



Alüminyum Esaslı Taşıt Jantlarının TIG Kaynak Yöntemi ile Tamiri Sonrası Kaynak Bölgesinin Mekanik ve Mikroyapısal Özelliklerinin İncelenmesi

Investigating the Mechanical and Microstructural properties of Aluminium based Alloy Wheel Rims after TIG Welding Repair

Aziz Barış Başyigit*

*Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, 71450, Kırıkkale, TÜRKİYE

Başvuru/Received: 07/02/2020

Kabul / Accepted: 23/03/2020

Çevrimiçi Basım / Published Online: 19/04/2020

Son Versiyon/Final Version: 30/06/2020

Öz

Dünyada olduğu üzere, Ülkemizde de motorlu taşıt sayısı her geçen gün artmaktadır. Binek taşıtlar başına en az 4 adet tekerleğin kullanılması gerçeğinden hareketle istatistiksel olarak yaşanan trafik kazalarındaki artışlar araçların çeşitli aksamalarında yüksek bir maliyetle zarar görmesine neden olmaktadır. Ayrıca mevcut yol koşulları da göz önüne alındığında kazalar taşıtların tekerlekleri başta olmak üzere lastiklerin zarar görmesinin yanı sıra jantların da eğilmelerine çatlamlarına ve hatta kırılmalarına yol açmaktadır. Göze hoş görünmelerinin yanında mekanik dayanım değerlerinin ağırlıklarına göre tatminkar sonuçlar sunduğu Alüminyum esaslı alaşımlardan üretilen jantlar mevcut yol koşullarında bahse konu nedenlerle deformasyona uğramakta ve oto lastik tamircileri tarafından doğrultma işlemine tabi tutulmakta ve hatta bazen kaynak edilmektedir. Alüminyum esaslı motorlu taşıt jantlarının ilk satın alış maliyetinin yüksek olması nedeniyle tamir edilebilmektedirler. Bu sebeple, kaynaklı tamir sonrası kaynak bölgelerinin mukavemet yeterliliklerini karşılama durumları bu proje ile sorgulanabilir ve değerlendirilebilir hale geleceği hedeflenmiştir. Bu amaçla; alüminyum esaslı taşıt jantlarının TIG kaynak işlemi sonrası kaynak bölgesinin mekanik ve mikroyapısal özellikleri incelenmiştir. TIG kaynak işlemi sonrasında ana malzeme ile kaynak metalinin yakın karakterde alüminyum silisyum esaslı çökeltiler içeren mikroyapılara sahip olduğu ve mikrovickers sertlik tarama sonuçlarının bölgesel olarak yaklaşık yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Alüminyum alaşımlı jantların muhtemel deformasyonları sonrasında TIG kaynak yöntemi ile tamir edilebileceği anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler

“Motorlu Taşıtlarda Jant Malzemeleri, Alüminyum Esaslı Alaşımların TIG Kaynağı, Metallerin Deformasyonu.”

Abstract

The quantity of motor vehicles is increasing in our country as also seen in the world. From the fact that usage of minimum 4 wheels per a motor vehicle, increasing traffic accidents results by deformation of vehicles parts especially wheels in economic considerations. As nowadays road conditions taken into account, the accidents damage especially tires, wheels and deform the rims and even can break them. The rims that produced from aluminium based alloys that presents a nice view and also maintains satisfactory mechanical values versus their weights are deformed by customary road conditions are being unbended and even welded by automobile wheel repairers. Because of the aluminium based alloy made motor vehicles wheel rims are too expensive to buy, they may be repaired. Hence; the aim of this research will be helpfull in determining and questioning whether qualification of their strength properties is adequate or not after the rims have been repaired by welding. For this purpose in this study; mechanical and microstructural properties of weld metal of motor vehicles Aluminium based alloy wheel rims were investigated after TIG welding. The microstructures of base and weld metals are determined to be in close structure mainly as aluminium based silicon precipitates and microvickers hardness test results are also in near values between each other regionally. Aluminium bases alloy wheel rims can be repaired by TIG welding after deformation of them.

