



Döküm prosesi sonrası farklı aşındırıcı kullanımının yüzey kalitesine etkisinin incelenmesi

Investigation of the effect of different abrasives used after the casting process on the surface quality

Şeyma Ayhan¹ , Mehmet Yıldırım² , Hüseyin Gümüş³ , Fatma Aksoy⁴ , Murat Dilmeç^{5,*} 

^{1,3,4,5} Mesa Makina Döküm Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., Konya, Türkiye

² Konya Technical University, Metallurgical and Materials Engineering Department, 42100, Konya, Türkiye

⁵ Necmettin Erbakan University, Mechanical Engineering Department, 42100, Konya, Türkiye

Öz

Bu çalışmada, döküm prosesi sonrasında kullanılan farklı aşındırıcı malzemelerin parça yüzey kalitesi ve özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Döküm sonrası yüzey temizleme işlemleri, yüzey kusurlarının giderilmesi, yüzey pürüzlülüğünün iyileştirilmesi ve parçaların fonksiyonel performansının artırılması açısından büyük önem taşır. Bu kapsamda, döküm numunelerine farklı aşındırıcı uygulamaları yapılmış ve elde edilen yüzey özellikleri pürüzlülük, mikroyapı, sertlik ve olası yüzey hasarları açısından değerlendirilmiştir. Geleneksel kumlama (çelik bilya ile), çapak alma, Krom-X, ceviz kabuğu, cam tozu ve alümina ile kumlama yöntemleri çalışmada kullanılmıştır. EN-GJS-400-18 kalite ferritik dökme demirler geleneksel kum kalıba döküm yöntemi ile üretilmiştir. Döküm prosesinde iki farklı oranda (% 0.1-yarım aşı ve % 0.2-tam aşı) Ca-Si esaslı aşı kullanılmıştır. Farklı aşı miktarının mikroyapısal özelliklere, sertliğe ve parçaların yüzey kalitesine etkisi de incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kullanılan aşındırıcı türünün yüzey pürüzlülüğü ve mekanik özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Yarım aşı için elde edilen yüzey pürüzlülükleri tam aşı için elde edilenlere göre daha azdır. 1 saat-ceviz kabuğu ile çapak alma + 12 saat Krom-X ile parlatılmış parçalar hem en düşük yüzey pürüzlülüğüne (3-4 µm) hem de en düşük sertliğe (157-160 HB) sahiptir. Öte yandan çapak alma + parlatma + kurutma işlemi uygulanan parçalar en yüksek sertlik değerine (188 HB) sahipken geleneksel çelik bilya ile kumlama yapılmış parçalar en yüksek yüzey pürüzlülüğüne (8-9 µm) sahiptir.

Anahtar kelimeler: Yüzey kalitesi. Kumlama prosesi. Çelik bilyalama, Cam tozu, Alümina, Ceviz kabuğu

1 Giriş

Kumlama işlemi, diğer adıyla aşındırıcı püskürtme, malzemelerin yüzey koşullarını değiştirmek, yüzeyleri temizlemek veya boyama, yapıştırma, kaplama gibi

Abstract

In this study, the effects of different abrasive materials used after the casting process on the surface quality and properties of components were investigated. Post-casting surface cleaning operations are of great importance in terms of removing surface defects, improving surface roughness, and enhancing the functional performance of components. Within this scope, cast specimens were subjected to various abrasive treatments, and the resulting surface characteristics were evaluated in terms of roughness, microstructure, hardness, and possible surface damage. Conventional shot blasting (using steel shots), deburring, Krom-X, walnut shell, glass powder, and alumina blasting methods were employed in the study. EN-GJS-400-18 grade ferritic ductile irons were produced using the conventional sand casting method. During the casting process, Ca-Si-based inoculant was added at two different ratios (0.1% and 0.2%). The effect of different inoculation amounts on microstructural characteristics, hardness, and the surface quality of the components was also investigated. According to the experimental results, the type of abrasive media has a significant influence on both surface roughness and mechanical properties. The surface roughness values measured for the half-inoculation are lower than those obtained for the full inoculation. Specimens subjected to 1 h deburring with walnut shell media followed by 12 h polishing with Krom-X exhibit both the lowest surface roughness (3-4 µm) and the lowest hardness values (157-160 HB). In contrast, samples processed through the combined deburring + polishing + drying sequence demonstrate the highest hardness value (188 HB), whereas specimens treated by conventional steel shot blasting show the highest surface roughness (8-9 µm).

