

AKÜ FEMÜBİD 22 (2022) 045701 (893-898)

AKU J. Sci. Eng. 22 (2022) 045701 (893-898)

DOI: 10.35414/akufemubid.1024368

Araştırma Makalesi / Research Article

Alüminyum Dış Kafesli Burçlarda Yüzey Pürüzlülüğünün Çıkma Yüklerine Etkisi

Murat GÜNEY¹, Cihan KABOĞLU²¹ Orjin Automotive, Bursa. / Bursa Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa² Bursa Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, BursaSorumlu yazar e-posta: muratguney@orjinautomotive.com ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6005-9595>
cihan.kaboglu@btu.edu.tr ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6249-0565>

Geliş Tarihi: 16.11.2021

Kabul Tarihi: 10.08.2022

Öz

Bilyalama yöntemi parçalar üzerinde pürüzlülüğü arttırmak, atık gerilmeleri önlemek, yorulma ve çatlak oluşumu gibi durumları engellemek için yapılan bir işlemdir. Çaplama işlemi ise süspansiyon sistemini oluşturan parçalardan birisi olan burçların üretimi sonrasında oluşan ölçü farklılıklarını engellemek ve burcu uygun ölçüye getirmek için uygulanan bir yöntemdir. Bu çalışmada, alüminyum dış kafese sahip olan burçlarda bilyalama ve çaplama işlemleri farklı sıralamalar ve farklı parametreler ile gerçekleştirilerek yüzey pürüzlülükleri farklı burçlar elde edilmiştir. Elde edilen burçlar ile gerçekleştirilen montaj işlemleri sonrasında, salıncak üzerindeki çıkma yükleri incelenerek kayıt altına alınmıştır. Artan yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak burçların yuvalarında kayma esnasında karşılaşılabilecek sürtünme kuvvetleri arttığı için çıkma yüklerinde artış beklenmektedir. Çıkma yükleri incelendiğinde artan yüzey pürüzlülüğünün çıkma yüklerini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler

Bilyalama; Çaplama;
Bilya çapı; Çıkma yükü;
Burç

The Effect of Surface Roughness on Push-Out Force in Aluminum Outer Cage Bushings

Abstract

Shot peening is a process that used to increase surface roughness, decrease residual stress and prevent fatigue and crack propagation. On the other hand, gauging is a process to prevent differences between bush dimensions that used in the suspension system. In this study, shot peening and gauging are applied with different sequence and parameters to get bushes with various surface roughness. After assembly process of these bushes, push out forces are recorded. The push out force increases with respect to increasing surface roughness.

Keywords

Shot peening; Gauging;
Diameter of ball; Push-
out force; Bushing

1. Giriş

Araçları oluşturan birçok karmaşık yapının arasında en önemli görevlerden birini süspansiyon sistemi üstlenmektedir. Bu sistem hareketsiz halde, hareket halinde veya farklı yol koşullarında araçların tekerleri üzerinde durmasını veya uygun koşullarda güvenli bir şekilde hareket etmesini sağlamaktadır. Araç süspansiyon sistemini oluşturan parçalardan biri olan salıncak veya tabla olarak adlandırılan parça, araç şasisi ile ön tekerlerin birbiri ile bağlantısını sağlamaktadır. Salıncakın araç ağırlığından gelen dik kuvveti, tekerlerden gelen dik ve yanal kuvvetleri başarılı bir şekilde karşılaması gerekmektedir.

Araçlarda kullanılan salıncaklar hem sürüş güvenliğini hem de sürüş esnasında gerekli konforu sağlaması amacıyla farklı birçok bileşenden oluşmaktadırlar. Genel olarak salıncak gövdesi, burçlar ve rotilden oluşan salıncaklara ait görsel Şekil 1’de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. Araçlarda Kullanılan Salıncak