Key Words

“Wheel materials in Motor Vehicles, TIG welding of Aluminium based alloys, Deformation of metals”

1. Giriş

Motorlu taşıtlar, çağımızda ulaşım araçları olarak önemlerini korumaktadırlar. Ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayısı, Türkiye İstatistik Kurumu rakamlarına göre; 2017 yılı Aralık ayı sonu itibarıyla 22.218.945 adet olarak gerçekleşmiştir. Bununla birlikte 2017 yılında Ocak-Aralık ayları arasında trafiğe kaydı yapılan motorlu taşıt sayısı 1.128.521 adet olarak kayıtlara geçmiştir. Aralık ayı sonu itibarıyla trafiğe kayıtlı toplam 22 milyon 218 bin 945 adet taşıtın %54,1'ini otomobil, %16,4'ünü kamyonet, %14'ünü motosiklet, %8,3'ünü traktör, %3,8'ini kamyon, %2,2'sini minibüs, %1'ini otobüs, %0,2'sini ise özel amaçlı taşıtlar oluşturmuştur. Görüleceği üzere; sadece binek tür otomobil olarak ifade edilen araçlar toplam miktarın %54.1 civarında kısmını teşkil etmektedir (www.tuik.gov.tr, 2020).

Sadece binek türde otomobillerin yarısının satış firmaları tarafından alüminyum alaşımlı jant içeren üst donanımlı modellerden satıldığı göz önüne alınırsa yaklaşık olarak toplam satış rakamının %27' si civarında 2017 yılı içerisinde alüminyum esaslı jantların piyasaya girdiği düşünülmektedir.

Bunun yanında ülkemizdeki mevcut kayıtlı toplam araç sayısı ve bir araçta 4 adet tekerlek olduğu dikkate alındığında toplam alüminyum esaslı jant sayısının 24.000.000 olduğu bu yaklaşımla tahmin edilmektedir. Bu miktarlarda kullanılan ve ayrıca otomobillere sonradan da görsellik ve estetik amaçlarıyla takılabilen alüminyum esaslı jantların yaz ve kış dönemlerinde çeşitli zorlu ve olumsuz yol şartlarında kullanılması sonucunda alınan şiddetli darbeler çukurlar tümsekler gibi muhtelif nedenlerle jantlar zarar görmekte, deformasyona uğrayabilmekte ve hatta çatlayıp kırılabilmektedirler (newagain.co.uk, 2020).

Teknik emniyet koşulları da dikkate alındığında çeşitli nedenlerle zarar görmüş taşıt jantlarının tamirine veya hurdaya ayrılmasına karar vermek önem taşımaktadır. Bu durumlarda karar verecek olan kişilerin bu alanda uzmanlaşmış Kaynak Mühendisi, Metalurji ve Malzeme mühendisi, Makine mühendisi veya Sertifikalı Kaynak Uzman Personeli olması önem arz etmektedir.

Otomotiv endüstrisinde birleştirme amaçlı kullanılan kaynak yöntemleri arasında TIG (Tungsten Asal Gaz Kaynağı) kaynak yöntemi de yer almaktadır. Bilhassa yüksek alaşımlı çelikler, paslanmaz çelik grupları ve alüminyum malzemelerden üretilmiş parçaların birleştirilmesi işleminde TIG kaynağı çoğunlukla kullanılabilir (Omar, 2011; Srivastava ve Sharma, 2017; Larsson, 2003).

Ancak kaynak ile tamir işlemi sonrasında kaynak bölgesinin işlem görmemiş ana malzemedeki istenilen teknolojik özellikleri karşılama durumu teyit edilmelidir. Bu amaçla kaynak bölgesinin mekanik mikroyapısal özelliklerinin incelenmesinin yanısıra tahribatsız muayene teknikleri ile kontrol edilmesi teknik emniyet açısından önem taşımaktadır. Araştırmacılar; taşıt jantlarının üretimleri sonrası kontrol edilmeleri amacıyla doğrudan jantların üzerlerinde tahribatlı ve tahribatsız birçok test uygulamışlar ve muhtemel kusurların öngörülmesi ile ilgili önemli bilgiler elde etmişlerdir (Sharma ve diğerleri, 2013).