Keywords: Surface quality, Sandblasting process, Steel shot blasting, Glass powder, Alumina, Walnut shell

uygulamalar için hazırlamak amacıyla kullanılan bir yöntemdir [1]. Bu işlem, yüksek hızlarda püskürtülen aşındırıcı partiküller aracılığıyla mekanik olarak yüzeyi işlemeyi temel alır. Kumlama işlemi, sanayide yüzey temizleme ve hazırlama, ayrıca yüzey özelliklerini

değiştirme gibi çeşitli amaçlarla kullanılır. Döküm kumu, döküm ve dövme sonrası oluşan çapakların temizlenmesinde ve yüzey parlaklığını elde etmede kullanılır [2]. Kumlama, özellikle döküm ve dövme sonrası oluşan girintili çıkıntılı parçalarda kalıntıları ve tekrar kullanıma engel olan metotları büyük bir güç ve zaman kaybı olmadan temizlemeyi amaçlar. Pas, tufal, eski boya ve diğer atıkların temizlenmesi, yüzeyin pürüzlendirilmesi gibi yüzey ön işlemlerinde tercih edilir. Bu, yapıştırılacak alanı artırarak ve ıslatılabilirliği sağlayarak yapışma mukavemetini artırır [3]. Ayrıca, malzemelerin mekanik dayanımlarını artırmak veya korozyon direncini iyileştirmek gibi amaçlarla yüzey gerilmelerini ve mikroyapısal bozuklukları gidermeye yönelik de uygulanır. Yüzey pürüzlülüğü, ıslanabilirlik, yüzey enerjisi gibi fizikokimyasal özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Alüminyum yüzeylere çinko kaplama öncesinde yüzeyde homojen bir kaplama sağlamak ve korozyon direncini artırmak için kullanılır [4].

Yapıştırma işlemleri öncesinde yüzeylerin pürüzlendirilmesi, yapıştırıcı bağların gücünü artırır. Kumlanmış yüzey, yapıştırıcı ile mekanik bir kilitleme ve daha geniş bir etkili yüzey alanı sağlar. Ayrıca, pürüzlendirme işlemi, yüzey enerjisi ve ıslanabilirliği etkileyen fiziko-kimyasal değişikliklere yol açabilir [5]. Farklı aşındırıcı türleri ve boyutları (örneğin, alümina, cam küreler, silisyum karbür, ceviz kabuğu, zeytin posası, midye kabuğu) kullanılarak çeşitli pürüzlülük seviyeleri elde edilebilir. Cam küreler, genellikle pürüzsüz yüzeyler üretirken, diğer aşındırıcılar daha girintili çıkıntılı yüzeyler oluşturabilir [2,5]. Kumlanmış metal yüzeylerin ıslanabilirliği artar ve özellikle kompozit reçineler ve metaller arasındaki kimyasal yapışmayı iyileştirir. Pürüzlülüğün artması, genellikle hidrofilik yüzeyler için temas açısını azaltarak daha iyi ıslanabilirlik sağlar [3]. Kumlama, metal yüzeylerde büyük plastik deformasyonlarla birlikte yorulma ömrünü artırır ve yüzeyin altında oyuklar ve çatlaklar oluşturarak çatlak ilerlemesini engeller [6]. Geleneksel kumlama kullanılan silika tozunun neden olduğu silikozis gibi sağlık sorunları, ceviz kabuğu, zeytin posası ve midye kabuğu gibi organik atık malzemelerin aşındırıcı olarak kullanılmasıyla ortadan kaldırılabılır. Organik aşındırıcılar biyolojik olarak parçalanabilir, çevre dostu, toksik olmayan ve sürdürülebilirdir. Ayrıca, nozul ömrünü kısaltmazlar ve yüzeyde pas gibi istenmeyen oluşumları engellerler [1]. Çelik, titanyum ve alaşımları, alüminyum alaşımları, polimerler ve kompozitler gibi çeşitli yapısal malzemelerin yüzeylerine uygulanabilir [2].

Kumlama makineleri, malzemenin püskürtülme yöntemine göre sınıflandırılır. Basınçlı Hava ile Püskürtme yönteminde aşındırıcı, basınçlı hava ile nozüle taşınarak yüzeye püskürtülür. Türbin ile püskürtme, santrifüj etkisiyle aşındırıcının yüksek hızlarda fırlatılmasını sağlar. Bu tip makineler genellikle metal aşındırıcıların kullanılmasında avantajlıdır [6]. Tamburlu tip kumlama makineleri genellikle döküm veya enjeksiyonla imal edilmiş, yuvarlak hatlı ve sivri çıkıntısı olmayan parçaların kumlanması için tasarlanmıştır. Parçalar bir tamburun içinde sürekli hareket ederek kumlama işlemine tabi tutulur. Çatal veya askılı, kabinli tip kumlama makineleri genellikle büyük ve ağır

parçaların kumlama işleminde tercih edilir. Parçalar bir kanca ile yukarıdan aşağıya doğru asılarak makine içine yerleştirilir ve kumlanır. Tünel tip kumlama makineleri büyük miktarlardaki parçaların çok hızlı bir şekilde kumlanması amacıyla kullanılır. Parçalar ray sistemi veya rulolar üzerinde hareket ettirilerek tünel şeklinde bir kabin içinde kumlanır. Standart kumlama makinesi sistemleri ise tüm kumlama makineleri, püskürtülen aşındırıcının geri kazanımını ve kumlama sırasında ortaya çıkan toz ve aşındırıcının ayrıştırılmasını sağlayan sistemlere sahiptir [3,6].

