisi, istenen ürün kalitesini (teknik spesifikasyonları karşılayacak) verecek olan süreç parametrelerinin değerlerini belirlemek, ikincisi ise; mevcut kaynakları kullanarak imalat sistemi performansını en üst düzeye çıkarmaktır. Düz cam işlenmesinde bu performansı yükseltmek için pazarda sıkı bir rekabet ortamı oluşmuştur. Üretimde maliyetleri düşürmek için ekonomik üretim yöntemleri ile kalite gereksinim haline gelmiştir. Düz camın rodajlanmasında taşlama diskleri kullanılmaktadır. Üretim sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ürünün kalitesini belirlemektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Deneylerde 5.85 mm kalınlığında düz cam kullanılmıştır. Deneysel çalışma için iki farklı elmas tane boyutlarına sahip taşlama diskleri

oluşturulmuştur. Kullanılan elmas parçacık boyutları sırasıyla 600/700 ve 100/120 mesh olarak alınmıştır. Bu taşlama takımları iki ana bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler metal merkez ve segment olarak adlandırılmaktadır. Deneylerde kullanılan taşlama disklerinin boyutları aynı olup, dış çapı 150 mm, yüksekliği 6.5 mm ve segment genişliği 13 mm olacak şekilde imal edilmişlerdir. Taşlama testlerinde uygulanacak kesme derinliği 0.5 mm seçilmiştir. Arzu edilen taşlama kalitesine ulaşmak için, taşlama diskinin ilerleme hızı 9000 mm/dak olarak belirlenmiştir. Yapılan deneylerde taşlama diskinin dönme hızı 5000 devir/dak olarak uygulanmıştır. İş parçasının uzunluğu ve genişliği sırasıyla 650 mm ve 450 mm'dir. Hatalı değerler elde etme riskini ortadan kaldırmak için birçok deney yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre kullanılan beş adet taşlama diskinin ömür ortalaması alınarak, ortalama taşlama disk ömrü belirlenmiştir. Taşlama disklerinin kimyasal birleşiminde ise %15.7 elmas ve %17 Co kullanılmıştır. Aynı malzeme üzerinde yapılan taşlama işlemiyle tüm kenarların yüzey pürüzlülüğü ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Bu işlem neticesinde cam malzemenin taşlanan yüzeyinde en az altı farklı noktadan yüzey pürüzlülüğü değerleri alınmıştır. Ortalama yüzey pürüzlülüğü (Ra) ölçümleri Marsurf M300 cihazıyla gerçekleştirilmiştir. Mikro yapı ise Jeol Scanning Electron Microscope (SEM, JEOL 6390-LV) ile incelenmiştir.

Bütün testler aynı taşlama koşullarında gerçekleştirilmiş ve operasyonlar sırasında soğutucu kullanılmıştır. Rodaj işlemi sırasında kullanılan soğutma sıvısı cam endüstrisinde kullanılan ticari bir soğutma sıvısıdır ve soğutma sıvısı direk olarak rodaj diskinin yüzeyine püskürtülmüştür. Destekleyici malzemeler de rodaj diskinin parçası olup aşındırıcı elmas tanelerini rodaj diski üzerine sabitlemektedir.

Taşlama diskinin çalışma anındaki görünüşü Şekil. 1'de verilmiştir. Şekilde gösterildiği üzere, taşlama diski iş parçası olan cam üzerinde taşlama işlemi yapmaktadır.



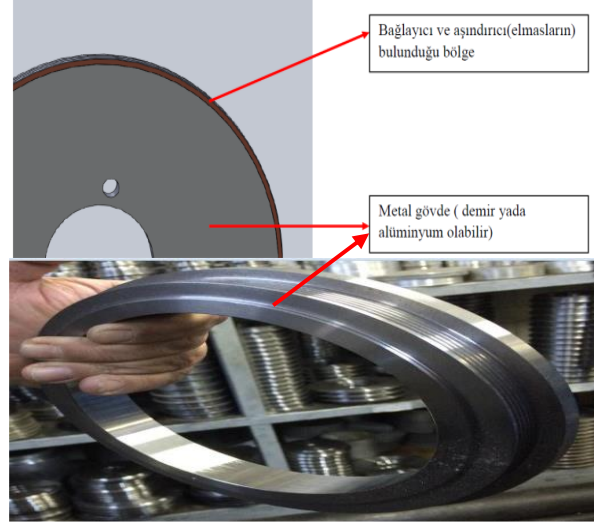
Şekil 1. Düz camın taşlanması

3. Bulgular

Yukarıda belirtilen iki farklı tane boyutuna sahip elmas parçacıklı takımlar ile yapılan deneyler sonucunda elde edilen takım ömrü ve yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır.