Ayrıca araştırmacılar; taşıt jantlarının genel olarak tercih edilen malzemesi olan A356 alüminyum alaşımı için çeşitli mekanik dayanım özellikleri üzerinde deneysel ve yazılımsal çalışmalar yapmışlardır (Tajiri ve diğerleri, 2015; Tunçay, 2016; K.h. Borase, E.R. Deore, 2016; S.R. Gondhali, M.M. Banubakode, A.K. Biradar, 2017; Y. Lin ve diğerleri, 2015; P. Ramamurty ve diğerleri, 2011; A.Şık ve diğerleri, 2015). Araştırmacılar; jantların üretimleri sonrasında da; yorulma, darbe, çekme, sertlik taraması şeklinde testlerin uygulandığını ifade etmişlerdir (Akdoğan ve diğerleri, 2014). L. Wang ve diğerleri; alüminyum esaslı A356 kodlu (Al-Si-Mg) alüminyum alaşımından mamul jantların yorulma dayanımını incelemişler bu testin jantların kullanımı konusunda güvenilir bilgiler verdiğini ifade etmişlerdir (L.Wang ve arkadaşları, 2009).

Bu çalışmada; bir alüminyum alaşımlı yerli üretim jant malzemesi original yapısı bozulmadan kaynaklı birleştirme amaçlı şerit testere tezgahında su soğutmalı olarak kesilmiştir. Alüminyum esaslı alaşımlarda çoğunlukla tercih edilen TIG Kaynağı yöntemi birleştirme tekniği olarak seçilmiş kaynaklı birleştirme öncesi hazırlanan kesilen kaynak geometrisi hazırlığı yapılan deneysel numuneler hazırlanmıştır.

Birleştirme (kaynak) işlemi sonrasında bağlantının mekanik özellikleri; enine sertlik taramaları (mikro-vickers sertlik ölçümü) işlem görmemiş ana malzeme ile kıyaslanmış, kaynak bölgesi ile işlem görmemiş ana malzemenin mikroyapısal değişimleri incelenmiştir. Kaynaklı parçaların ve işlem görmemiş ana malzemenin yorulma dayanımları müteakip araştırmada gözden geçirilecektir.

Kaynak işlemlerinde muhtemel rastlanılabilecek uygunsuzlukların çözümü neticesinde hasar görebilecek alüminyum esaslı taşıt jantlarının emniyetli bir şekilde tamiri ile milli ekonomiye katkı sağlanabileceği durumu irdelenmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

2.1. Deneysel Malzemeler

Çalışmada kullanılan deneysel malzeme yerli üretim bir otomobilden çıkarılmış yaklaşık 90.000 km kullanılmış 13 inch çapında orijinal yerli üretim alüminyum alaşımlı otomobil jantıdır. Jantın resimleri Şekil 1’ de gösterilmektedir.



Şekil 1. Orijinal 13 inch yerli üretim otomobil jantı

Orijinal jant şerit testere tezgâhında su soğutma sıvısı ile soğutulmuş önce 4 eşit parçaya bölünmüştür. Jantın şerit testerede kesilmesi Şekil 2 ‘de verilmektedir.



Şekil 2. Jantın şerit testerede kesilmesi

Jantın kesilmiş hali Şekil 3’ de görülmektedir. Buna göre önce 4 eşit parçaya kesilmiş ardından kaynaklı birleştirme numuneleri için tekrar kesilmiş ve hazırlanmıştır.



Şekil 3. Kesilmiş Jant

Orijinal jant üzerinden alınan test numunesinden AMETEK Spectromax Argon spektrometresi ile spektral analiz testi sonrası kimyasal bileşim sonuçları Tablo 1’ de verilmektedir.

Tablo 1. Jantın kimyasal bileşimi

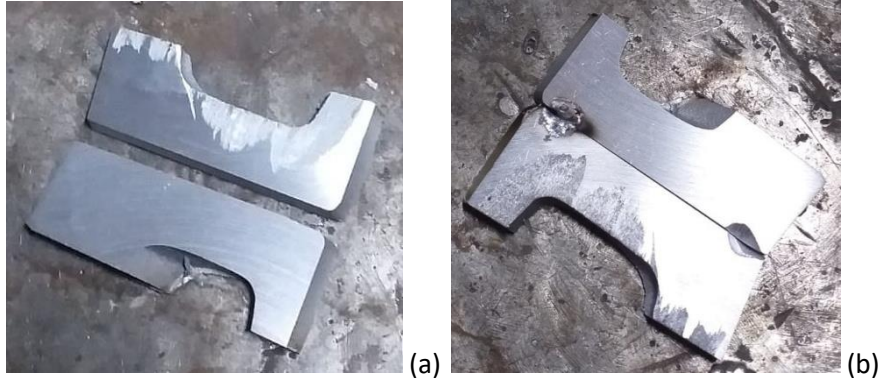
Malzeme	Analiz	Cu	Si	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Sn	Ti	Fe	Al	Diğerleri
Orijinal Jant	1	0.0049	7.0686	0.0073	0.2546	0.0015	0.0021	0.0376	0.0010	0.1156	0.1819	92.04	0.2849
	2	0.0019	7.0428	0.0049	0.1987	0.0013	0.0015	0.0166	0.0010	0.1230	0.1193	92.20	0.2890
A356 Alaşımı	ASTM ISO	<0.20	6.5-7.5	<0.10	0.25-0.45	---	---	<0.10	---	<0.20	<0.20	91.3-93.2	---