Kumlama işleminde etkili parametreler; aşındırıcı malzeme cinsi, aşındırıcı tane boyutu, püskürtme basıncı, püskürtme süresi ve püskürtme mesafesidir [1,2]. Kumlama, özellikle paslanmaz çelik gibi malzemelerde şiddetli plastik deformasyona yol açar. Bu deformasyon, yüzeyin ilk 10 µm derinliğinde nanometrik alanda tane incelmeye ve yaklaşık 200 µm derinliğe kadar mikro sertlik artışı ile sonuçlanır [7,8]. Kumlama aynı zamanda, malzemelerde gerinimle indüklenen α' -martensit faz dönüşümüne ve dislokasyon yoğunluğunda artışa neden olabilir. Bu da malzemenin artık basma gerilimine sahip olmasına yol açar [9-12]. Kumlama parametrelerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi, malzemenin yüzey morfolojisini, enerjisini, mikro yapısını ve dolayısıyla yapışma performansını istenen şekilde modifiye etmek için kritik öneme sahiptir.

X-ışını fotoelektron spektroskopisi (XPS) analizleri, farklı aşındırıcı tipleriyle kumlama sonrası yüzeyin kimyasal bileşimindeki değişiklikleri değerlendirmek için kullanılabilir [5]. Kumlama ile yüzey özelliklerinde meydana gelen değişiklikler, malzemelerin yapışma (adezyon) davranışlarını doğrudan etkiler. Kumlama, alaşım yüzeylerinin yüzey alanını ve enerjisini artırarak ve yüzey aktivitesini yükselterek kompozit reçinelerin alaşımlarla yapışma mukavemetini önemli ölçüde etkiler [3]. Örneğin, daha kaba alümina parçacıklarıyla kumlama, silika kaplama ile uygulandığında dökme titanyum-polimer-cam kompozitinin bağ mukavemetini artırmıştır [13].

Shin ve ark. [14], tabakalı tip çelik/alüminyum bimetallerin katı-sıvı bileşik döküm sürecinde, çinko kaplı çelik türünün ve çelik yüzeyine uygulanan kumlama ön işleminin etkileri incelenmiştir. Ayrıca çinko kaplamanın davranışı ile ara yüzey mikroyapısının gelişimi ve kırılma mekanizması üzerindeki etkilerini de ele almışlardır. Çelik insert ile kalıp duvarı arasında oluşan ince plaka tipi akış kanallarındaki alüminyumun akışkanlığının, öncelikle insert yüzey pürüzlülüğüne, ikinci olarak ise ıslanabilirliğe bağlı olduğu belirlenmiştir.

Watanabe ve ark. [15], yaptıkları çalışmada, silika kaplamayla birlikte uygulanan kumlama işleminin, polimer-cam kompozitin döküm titanyuma bağlanma dayanımını artırıp artırmadığı incelemişlerdir. Daha iri taneli alümina partikülleri ile yapılan kumlama işlemi, silika kaplamayla birlikte uygulandığında, polimer-cam kompozitin döküm titanyuma bağlanma dayanımını önemli ölçüde artırdığını görmüşlerdir.

Karadeniz ve ark. [8], yaptıkları çalışmada, yaygın kullanılan farklı aşındırıcı tür ve miktarları ile GGG-60 dökümleri yapmış; elde edilen malzemelerin mikro yapı ve

karşılaştırabilmek amacıyla kayıt altına alınmıştır. Ceviz kumlayıcı olarak, orta boyuttaki CG 30, yani 1 cm² ye 30 adet granül düşen kumlayıcı kullanılması planlanmıştır. Alümina olarak da alüminyum oksit F46 (355-500 mikron arasındaki tanecikleri içeren) ve cam küre için ise 100-200 mikron arasındaki cam kürecik tanecikleri kullanılmıştır.

2.3 Yüzey özelliklerinin ölçümleri

Çeşitli aşındırıcılarla yapılan kumlama prosesi sonunda, dikdörtgen plakaların yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertlikleri, yüzey aşınma direnci ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar yorumlanarak yapılan değerlendirmeler sonucunda hem yüzey kalitesinde hem de mekanik özelliklerde en iyi performansı sağlayacak kumlayıcı malzeme tespit edilmiştir. Her bir aşındırıcı için en az 3 adet plaka numunenin yüzeyi kumlanmıştır. Numunelerin yüzey pürüzlülüğü, yüzey sertlikleri ve yüzey aşınma direnci ölçülmüştür. Yüzey sertliği, pürüzlülüğü ve aşınma direnci için ölçümler, bir numunenin en az 3 farklı bölgesinden alınmıştır. Böylece yapılan deneyler ile ilgili sonuçların daha güvenilir olması sağlanmıştır. Ayrıca, kullanılan her bir aşındırıcı malzemenin kumlama süresine olan etkileri detaylı şekilde incelenmiş ve bu etkilerin üretim sürecine getirdiği avantajlar ve dezavantajlar değerlendirilmiştir.