3.1. Takım ömrü

Cam endüstrisinde, rodaj diskleri takım ömrü, yenisiyle değiştirilmeden önce işlenen parçadan kaldırılan talaşın hacminin hesabıyla tanımlanmaktadır. Bu nedenle, her iki rodaj diskleri için kaldırılan talaş hacmi, takım ömrünün belirlenmesinde kullanılmıştır. Rodaj diskleri iki temel parçadan oluşur. Bunlar metal gövde ve aşındırıcı kısımdır (Şekil 2).



Şekil 2. Rodaj disk yapısı

Her iki rodaj disk için beşer adet aynı koşullarda birbirinden bağımsız deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda Şekil 3'de görüldüğü gibi diskin bağlayıcı ve aşındırıcıların bulunduğu bölge bitmiş ve aşındırıcı kısım kaybolmuştur. Bu olması gerektiği gibi C formunun en alt noktasından segmente ulaşmış, yani disk sonuna kadar kullanılmıştır.

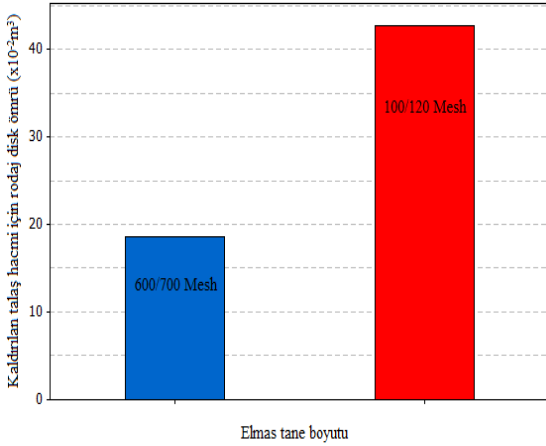


Şekil 3. Ömrünü tamamlamış rodaj diskleri

600/700 mesh boyutuna sahip elmas içeren bakır esaslı rodaj diskleri için elde edilen talaş hacmi değerleri 0.181 ile 0.189 m³ aralığında gerçekleşmiştir. Yapılan deneylerin güvenilirliğini arttırmak için, 5 adet birbirinden farklı rodaj diskleri çalışma ömrü değerleri ölçülmüş ve bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak çalışma ömürleri belirlenmiştir. Elde edilen test sonuçları büyük ölçüde birbirleri ile uyumluluk göstermektedir.

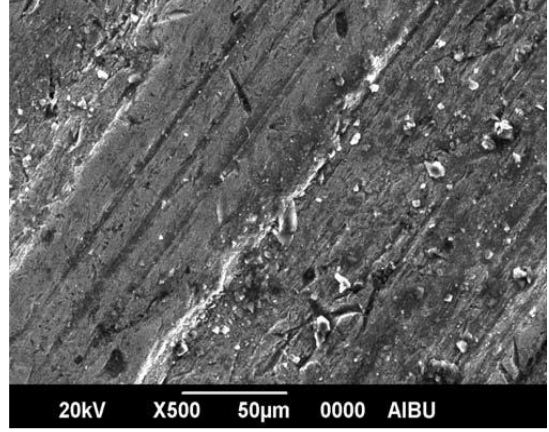
Bakır esaslı rodaj diski için ortalama çalışma ömrü 0.186 m3 olarak bulunmuştur. 100/120 mesh boyutuna sahip elmas içeren bakır esaslı rodaj diski için beş ayrı deney sonucuna göre ortalama disk ömrü ise 0.427 m3 olmuştur.

Deneylemlerden elde edilen sonuçlara göre, bakır esaslı rodaj diskler için kullanım ömürleri sırasıyla, 600/700 mesh boyutlu elmas için 0.186 m3 ve 100/120 mesh boyutlu elmas içeren disk için 0.427 m3 talaş hacmi verileri elde edilmiştir. Birim zamanda daha küçük elmas parçacıkla işlenen düz cam sayısı daha yüksektir. Özellikle, elmas tane boyutu rodaj disk ömürleri açısından büyük öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Elmas boyutu küçüldükçe elmas parçacık sayısı ve yüzey alanı artmakta ve bu sayede takım ömrü artmaktadır. Elmas taneciklerin boyutunun dikkatli seçilmesi beraberinde üretimde verimliliği arttırdığı açıkça görülmüştür (Şekil 4).