Spektral analiz sonuçlarına göre orijinal jantın kimyasal bileşimi ASTM A356 (ISO AISi7Mg) alüminyum alaşımına karşılık gelmektedir (TS EN 1706, 2010).

2.2. Deneysel Malzemelerin Birleştirilmeye Hazır Hale Getirilmesi

Jantın dekoratif amaçlı karmaşık geometrik ölçülere sahip olması nedeniyle Şekil 4-(a)’da görüleceği üzere deneysel numuneler 6x66x46 mm boyutlarında plaka halinde kesilip hazırlanmıştır. Kesim işleminde parçaların ısınmaması amacıyla soğutma sıvısı olarak bor yağı kullanılmıştır. Ardından parçalar alkol ve ardından saf su ile temizlenerek kurutulmuşlardır.

Plakalar Şekil 4-(b)’ de görüldüğü gibi parçalar arası 1 mm açıklık bırakılarak 30 derece ağız açıları ile kaynak ön hazırlık işlemi yapılmıştır. TIG kaynağı için plakalar alın altına getirilerek uç kısımlarından TIG Kaynağı ile sabitlenmişlerdir.



Şekil 4. (a) Kaynak edilecek numuneler (b) numunelerin kaynak ile uçlardan sabitleme işlemi sonrası görünüşleri
Plakaları birleştirmek için TIG (Tungsten Inert Gas-Tungsten Asal Gaz) kaynak yöntemi seçilmiştir.

2.3. TIG Kaynak Yönteminin Uygulanması

Hazırlanan plakalar, TIG kaynağı yöntemi ile Şekil 5' de olduğu gibi birleştirilmiştir.



Şekil 5. A356 Plakalara TIG Kaynağı yöntemi uygulaması

Uygulanan TIG Kaynak parametreleri Tablo 2' de verilmektedir. Kaynaklı parçalara tam nüfuziyet elde edilinceye kadar tecrübe edilerek denemeler yapılmıştır.

Tablo 2. TIG Kaynak parametreleri

Koruyucu Gaz Türü	Gaz Debisi (litre/dakika)	Tungsten Elektrot	Kaynak İlerleme Hızı (mm/sn)		Kaynak Akımı AC (Amper)		Kaynak Gerilimi (Volt)	
			Kök Paso	İkinci Paso	Kök Paso	İkinci Paso	Kök Paso	İkinci Paso
Saf argon	8	%2Th içeren tungsten elektrot	2	1.8	80A	110A	12V	13V
%100 Ar								

Çalışmada A356 plakaları birleştirmede 1.6 mm çapında DIN EN ISO 18273 Standardına göre; S AlSi7Mg Alüminyum kaynak ilave telleri kullanılmıştır (DIN EN ISO 18273, 2016).

Kaynak ilave telinin üretici standart kimyasal bileşimi Tablo 3’de verilmektedir.

Tablo 3. TIG kaynak ilave teli kimyasal bileşimi

İlave Tel	Element (%ağırlık)								
	Fe	Mg	Zn	Cu	Si	Mn	Ti	Be	Diğerleri
S-AISI7 Mg	0,20<	0.5-0.8	0,1<	0,05<	6.5-7.5	0.1<	0.2<	0,0003<	0.15

Tüm kaynak işlemlerinde kök ve kapak pasolarında toplam iki paso halinde olacak şekilde %99,999 saflıkta Argon gazı koruyucu gaz olarak kullanılmıştır.

Tablo 2’ de verilen kaynak parametrelerine göre birleştirilen örnek numunelerin ön ve arka görünüşleri Şekil 6’ da verilmektedir.