2.4 Karakterizasyon

Döküm sonrası farklı aşındırıcılarla yüzey işlemine tabi tutulan numunelerin yüzey özelliklerini belirlemek amacıyla çeşitli karakterizasyon yöntemleri uygulanmıştır. Kumlama işlemi sonrasında elde edilen numunelerin yüzey pürüzlülük değerleri, temas tipli profilometre cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümler, her bir numune üzerinde üç farklı noktadan alınmış ve ortalama Ra değeri hesaplanmıştır. Bu sayede farklı aşındırıcıların yüzey düzgünlüğü üzerindeki etkisi belirlenmiştir.

Numunelerin yüzey morfolojisi ve aşındırıcı etkisiyle oluşan deformasyonlar, Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. SEM görüntüleri 500x, 1000x ve 2000x büyütme oranlarında alınarak, yüzeydeki mikro çatlaklar, gözenekler ve aşındırma izleri değerlendirilmiştir. Görüntüler, farklı aşındırıcı malzemelerin yüzeye etkisini karşılaştırmalı olarak analiz etmek amacıyla kullanılmıştır.

Kumlama işlemi sonrası yüzey sertliği değişimini incelemek amacıyla Brinell mikrosertlik testi yapılmıştır. Test, 100 g yük altında ve 10 saniye bekleme süresiyle gerçekleştirilmiştir. Her numune için beş farklı noktadan ölçüm alınmış ve ortalama sertlik değeri belirlenmiştir. Bu ölçümler, aşındırıcı türlerinin yüzey sertliği üzerindeki etkisini ortaya koymak için değerlendirilmiştir.

Yüzeyde olası oksitlenme, aşındırıcı kalıntısı veya bileşim değişikliklerini belirlemek için SEM cihazına entegre Enerji Dağılımlı Spektroskopi (EDS) analizi yapılmıştır. EDS sonuçları, yüzey element dağılımının homojenliğini ve olası kontaminasyonları göstermiştir.

Parçaların kimyasal bileşimleri Oxford Foundry Master optik emisyon spektrometresi (OES) kullanılarak analiz belirlenmiştir. Numunelerin mikroyapısal incelenmesi ise Nikon Eclipse MA 100 model ters metal mikroskobu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mikroyapı incelemesinden önce numuneler standart metalografik numune hazırlama

tekniklerine göre hazırlanmıştır. İlk olarak numuneler, zımparalanmış (180–1200 grit SiC zımpara kâğıtları kullanarak), sonrasında 1 µm alümina süspansiyonu ile parlatılmış ve son olarak %3 Nital çözeltisi ile dağlanmıştır. Numunelerde kesit kalınlığına ve aşındırıcı tipine bağlı olarak küresellik, küre sayısı, grafit miktarı ve ferrit/perlit oranı gibi temel mikroyapısal parametreler görüntü analiz yazılımı kullanılarak belirlenmiştir.

Numunelerin mekanik özellikleri Brinell sertlik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Numunelerin parlatılmış yüzeylerinde 3 ton yük altında Bulut Makina BMS 3000-OB model Brinell sertlik cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yük 8 saniye süreyle uygulanmıştır. Her kesit kalınlığından en az 3 ölçüm alınarak ortalama sertlik değeri belirlenmiştir.

3 Bulgular ve tartışma

3.1 Yüzey pürüzlülüğü

Parçalara uygulanan yüzey işlemlerinin sonunda elde edilen yüzey pürüzlülükleri Şekil 2’de verilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri 5 basamaklı kalıbın tüm basamakları için ölçülmüştür. Ancak şekilde farklı prosesler için sadece 1. ve 5. basamak değerleri verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri (3-4 µm) “1 saat-ceviz kabuğu ile çapak alma + Krom-X (12 saat)” prosesinde elde edilirken, en kaba yüzey pürüzlülüğünün (8-9 µm) “Çelik bilya ile kumlama (10 dk)” prosesinde gerçekleştiği görülmüştür. Ayrıca “1 saat çapak alma + 1 saat parlatma+kurutma” prosesinde diğer proseslere göre nispeten daha düşük yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir.