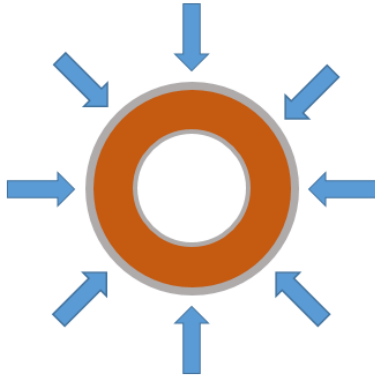
© Afyon Kocatepe Üniversitesi

Salıncağı oluşturan bileşenlerden birisi olan burç, araç şasisinin gereklilikleri doğrultusunda farklı malzemelerden üretilebilmektedir. Üretilmiş olan burçların malzemeleri farklı olsa bile gerekli performansları sağlaması gerekmektedir. Bu performansı sağlayabilmeleri için burç üretimi gerçekleştirilir iken yüzey yıkama, yağ temizliği, vulkanizasyon, çaplama, bilyalama gibi bir dizi işlemlerin gerçekleştirilmesi gereklidir. Alüminyum dış kafese sahip olan araç salıncak burçların inceleneceği bu çalışmada, dış kafesin sahip olacağı yüzey pürüzlülüklerinin salıncak montajı sonrasında çıkma yüklerine etkisi ortaya koyulacaktır. Akgünoğlu vd. (2019)'da SolidWorks programı yardımı ile modelledikleri burç ve salıncaklarda çaplama operasyonunun parçanın çıkma yüklerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada parçalar arası 179 mikron sıklığın uygun olduğunu saptamışlardır. Nam vd. (2015) havacılık sektöründe kullanılan alüminyum parçalarda oluşabilecek çatlak ve yorulmaların önüne geçmek amacıyla nozül mesafesi, basınç, açı değeri, süre ve sertlik değerlerini değiştirerek yaptıkları bilyalama operasyonunun parça dayanımı üzerine etkisini incelemişlerdir. Belirtilen değişkenler ile yapılan denemeler sonrasında en uygun bilyalama parametreleri 50mm nozül mesafeli, 4 kg/cm^2 basınç değeri, 60° açı ile parça üzerine 130 saniye boyunca gönderilen bilyalar sonucunda elde edilmiştir. Alüminyum implantlarda farklı bilyalama sürelerine göre parçaların korozyon oranlarını incelemişlerdir ve uygun bilyalama süresini 2 dakika olarak saptamışlardır (Iswanto *et al.* 2020). Otomotiv ve havacılık sektöründe kullanılan AA2024 alüminyum malzemenin çinko bilyalar yardımı ile farklı süreler altında sertlik değerlerinin değişimini incelemişlerdir. En yüksek sertlik değeri için 180 saniye bilyalama operasyonu gerekliliğini ortaya koymuşlardır (Cho *et al.* 2012). Zagar ve Grum (2013) EN AW 7075 alüminyum malzemenin farklı sıcaklık değerlerinde bilyalama işlemi sonrasında sertlik değerlerinde ve atık gerilmelerindeki farklılıkları gözlemlemişlerdir. En yüksek sertlik değerlerine ve en az atık gerilme değerlerine 145°C değerinde ulaşmışlardır.

Salıncağa montajı gerçekleştirilen burçlarda deformasyon oluşmadan önce veya yerinden çıkmadan belirli yük değerlerini karşılamaları gerekmektedir. Bu kapsamda ortalama 0.4mm sıklık değerine sahip olan sac salıncak ve alüminyum dış kafesli burç üzerinde farklı özelliklerde bilyalama ve çaplama operasyonları sonrasında salıncaktan çıkma yüklerine olan etkileri incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Sac kalitesi EN 10111:2008 olan salıncağın sahip olduğu kalibre çapına montajı gerçekleştirilen EN AW 6005 kalite dış kafese sahip olan alüminyum burcun yapılan operasyonlar sonrasında sahip olduğu farklı yüzey pürüzlülüklerinde çıkma yüklerine olan etkisini incelemek için burçlar üretilmiştir. Burç hammaddesi olarak kullanılan EN AW 6005 kalite alüminyumun kimyasal bileşenleri, ağırlık yüzdeleri olarak, 0.50-0.90 silisyum, 0.35 demir, 0.30 bakır, 0.50 mangan, 0.40-0.70 magnezyum, 0.30 krom, 0.20 çinko, 0.10 titanyum, geri kalan yüzde olarak da alüminyumdan oluşmaktadır. Çaplama ve bilyalama operasyonlarının sıralaması ve bilyalama esnasında kullanılan bilya çapları değiştirilerek üretilen burçlarla montaj sonrasında çıkma testleri gerçekleştirilmiştir. Çaplama operasyonu, burç üretimi gereği parçada meydana gelen ovalliğin azaltılması ve burcun nihai ölçüsüne getirilmesi için gerçekleştirilen fiziksel bir operasyondur. Çaplama esnasında burcun dış kafesine plastik şekil verilerek burç istenilen ölçülerde üretilmiş olur. Bu operasyon ile ilgili olarak herhangi bir standart olmamasının yanında ürünün dış çapına göre çaplama ölçüleri değişkenlik gösterebilmektedir. Çaplama operasyonu simetrik olarak kapanan çeneler yardımı ile ya da üretilen burcun konik bir kalıp içerisinden geçirilmesiyle gerçekleştirilebilir.