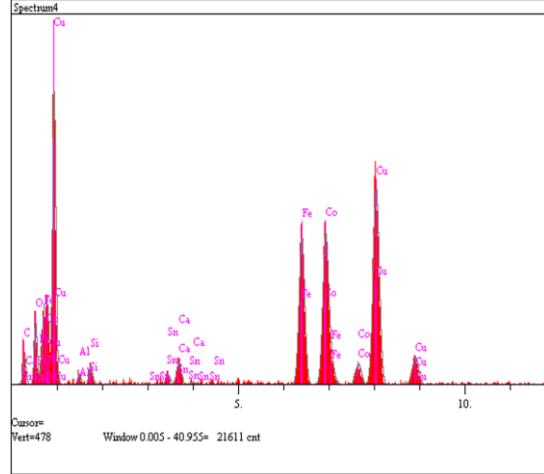
Şekil 4. Farklı mesh boyutlu elmaslar için takım ömrü

Elmas taşlama diskinin çalışma yüzeyi SEM cihazından alınan görüntüler vasıtasıyla incelenmiştir. Şekil 5’de bakır matris içine gömülü elmas tanelerinin, ömür sonunda çekilen SEM fotoğrafları görülebilmektedir. Bakır bağlayıcı matrisin elmas tanesine tutunma gücü zayıftır. Bakır matris kullanımında elmas tanelerinin yüzeyi bozulmuş ve aynı zamanda temiz değildir. Bakır, bağlayıcı matris olarak kullanıldığında, yüzeyde aşınmış parçalar görülebilmektedir.



Şekil 5. Bakır matris içine gömülü elmas tanelerinin SEM fotoğrafları (büyütme 500x)

EDX (energy dispersive X-ray) analizi yapıldığında, Şekil 6’daki analiz sonuçları elde edilmiştir. Spektrum incelemesi sonucunda deney öncesi bileşimden farklı olarak yaklaşık %1 oranında Si elementi izlenmiştir. Bunun nedeni yüksek sıcaklıkta cam içerisindeki Si elementinin bakır bazlı rodaj diskinin yüzeyine yapışması olabilir.



Şekil 6. Bakır bazlı rodaj diskinin EDX analizi

3.2. Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü ortalama değeri (Ra) yüzey kalitesinin belirlenmesinde kullanılan yüzey parametresidir. Ra pürüzlülük profili ile bu profilin merkez çizgisi arasında kalan alan şeklinde tanımlanabilmektedir. Yüzey pürüzlülük aritmetik ortalaması ISO 4287:1997 standartlarına göre belirlenmektedir. Bakır esaslı rodaj diskleri

kullanılarak elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri 600/700 ve 100/120 mesh boyutlu elmas parçacıklı takımlar için sırasıyla 2.3 µm ve 2.2 µm'dir. Sonuçlara göre bakır esaslı rodajlama diskinde elmas parçacık boyutu azaldıkça yüzey kalitesi az miktarda iyileşmektedir. Dolayısıyla, takımın elmas parçacık tutma kabiliyeti arttıkça işlenen parçanın yüzey kalitesinde artış meydana gelecektir.

Bakır esaslı elmas parçacıklı disk kullanımında elmas parçacıkların tane boyutu küçüldükçe sayısı artıyor, yüzey alanı artıp parçacık terk süresi uzuyor ve takım ömründe artış sağlanıyor. Takım üzerinde camdan geldiğini düşündüğümüz Si mevcut. Daha fazla ömür için bir sonraki çalışmada demir bazlı elmas takım kullanılabilir. Bu sayede sinterleme sıcaklığı artırılabilir. Sonuç olarak elmas parçacıkların tutunma süresi artırılarak takım ömrü artabilir.