Kumlama, çapak alma, çapak alma+parlatma+kurutma prosesleri sonunda, yarım aşı ile yapılan döküm parçalarının yüzey pürüzlülüklerinin daha düşük olduğu ve diğer prosesler için de tam aşı yapılanlardan yüksek olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, yarım aşı için elde edilen yüzey pürüzlülükleri tam aşı için elde edilenlere göre daha iyi yüzey pürüzlülükleri vermiştir.

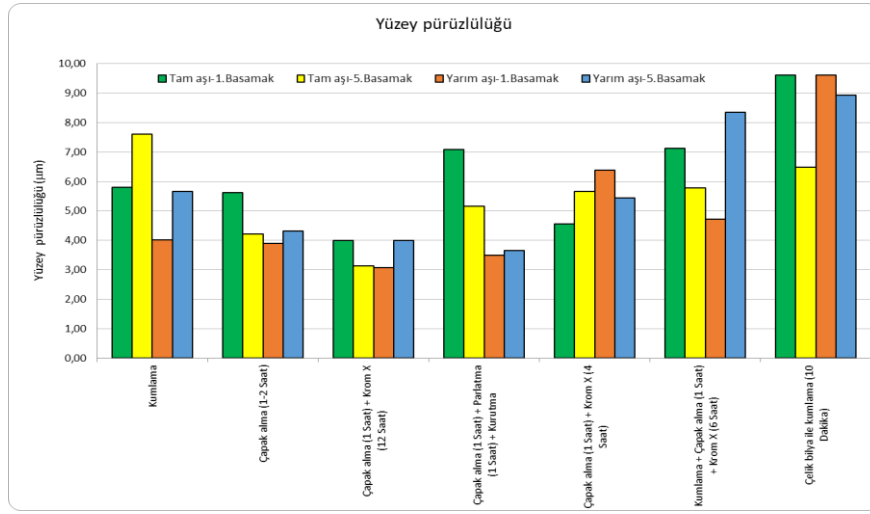
Beş basamaklı kalıpla üretilen parçalarda basamak etkisi incelendiğinde ise, tam aşı için 5.basamaktaki yüzey pürüzlülükleri çoğu proses için 1.basamaktan daha düşük değerler vermiştir. Sadece kumlama ve çapak alma+krom x (4 saat) prosesleri için tersi bir durum söz konusu olmuştur. Yarım aşı için ise, kumlama + çapak alma (1 saat-ceviz kabuğu ile) + krom-X (6 saat) prosesi hariç diğer tüm proseslerde 1. ve 5.basamak yüzey pürüzlülük değerleri birbirine yakın elde edilmiştir.

3.2 Sertlik değerleri

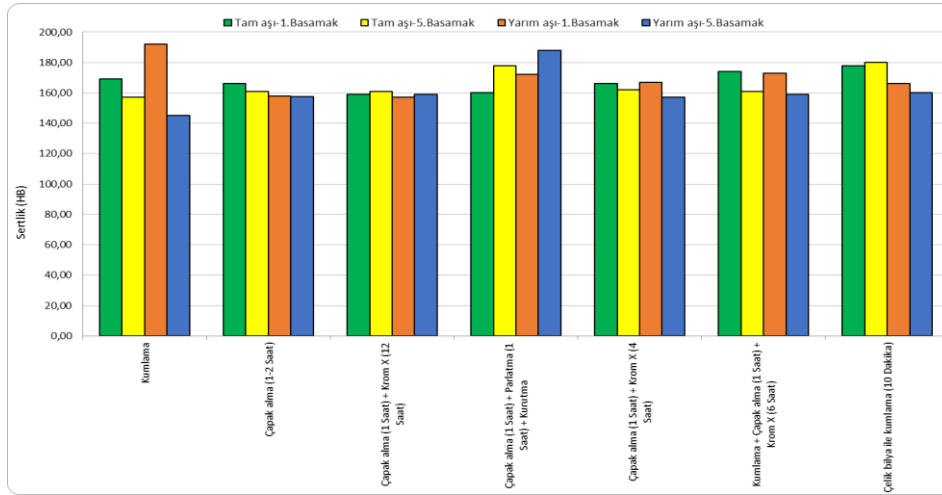
Uygulanan çeşitli yüzey işlemleri sonunda parçaların yüzey sertlik değerleri ölçülmüş ve Şekil 3’te grafik halinde verilmiştir. Sertlik değerleri 5 basamaklı kalıbın tüm basamakları için ölçülerek, farklı prosesler için sadece 1. ve 5. basamak değerleri verilmiştir. Şekilde de görüleceği gibi, en düşük sertlik değerleri, yüzey pürüzlülüğünün en düşük elde edildiği “1 saat-ceviz kabuğu ile çapak alma + Krom-X (12 saat)” prosesi için elde edilmiştir. Bu proses için elde edilen sertlik değeri, aşı miktarı ve basamak değerine göre 157-160 HB aralığındadır. En yüksek sertlik değerleri ise 188 HB gibi en yüksek değerde çapak alma+parlatma+kurutma prosesi için elde edilmiştir.