Şekil 6. Birleştirilen numuneler; (a) 1. Paso (b) 2. (son) paso

2.4. Mikroyapısal İncelemeler

Mikro-yapısal incelemeler için kaynaklı parçalar kesme tezgahında kesilerek bakalite alma (kalıplama) tezgahında kalıplanmışlardır.

Numuneler, zımparalama tezgahında sırasıyla 240, 320, 400, 600, 800 numaralı zımparalama kağıtları ile zımparalanarak parlatma tezgahında 6 µm pasta ile parlatılmışlardır.

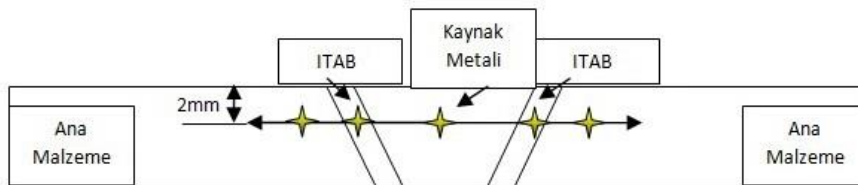
Parlatılmış numuneler mikroyapısal incelemelerde kullanılmak üzere faz ayrımı için %25 NaOH içeren saf su çözeltisinde 10 saniye süre ile daldırılarak dağlanmıştır.

Mikroyapısal incelemelerde; Nikon marka Eclipse MA100 model metalurji mikroskopunda Clemex lisanslı yazılım desteği ile 100X ve 500X büyütme kapasitesi altında uygulanmış; ana malzeme, ısının tesiri altındaki bölge (ITAB) ve kaynak metali olmak üzere 3 bölgeden incelemeler yapılmıştır.

2.5. Sertlik Taramaları

Ana malzeme ile birlikte kaynaklı bağlantıların kaynak metali ve ısının tesiri altındaki bölgelerde mikro-vickers sertlik taramaları yapılmıştır. Her bölgeden (ana malzeme, ITAB, kaynak metali) 3 adet bağımsız ve yüzeyden 2 mm derinden Şekil 7’ de şematik olarak görüleceği üzere tek hat üzerinden sertlik ölçümü alınmıştır.

Sertlik ölçümlerinde 100 g hücresel yük kullanılmıştır (EN ISO 9015-2, 2016).



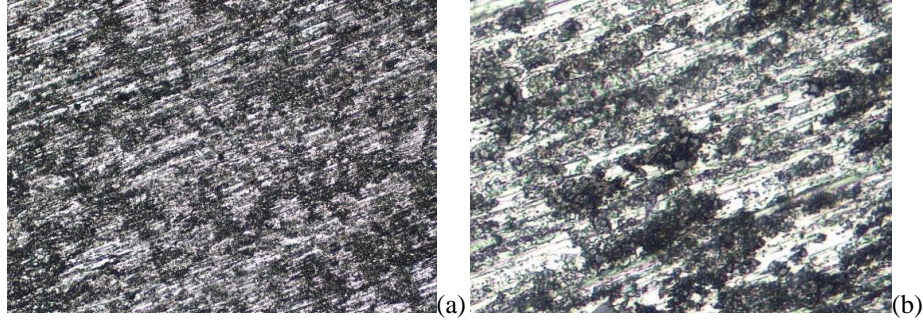
Şekil 7. Kaynaklı numunelerden sertlik ölçüm planı şematik görünümü

Sertlik ölçümünde; 22°C laboratuvar sıcaklığında Emcotest Durascan 20 Model HV10g-10kg yük kapasiteli mikro sertlik ölçüm tezgahı kullanılmıştır.