4. Sonuçlar

Beyaz eşya sektöründe kullanılan düz camların rodajlanmasında takıma dayalı bazı güçlükler yaşanmaktadır. Bu deneysel çalışmada, beyaz eşya endüstri için kullanılan düz camlar bakır bazlı elmas takımlarla işlenmiştir. Belirlenen sinterleme sıcaklığı ve presleme basıncı ile elde edilen takımlar farklı boyutta bulunan elmas parçacıklarıyla test edilmiştir. 100/120 mesh boyuta sahip takım 600/700 mesh'e sahip rodaj diskinde göre 0.241 m³ daha fazla taşlama işlemi yapmıştır. Elmas parçacıklarının küçülmesi ile yüzey alanı artmış, parçacıkların diski terk etme süresi uzamıştır. 100/120 mesh elmas tanecik boyutuna sahip takım için elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri 600/700 mesh boyutuna sahip elmas içeren bakır esaslı taşlama takımı ile elde edilen değerlere göre 0.1 µm daha düşüktür. Bu çalışmadaki deneyler düz cam fabrikasının üretim hattında gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen bulgular ve sonuçlar endüstriyel uygulamalar için üretimde verimliliği arttırmaya yönelik kullanılabilir. Daha fazla ömür için bir sonraki çalışmada demir bazlı elmas takım kullanılabilir ve bakır bazlı takımla karşılaştırılabilir.

Kaynaklar

Butler, D. L., Blunt, L. A., See, B. K., Webster, J. A., & Stout, K. J. (2002). The characterisation of grinding wheels using 3D surface measurement techniques.

Journal of Materials Processing Technology, 127(2), 234-237.

Dai, H., Wang, L., Zhang, J., Liu, Y., Wang, Y., Wang, L., Wan, X. (2015). Iron based partially pre-alloyed powders as matrix materials for diamond tools. Powder Metallurgy, 58(2), 83-86.

Denkena, B., Grove, T., Bremer, I., Behrens, L. (2016). Design of bronze-bonded grinding wheel properties. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 65(1), 333-336.

Duan, D. Z., Xiao, B., Wang, W., Zhang, Z. Y., Wang, B., Han, P., Ding, X. Y. (2015). Interface characteristics and performance of pre-brazed diamond grains with Ni-Cr composite alloy. Journal of Alloys and Compounds, 644, 626-631.

Emberger, L. (1955). Sur Le Quetiens Pluviothermique. J.R. Acad. Sc. 234, 2508-2510.

Lin, C. S., Yang, Y. L., & Lin, S. T. (2008). Performances of metal-bond diamond tools in grinding alumina. Journal of Materials Processing Technology, 201(1), 612-617.

Nitkiewicz, Z., Świerzy, M. (2006). Tin influence on diamond-metal matrix hot pressed tools for stone cutting. Journal of materials processing technology, 175(1), 306-315.

Nguyen, A. T., Butler, D. L. (2008). Correlation of grinding wheel topography and grinding performance: A study from a viewpoint of three-dimensional surface characterisation. Journal of Materials Processing Technology, 208(1), 14-23.

Ozturk, S. (2016). Grinding of flat glass with Fe- and Cu-based diamond tools. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 0954405416673113.

Öztürk, S. (2014). Microstructural analysis of metal-bond diamond tools in grinding of flat glass. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 45(3), 187-191.

Sanayi Genel Müdürlüğü, (2014). Cam sektörü Raporu, 2014/1, Türkiye.

Smith, N. P., Smith, D. J., Pearce, T. R. A., Ashfold, M. N. R. (2003). The ductile grinding of glass using diamond fibres oriented radially in a grinding wheel.

Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 217(3), 387-396.

- Sun, Y. X., Tsai, Y. T., Lin, K. H. (2015). The influence of sintering parameters on the mechanical properties of vitrified bond diamond tools. *Materials & Design*, 80, 89-98.
- Wang, P. F., Li, Z. H., Li, J., & Zhu, Y. M. (2009). Effect of ZnO on the interfacial bonding between Na₂O-B₂O₃-SiO₂ vitrified bond and diamond. *Solid state sciences*, 11(8), 1427-1432.
- Wegener, K., Hoffmeister, H. W., Karpuschewski, B., Kuster, F., Hahmann, W. C., & Rabiey, M. (2011). Conditioning and monitoring of grinding wheels. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 60(2), 757-777.
- Wu, Y., Funkenbusch, P. D. (2010). Microstructure and mechanical properties of commercial, bronze-bond, diamond-abrasive tool materials. *Journal of materials science*, 45(1), 251.
- Tillmann, W., Gathen, M., Vogli, E., Kronholz, C. (2007). New materials and methods beckon for diamond tools. *Metal Powder Report*, 62(7), 43-48.
- Zeren, M., Karagöz, Ş. (2007). Sintering of polycrystalline diamond cutting tools. *Materials & design*, 28(3), 1055-1058.
- Zhao, L. L., Zhao, Q. L., Jin, G. W., Kang, X. J., Xin, X. W. (2013). Precision grinding of BK7 glasses using conditioned coarse-grained diamond wheel. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 227(10), 1571-1577.