Çelik bilya ile kumlama prosesinde, tam aşı için sertlik değerinin tüm basamaklar için, yarım aşıya göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 4). Yarım aşı için ortalama sertlik

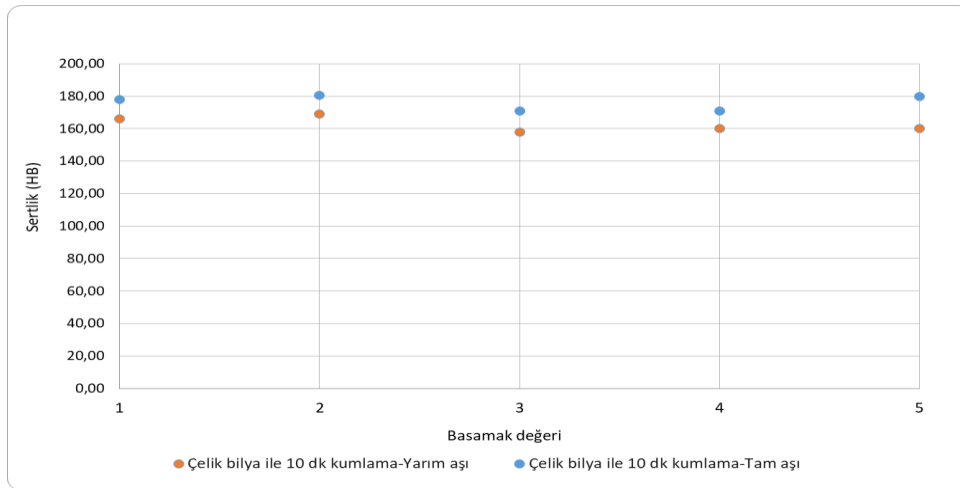
değeri 162 HB iken, tam aşı için ortalama 176 HB değerindedir. Tam aşı için sertlik değerleri yarım aşıya göre yaklaşık %8 oranında daha yüksek değerlerde elde edilmiştir.



Şekil 2. Aşındırıcı türünün parça yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 3. Aşındırıcı türünün parça yüzey sertliğine etkisi



Şekil 4. Aşılama miktarının parça yüzey sertliğine etkisi (Çelik bilya prosesi için)

3.3 Kimyasal analiz ve mikroyapı analizi

Çalışma kapsamında farklı miktarda aşu kullanılarak üretilen EN-GJS-400-18 kalite küresel grafitli dökme demir parçaların optik emisyon spektrometresi kullanılarak ölçülen kimyasal analizleri Tablo 1’de verilmiştir. Her iki aşu miktarı için parçaların kimyasal analizi birbirine benzerdir. Parçaların karbon eşdeğeri (CE) Denklem 1 kullanılarak hesap edilmiştir. Tam ve yarım aşu için CE değerleri sırasıyla %4.33 ve %4.41 olarak hesap edilmiş olup Fe-C denge diyagramında bulunan teorik %4.3 değerine oldukça yakındır [13].

Tablo 1. Çalışma kapsamında üretilen EN-GJS-400-18 kalite küresel grafitli dökme demir parçaların kimyasal analizleri (ağ.%)

Aşılama	C	Si	Mn	Sn	Cu	Mg	P	S	Cr	Mo	Ni
Tam aşu	3.41	2.77	0.177	0.004	0.045	0.059	0.018	0.008	0.044	0.005	0.032
Yarım aşu	3.58	2.72	0.152	0.005	0.034	0.058	0.014	0.007	0.05	0.005	0.030

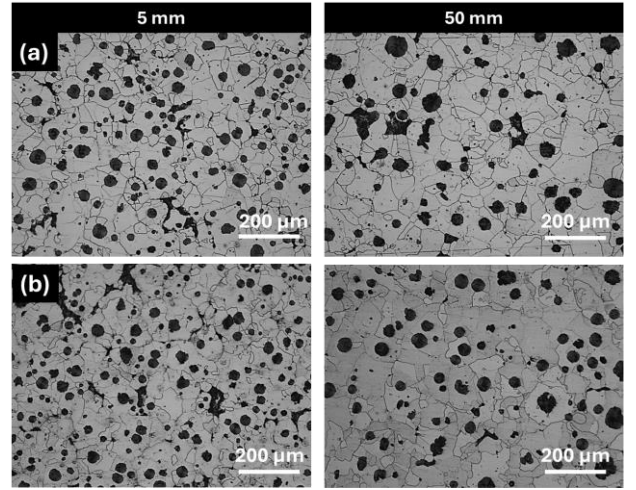
$$\%CE = \%C + \frac{\%Si + \%P}{3} \quad (1)$$