3. Deneysel Bulgular ve Tartışma

3.1. A356 Alaşımı Jant Ana Malzemesinin Mikroyapıları

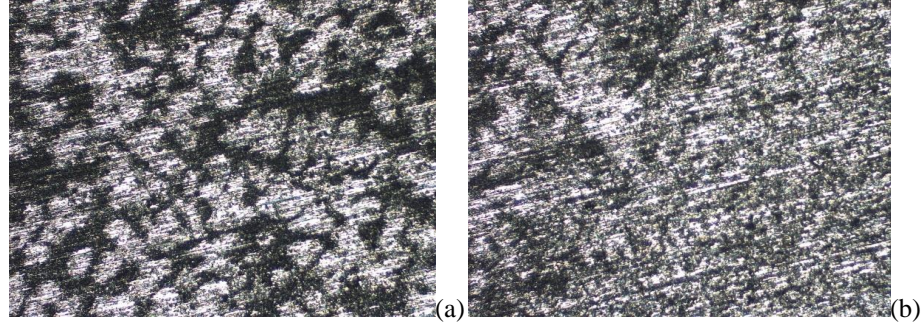
A356 alüminyum alaşımı orijinal jantın ana malzeme (işlem görmemiş haldeki) mikro-yapısı Şekil 8’ de görülmektedir. Açık renkli faz Al yoğun matristeki mikro-fazlar, koyu fazlar ise silisyum-alüminyum çökeltilerini ifade etmektedir.



Şekil 8. A356 Alüminyum alaşımının (jantın) mikroyapısı (a)100X, (b) 500X

3.2. Kaynaklı Parçaların Mikroyapıları

Kaynaklı birleştirme sonrası kaynaklı numunelerden alınan mikro-yapı test parçasının kaynak metali ve ısının tesiri altındaki bölge (ITAB) görüntüleri Şekil 9’ da görülmektedir.

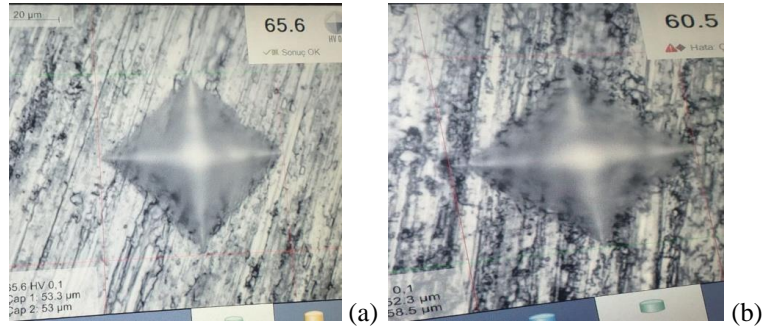


Şekil 9. Kaynaklı parçanın mikro yapı görüntüleri (a) kaynak metali (b) ITAB

Şekil 9’ da görüleceği üzere; alüminyum yoğun açık renkli kontrast kaynak metalinde bir miktar küreselleşmiş ve ITAB’ da ise küresellikten uzaklaşmış daha düzensiz bir yapı sergilemiştir. Mikro-yapılar literatürle uyum halindedir (Voort, 2004).

3.3. Ana Malzeme ve Kaynaklı Parçaların Sertlik Taramaları

Mikro-vickers örnek sertlik ölçüm ekran sonuçları Şekil 10’ da görülmektedir.



Şekil 10. Mikro-vickers sertlik ölçüm ekran görüntüleri (a) ITAB (b) kaynak metali

Mikro-vickers sertlik ölçüm tarama sonuçları Tablo 4’ de verilmektedir.

Tablo 4. Mikro-vikers sertlik ölçüm sonuçları

Ölçüm Bölgesi	Mikro-vikers sertlik ölçüm değeri (HV 0.1)			
	Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Aritmetik Ortalama
Ana Malzeme	60	60	59	59.66
Isının Tesiri altındaki Bölge (ITAB)	65	66	65	65.33
Kaynak Metali	60	61	61	60.66

Isının tesiri altındaki bölge ortalama olarak 65 HV sertlik değeri sergilemiştir. Ana malzeme ile yakın değerler sergileyen kaynak metali ve ITAB bölgesi kaynaklı birleştirme işlemi sonrası yakın seviyelerde mekanik dayanım değerleri ortaya koymuştur.

4. Sonuçlar

Deneysel çalışmada A356 alüminyum alaşımından imal edilmiş otomobil jantı TIG kaynak yöntemi ile iki pasoda birleştirilmiş ve kaynak metali ile ısının tesiri altındaki bölge mikroyapıları ana malzeme (işlem görmemiş durum) mikroyapıları ile kıyaslanmış ancak özellik değişimlerini önemli ölçüde değişikliğe uğratabilecek bir mikroyapı farklılığı tespit edilmemiştir. Kaynaklı bağlantıda sadece ısının tesiri altındaki bölgelerde, işlem görmemiş ana malzemeye kıyasla bir miktar düzensiz mikroyapı profili mikroyapı resimlerinde gözlenmiştir.