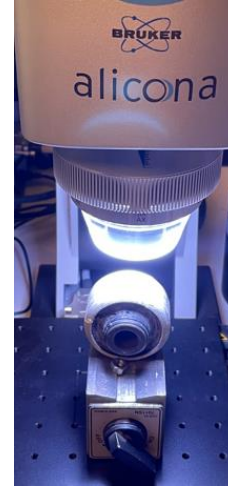
Şekil 2. Çaplama Operasyonuna Ait Görsel

Bilyalama operasyonu ise parça yüzeyine, küre veya küreye yakın geometrik özellikte, belirli şartlar altında gönderilen parçaların ürün üzerinde plastik deformasyon oluşturması ile gerçekleştirilir. Bu operasyon parça yüzey pürüzlülüğünün artırılıp hem sürtünme değerlerinde hem de korozyon, parça üzerindeki atık gerilmeler ve yorulma değerlerinde iyileştirme sağlamak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bilyalama operasyonu için genel olarak kullanılan ISO 26910-1: 2009(E) standardına göre, parçalar üzerine gönderilen küre veya küreye yakın geometrik özellikte olan sert parçalar metal, cam veya seramik olabilmektedirler.

3. Bulgular

Yapılan çalışmada bilyalama operasyonunda metal hammaddeli bilyalar, basınç 6 bar olarak sabit tutularak S110 ($\emptyset 0.30\text{mm}-\emptyset 0.60\text{mm}$) ve S230 ($\emptyset 0.60\text{mm}-\emptyset 0.90\text{mm}$) özelliklerinde 6 ± 1 dakika süre ile parçalar üzerine gönderilerek operasyon gerçekleştirilmektedir. Bilyalama operasyonunda kullanılan S110 özelliğindeki bilyaların çapları 0.30-0.60 mm aralarında değişirken, S230 özelliğindeki bilyaların çapları ise 0.60-0.90 mm arasında değişmektedir. Önce bilyalama daha sonra çaplama operasyonu uygulanan, önce çaplama sonra bilyalama uygulanan ve bilya çapı artırılarak önce çaplama sonra bilyalama yapılan burçların yüzey pürüzlülük ölçümleri ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, ISO 25178-600 standardına uygun ölçüm yapabilen Bruker Alicona isimli yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazında Şekil 2’de gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir. Parçalarda, belirli bir alan üzerindeki yüzey topografyasına göre ölçüm yaparak belirlenen alanda milyonlarca veriyi

bir araya getirip, ortalama olarak yüksekliğini hesaplayan bu cihazda yüzey pürüzlülük değerleri standartlara uygun olarak ölçülmüştür.



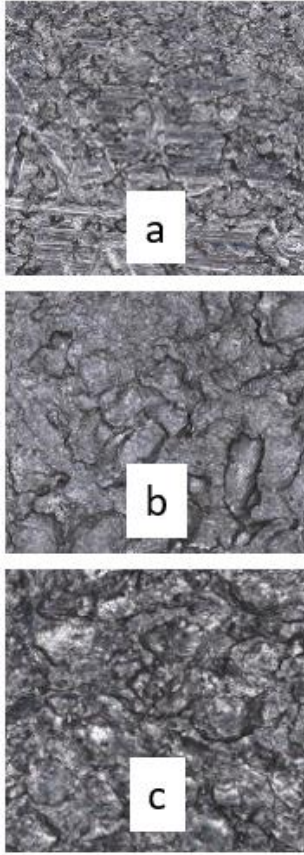
Şekil 3. İşlem Uygulanan Burçların Yüzey Pürüzlülük Ölçümleri

Yüzey pürüzlülük ölçümü gerçekleştirilirken, seçilen belirli bir alan (yaklaşık olarak 50mmx50mm) üzerinde toplamda 15 milyona yaklaşan bir veri ile ortalama yükseklik değerleri (S_a) ölçülmüştür. Belirtilen alan üzerinde yapılan ölçümler dikkate alındığında mikrometre cinsinden yüzey pürüzlülükleri Çizelge 1’de gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Çizelge 1. Yapılan İşlemler Sonrası Yüzey Pürüzlülük Değerleri