Çalışma kapsamında incelenen EN-GJS-400-18 kalite küresel grafitli dökme demire ait optik mikroskop mikroyapı fotoğrafları (100X büyütme) Şekil 5’te gösterilmiştir. İncelenen mikroyapılar 3 fazdan meydana gelmiştir: (i) küresel grafitler (siyah küreler), (ii) ferrit fazı (açık renkli bölgeler) ve (iii) perlit fazı (koyu renkli küresel olmayan bölgeler). Parçaların matrisleri çoğunlukla ferrit fazından meydana gelmiş olup az oranda perlit fazı içerdiği görülmüştür. İncelenen parçalarda katılaşma ve/veya döküm parametrelerinden kaynaklı herhangi bir hataya rastlanılmamıştır. Parçaların grafit, ferrit ve perlit miktarları mikroyapı analiz yazılımları kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 2’de listelenmiştir.

Tablo 2. 5 ve 50 mm kalınlığa sahip EN-GJS-400-18 kalite küresel grafitli dökme demirin mikroyapısal özellikleri

Kalınlık	Tam aşu			Yarım aşu				
	Küre sayısı	%C	%Ferrit	%Perlit	Küre sayısı	%C	%Ferrit	%Perlit
5 mm	374	11.5	81.3	7.2	381	11.5	79.9	8.6
50 mm	218	13.2	83	3.8	226	12.8	83.8	3.4

İncelenen parçaların mikro yapıları kesit kalınlığına bağlı kıyaslandığında şu sonuçlar elde edilmiştir: kesit kalınlığı arttıkça (i) ferrit oranı azalmış, perlit oranı artmıştır ve (ii) küre sayısı azalmıştır ve (iii) küre boyutu artmıştır. Mikroyapıda bulunan perlit miktarı sadece kimyasal bileşime değil, aynı zamanda soğuma hızına da bağlı olarak değiştiğinden, farklı kalınlıktaki kesitlerde farklı miktarlarda perlit oluştuğu görülmüştür. Kesit kalınlığı arttıkça soğuma hızı azalmakta ve dolayısıyla perlit miktarı da buna bağlı olarak azalmıştır. Bu sebeple, nispeten yavaş soğuyan 50 mm kalınlıktaki kesitte ferrit oranı fazla iken, daha hızlı soğuyan 5 mm kalınlığa sahip ince kesitlerde daha yüksek oranda perlit oluşmuştur.



Şekil 5. Çalışma kapsamında incelenen EN-GJS-400-18 kalite küresel grafitli dökme demire ait mikroyapı fotoğrafları (100X büyütme); (a) tam aşılama (%0.5) ve (b) yarım aşılama (%0.25)

Ayrıca, küre (nodül) sayısı genellikle küresel grafitli dökme demirlerin kalitesinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilmiştir. Borrajo ve ark. [16], küre sayısındaki artış, sünek demirin katı hal faz dönüşümlerini, mikro yapısını ve mukavemet ile sertlik gibi mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini belirtmişlerdir. Küre sayısı ile katılaşma süresi arasında ters orantı olduğu görülmüştür. Kesit kalınlığı arttıkça katılaşma süresi artmakta bu da küre sayısının azalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. 5 ve 50 mm kalınlığa sahip parçaların mikroyapısı incelendiğinde 50 mm kalınlığa sahip parçanın küre sayısının 5 mm kalınlığa sahip parçanın küre sayısından önemli derecede az olduğu, küre boyutunun da ciddi yüksek olduğu anlaşılmıştır. Bu kapsamda, Yüksel [17], küre sayısının küresel grafitli dökme demirlerin mekanik, termal ve korozyon özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu bildirmiştir. Yüksek sayıda grafit küresine sahip olan küresel grafitli dökme demirler, karbür oluşumuna, mikro-ayrışmaya ve mikroyapısal açıdan homojen olmamaya daha az eğilimlidir.

4 Sonuçlar

İki farklı miktarda aşu kullanarak değişken kesit kalınlığına sahip şekilde üretilen EN-GJS-400-18 kalite ferritik matrisli küresel grafitli dökme demirin döküm prosesi sonrasında kullanılan farklı aşındırıcı malzemelerin parça yüzey kalitesi ve özellikleri üzerindeki etkileri detaylı biçimde incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Normal aşu miktarının yarısı kullanıldığında bile döküm hataları bulunmayan istenilen mikroyapısal özelliklere sahip parçalar üretilmiştir.
- Her iki aşu miktarı için de kesit kalınlığının artması ile ferrit oranı artmış, perlit oranı ve küre sayısı azalmıştır.
- En düşük yüzey pürüzlülüğü değeri (3-4 µm) “1 saat-ceviz kabuğu ile çapak alma + Krom-X (12 saat)” prosesinde hem yarım hem de tam aşu için elde edilirken, en kaba yüzey pürüzlülüğünün (8-9 µm) “geleneksel çelik bilya ile kumlama (10 dk)” prosesinde elde edilmiştir.

• Yüzey pürüzlülüğü en düşük olan “1 saat-ceviz kabuğu ile çapak alma + Krom-X (12 saat)” prosesi aynı zamanda en düşük sertlik değerlerine sahiptir (157-160 HB).

• En yüksek sertlik değeri ise 188 HB ile yüzey pürüzlülüğü en yüksek olan “çapak alma+parlatma+kurutma” prosesi ve yarım aşu için elde edilmiştir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı: %11

Kaynaklar

- [1] N. Anaç, N. and Z. Doğan, Effect of organic powders on surface quality in abrasive blasting process. *Processes*, 11(7), 1925, 2023. <https://doi.org/10.3390/pr11071925>
- [2] A. Rudawska, I. Danczak, M. Müller and P. Valasek, The effect of sandblasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 70, 176-190, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2016.06.010>
- [3] M. Mukai, H. Fukui and J. Hasegawa, Relationship between sandblasting and composite resin-alloy bond strength by a silica coating. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 74(2), 151-155, 1995. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(05\)80178-7](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(05)80178-7)
- [4] M. Schwankl, R. Kellner, R.F. Singer and C. Körner, The influence of sandblasting on the morphology of electroless deposited zinc layers on aluminum sheets. *Applied Surface Science*, 283, 202-208, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.06.082>
- [5] A.F. Harris and A. Beevers, The effects of grit-blasting on surface properties for adhesion. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 19(6), 445-452, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0143-7496\(98\)00061-X](https://doi.org/10.1016/S0143-7496(98)00061-X)
- [6] M.E. Satıcı, Kuşlama işleminin ve bu işleme etkileyen parametrelerin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004. <http://hdl.handle.net/11527/7899>
- [7] M. Multigner, E. Frutos, J.L. González-Carrasco, J.A. Jiménez, P. Marín and J. Ibáñez, Influence of the sandblasting on the subsurface microstructure of 316LVM stainless steel: Implications on the magnetic and mechanical properties. *Materials Science and Engineering C*, 29(4), 1357-1360, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2008.11.002>
- [8] E. Karadeniz, M. Çolak ve F. Barutçu, GGG-60 Küresel Grafitli Dökme Demir Üretiminde Aşılmalı Türü ve Miktarının İyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 275-282, 2017. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.298199>
- [9] S. Özarslan, Farklı döküm yöntemleriyle üretilen Zn-%1Mg alaşımının mikroyapı, mekanik ve korozyon özelliklerinin karşılaştırılması. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(4), 1606-1614, 2023. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1348335>
- [10] R. Gecü, Küresel grafitli dökme demirlerin aşınma davranışına alüminyum ilavesinin ve östemperleme ısıl işleminin etkilerinin incelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 423-430, 2022. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1069484>
- [11] S. Geng, J. Sun and L. Guo, Effect of sandblasting and subsequent acid pickling and passivation on the microstructure and corrosion behavior of 316L stainless steel. *Materials and Design*, 88, 1-7, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.08.113>
- [12] I. Watanabe, K.S. Kurtz, J.L. Kabcenell and T. Okabe, Effect of sandblasting and silicoating on bond strength of polymer-glass composite to cast titanium. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 82(4), 462-467, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(99\)70035-1](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(99)70035-1)
- [13] M. Çekici and M. Yıldırım, Combined effect of inoculant type and section thickness on the microstructural and mechanical properties of EN-GJS-600-3 grade ductile cast iron. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 13(3), 793-809, 2025. <https://doi.org/10.36306/konjes.1642332>
- [14] J. Shin, T. Kim, K. Lim, H. Cho, D. Yang, C. Jeong, S. Yi, Effects of steel type and sandblasting pretreatment on the solid-liquid compound casting characteristics of zinc-coated steel/aluminum bimetal. *Journal of Alloys and Compounds*, 778, 170-185, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.11.134>
- [15] I. Watanabe, K.S. Kurtz, J.L. Kabcenell and T. Okabe, Effect of sandblasting and silicoating on bond strength of polymer-glass composite to cast titanium. *Journal of Alloys and Compounds*, 82(4), 462-467, 1999. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(99\)70035-1](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(99)70035-1)
- [16] J.M. Borrajo, R.A. Martinez, R.E. Boeri and J.A. Sikora, Shape and count of free graphite particles in thin wall ductile iron castings. *ISIJ International*, 42(3), 257-263, 2002. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.42.257>
- [17] Ç. Yüksel, Microstructural analysis of EN-GJS-450-10 ductile cast iron via vibrational casting. *China Foundry*, 17(4), 272-278, 2020. <https://doi.org/10.1007/s41230-020-0058-7>