Operasyonlar	Yüzey Pürüzlülüğü ($S_a-\mu\text{m}$)	Standart Sapma
Bilyalama + Çaplama	7.858	9.968
Çaplama + Bilyalama S110 ($\emptyset 0.30-\emptyset 0.60\text{mm}$)	11.522	14.444
Çaplama + Bilyalama S230 ($\emptyset 0.60-\emptyset 0.90\text{mm}$)	13.609	16.975

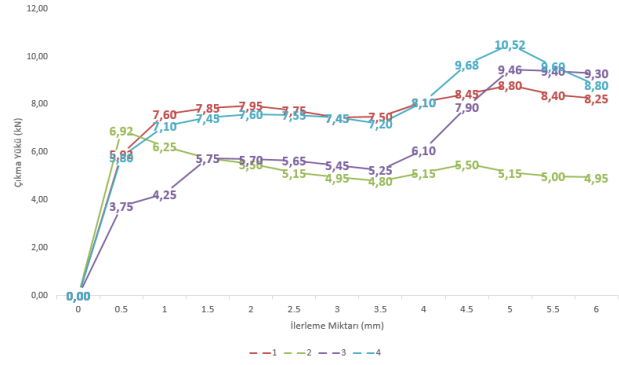
Ayrıca yüzey pürüzlülüğü ölçülen cihazın seçilen alanın topografik görüntülerini verme özelliği de kullanılarak görüntüler alınmıştır. Bilyalama ve çaplama, çaplama ve bilyalama (S110), çaplama ve bilyalama (S230) şeklinde uygulanan işlemler sonrası alınan görüntüler sırasıyla Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Yüzeylerin Topografik Görüntüleri

Alınan görüntüler incelendiğinde yüzeylerde oluşan girinti ve çıkıntıların a ile gösterilen şekilden c ile gösterilen şekle doğru daha derinleştiği ve birim alanda daha yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Bu görüntüler de a ile gösterilen şekilden c ile gösterilen şekle doğru gidildikçe yüzey pürüzlülüğünün arttığını desteklemektedir. Ayrıca yüzeyler üzerinde yapılan sertlik değeri ölçümleri sonrasında bilya büyüklüğü artışı sonrası; yani $\varnothing 0.30$ - $\varnothing 0.60$ çaplarında olan S110 bilyalar sonrası sertlik 60HB civarlarında iken, $\varnothing 0.60$ - $\varnothing 0.90$ çaplarında olan S230 bilyalar kullanıldığında sertlik 65HB değerlerine çıkmıştır. Yaklaşık %8 oranında sertlik artışı da saptanmıştır.

Yüzey pürüzlülük ölçümleri sonrasında burçların salıncaklara montajları gerçekleştirilmiştir. Öncelikle bilyalama sonrasında çaplama yapılan ve önce çaplama sonrasında bilyalama yapılan burçlara ait çıkma yükü grafikleri Şekil 5'te sırasıyla gösterilmiştir.



Şekil 5. Bilyalama + Çaplama ve Çaplama + Bilyalama Operasyonları Sonrası Çıkma Yükü Grafikleri

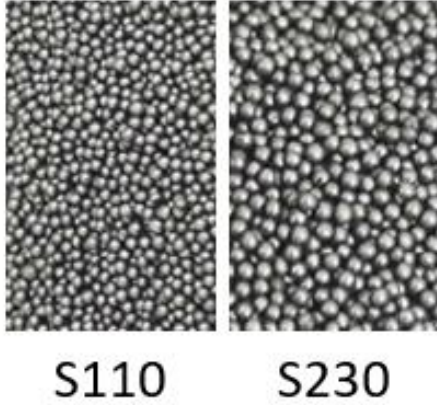
Bu sonuçlar incelendiğinde çıkma testi esnasında benzer yükler elde edilmiş olup, sonuçlar Çizelge 2'de detaylı şekilde gösterilmiştir. Çizelgede verilen çıkma yükleri, her bir parça için grafiğin en yüksek noktasına sahip olan değerlerdir.

Çizelge 2. Bilyalama + Çaplama ve Çaplama + Bilyalama Operasyonları Sonrası Çıkma Yükü Değerleri

Operasyonlar	Numara	Burç Çapı	Salıncak Çapı	Çıkma Yüklü	Ortalama Çıkma Yüklü	Standart Sapma
Bilyalama + Çaplama	1-Turuncu	$\varnothing 56.1$ 0- $\varnothing 56.0$	$\varnothing 55.7$ 5- $\varnothing 55.8$ 5	8.80 kN	7.86 kN	1.329 kN
	2-Gri	$\varnothing 56.0$ 0- $\varnothing 56.0$	$\varnothing 55.7$ 5- $\varnothing 55.8$ 5	6.92 kN		
Çaplama + Bilyalama	3-Sarı	$\varnothing 56.1$ 0- $\varnothing 56.3$ 0	$\varnothing 55.7$ 5- $\varnothing 55.8$ 5	9.46 kN	9.99 kN	0.749 kN
	4-Mavi	$\varnothing 56.1$ 0- $\varnothing 56.3$ 0	$\varnothing 55.7$ 5- $\varnothing 55.8$ 5	10.52 kN		

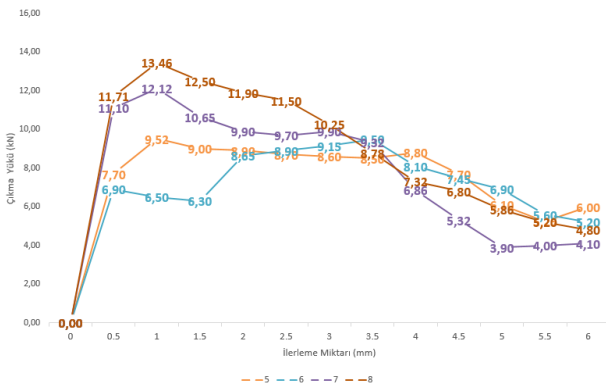
Test sonuçları incelendiğinde çaplama + bilyalama operasyonunun çıkma yüklerini daha yüksek değerlere taşımaya sonrasında uygun operasyon olarak çaplama + bilyalama operasyonu seçilmiştir. Ancak bilyalama operasyonunda kullanılan bilyaların farklı çaplarda olmasının hem yüzey pürüzlülüğüne hem de çıkma yüklerine etkisini incelemek adına çaplama operasyonu sonrası farklı bilya çaplarında bilyalar seçilerek bilyalama

operasyonu gerçekleştirilmiştir. Bilyalama işlemi S110 ve S230 olarak adlandırılan ve standart olarak metal hammaddeli olup çapları belirli değerler arasında değişkenlik gösteren bilyalar kullanılarak yapılmıştır. S110 kodlu bilyaların çapları 0.30mm ile 0.60mm arasında değişirken, S230 kodlu bilyaların çapları ise 0.60mm ile 0.90mm arasında değişmektedir. Bilyalama işleminde kullanılan metal bilyalara ait görseller Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Farklı Çaptaki Bilya Görselleri

Yapılan bilyalama operasyonu sonrasında montajı gerçekleştirilen burçların çıkma değerleri kaydedilmiştir. S110 (Ø0.30mm-Ø0.60mm) ve S230 (Ø0.60mm-Ø0.90mm) çaplarındaki bilyalar ile gerçekleştirilen bilyalama operasyonu sonrasında parçaların çıkma yükü grafikleri Şekil 7'de gösterildiği şekliyle elde edilmiştir.



Şekil 7. Farklı Çaplarda Bilya Kullanılarak Elde Edilen Çıkma Yükü Grafikleri

Farklı çaplarda bilyalar kullanılarak yapılan bilyalama işlemi sonrasında elde edilen çıkma yükleri Çizelge 3'te detaylı şekliyle gösterilmiştir. Yine bu çizelgedeki değerler, grafiklerin en üst noktalarına sahip olan değerlerdir.

Çizelge 3. Çaplama + S110 ve S230 Bilyalar ile Gerçekleştirilen Bilyalama Operasyonları Sonrası Çıkma Yükleri

Operasyonl ar	Numar a	Burç Çapı	Salınc ak Çapı	Çıkm a Yükle ri	Ortala ma Çıkma Yükle ri	Standart Sapma
Çaplama+ Bilyalama S110 (Ø0.30-Ø0.60mm)	5-Yeşil	Ø56.10-Ø56.30	Ø55.75-Ø55.85	9.52 kN	9.51 kN	0.001 kN
	6-Mavi	Ø56.10-Ø56.30	Ø55.75-Ø55.85	9.50 kN		
Çaplama+ Bilyalama S230 (Ø0.60-Ø0.90mm)	7-Sarı	Ø56.10-Ø56.30	Ø55.75-Ø55.85	12.12 kN	12.79 kN	0.947 kN
	8-Koyu Yeşil	Ø56.10-Ø56.30	Ø55.75-Ø55.85	13.46 kN		

4. Tartışma ve Sonuç

Gerçekleştirilen çalışma sonrasında alüminyum dış kafese sahip olan burçlarda yapılan fiziksel işlemlerin ardından burçların çıkma yüküne olan etkileri gözlemlenmiştir. Yapılan bu işlemlerin sıralaması, burçlarda meydana gelen sürtünme kuvvetlerini etkilediği için çıkma yüklerinde de farklı etkiler yaratmıştır.

Önce bilyalama sonra çaplama operasyonu gerçekleştirildiğinde, bilyalama sonrası oluşan pürüzlü yüzey çaplama sonrası pürüzlülüğünü bir miktar kaybetmektedir. Ancak bilyalama operasyonu çaplamadan sonra yapılır ise çaplama sonrası yüzeyde azalan pürüzlülük, bilyalama ile %45 oranlarında artış göstermektedir. Bu durumun sonucu olarak burç çıkma yükleri de %27 oranında artış göstermiştir. Bu sebeple uygun çıkma yükü değeri elde edebilmek için önce çaplama daha sonra bilyalama işlemi gerçekleştirilmelidir

Çalışmada gerçekleştirilen çaplama ve bilyalama operasyonlarına ek olarak, bilyalama işleminde sadece bilya çapını değiştirerek yapılan çalışmalarda, bilya çapında artış olduğunda yüzeyde meydana gelen girinti ve çıkıntılarının daha derin

oluşması ve yüzey pürüzlülüğünün %18 seviyelerinde artış göstermesi sayesinde çıkma yükleri de bununla paralel olarak %34 oranında artış kaydetmiştir.

Teşekkür

Çalışmanın parça temini, ölçümleri, montaj aşamaları ve çıkma yükü değerlerinin elde edilmesi Orjin Automotive katkılarıyla gerçekleştirilmiştir.

5. Kaynaklar

Akgünoğlu, A., & Erzincanlı, F., 2019. Salıncak Kolu Burçlarının Yüksek Çıkma Yükünü Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **7(1)**, 729–747.

Cho, K.T., Song, K., Oh, S.H., Lee, Y.K., Lim, K.M., Lee, W.B., 2012. Surface hardening of aluminum alloy by shot peening treatment with Zn based ball. *Materials Science and Engineering: A*, **543**, 44–49.

Dülek, E., Orman, Ş., Karataş, Ç., Sarıtaş, S., 2005. Bilyalı Dövme Parametrelerinin Ç1020 Çeliğinin Yorulma Dayanımına Etkisi ve Oluşan Kalıcı Gerilmenin Katman Kaldırma Yöntemi ile Araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **20(3)**, 289-295.

Efe, Y., Karademir, I., Husem, F., Maleki, E., Karimbaev, R., Amanov, A., Unal, O., 2020. Enhancement in microstructural and mechanical performance of AA7075 aluminum alloy via severe shot peening and ultrasonic nanocrystal surface modification. *Applied Surface Science*, **528(0)**, 146922.

Goodarzi, A., Khajepour, A., 2017. Vehicle Suspension System Technology and Design, Editor: Khajepour A., Waterloo, Kanada, 6-9.

Iswanto, P.T., Yaqin, R.I., Akhyar, Sadida, H.M., 2020. Influence of shot peening on surface properties and corrosion resistance of implant material AISI 316L. *Metabk*, **59(3)**, 309-312.

Nam, Y.S., Jeong, Y.I., Shin, B.C., Byun, J.H., 2015. Enhancing surface layer properties of an aircraft aluminum alloy by shot peening using response surface methodology. *Materials & Design*, **83**, 566–576.

Oguri, K., 2011. Fatigue life enhancement of aluminum alloy for aircraft by Fine Particle Shot Peening (FPSP). *Journal of Materials Processing Technology*, **211(8)**, 1395–1399.

Öncü, İ.C., Dova, A., 2018. Titreşim Sönümlenme Elemanı Olan Kauçuk Burçta Çaplama İşleminin Ömre Etkisinin Sonlu Elemanlar Analizi ve Deneysel Çalışma İle İncelenmesi. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, **6-2**, 11-18.

Žagar, S., Grum, J., 2013. Surface Modification Analysis after Shot Peening of AA 7075 in Different States. *Materials Science Forum*, **768–769**, 519–525.

Žagar, S., Markoli, B., Naglič, I., Šturm, R., 2021. The Influence of Age Hardening and Shot Peening on the Surface Properties of 7075 Aluminium Alloy. *Materials*, **14(9)**, 2220.

İnternet Kaynakları

1- <https://www.cedengineering.com>, (28.06.2021)