Ana malzeme ile kaynaklı bağlantıların sertlik taramaları incelendiğinde ana malzeme ile kaynaklı bağlantının mikro-vikers sertlik ölçüm sonuçları birbirine yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan mikro-yapısal incelemeler ve mekanik sertlik dayanım değerleri incelendiğinde; otomobil jantlarının kullanımları sırasında karşılaşılan muhtemel deformasyonları, uzman ve sertifikalı profesyonel kaynakçılar ile tamir edilebilmekte ancak yoğun zarar görmüş deforme olmuş kırılmış durumdaki jantların tamiri yerine yenilerinin alınmasının daha güvenli olacağı dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmanın devamında alüminyum alaşım otomobil jantlarının kullanılmamış ana malzeme halleri ile belirli bir süre ve/veya kilometre kullanımları sonrasında yorulma dayanımları arasındaki ilişki irdelenecektir.

Teşekkür

Yazar; Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne deneysel çalışmalarda finansal desteği için teşekkür eder. (BAP Proje Kodu: 2018/025).

Referanslar

Ashok K. Srivastava, and Ashutosh Sharma. (2017). "Advances in Joining and Welding Technologies for Automotive and Electronic Applications." American Journal of Materials Engineering and Technology, vol. 5, No; 1 7-13. doi: 10.12691/materials-5-1-2

A. Şık, M. Önder, M. S. Korkmaz, (2015). Taşıt jantlarının yapısal analiz ile yorulma dayanımının belirlenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C, Tasarım ve Teknoloji, 3(3), 565-574.

A. Tajiri, Y. Uematsu, T. Kakiuchi, Y. Suzuki. (2015). Fatigue crack paths and properties in A356-T6 aluminum alloy microstructurally modified by friction stir processing under different conditions, Frattura ed Integrità Strutturale, 34, 347-354; doi: 10.3221/IGF-ESIS.34.38

EN ISO 9015-2, (2016). Metalik malzeme kaynaklarında tahribatlı deneyler-Sertlik deneyi-Kısım 2: Kaynaklı birleştirmelerde mikro-sertlik deneyi,

George F, Vander Voort; (2004). Metallography and Microstructures, ASM Metals Handbook Volume 9, ASM International,

<http://newagain.co.uk/contact-menu/alloy-wheel-refurbishment-00.htm> ; (erişim tarihi:06.02.2020).

<http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27640> (erişim tarihi:06.02.2020).

K. H. Borase, E.R. Deore, (2016). Fatigue failure analysis of rim, International Research Journal of Engineering and Technology, Vol. 03 Issue: 08, p.775-782.

- Larsson, J.K. (2003). Overview of joining technologies in the automotive industry, *Welding Research Abroad*. 49. 29-45.
- L. Wang, Y. Chen, C. Wang, Q. Wang; (2011). Fatigue Life Analysis of Aluminum Wheels by Simulation of Rotary Fatigue Test *Journal of Mechanical Engineering* 57-1, 31-39, doi:10.5545/sv-jme.2009.046.
- Mehmet Yener Akdoğan, Emre Esener, Süphan Ercan, Mehmet Fırat, 26 – 27 Mayıs (2014). Disk Tipi Bir Jantın Köşeleme Yorulma Davranışının Sonlu Elemanlar Analizi ile İncelenmesi, OTEKON'2014, 7. Otomotiv Teknolojileri Kongresi BURSA.
- Mohammed A. Omar; (2011). *The Automotive Body Manufacturing Systems and Processes*, Automotive Joining, Chapter3, p.117, John Wiley & Sons Ltd.
- P. Ramamurty, S. Rajesh, B. Satyanarayana, K. Ramji, (2011). Statistical Analysis of Fatigue life data of A356.2-T6 Aluminium alloy, *Tech Science Press, SDHM*, vol. 7, No.2, pp.139-152.
- S.L. Gondhali, M. M. Banubakode, A. K. Biradar, (2017). Structural simulation of car rim using finite element method, *International Research Journal of Engineering and Technology*, Vol. 4 Issue 7,
- Tansel TUNÇAY, (2016). A356 Alaşımında Cu Miktarının Mikroyapı ve Aşınma Davranışı Üzerine Etkisi, *Politeknik Dergisi*, 2016; 19 (4) : 585-592 *Journal of Polytechnic*. 19-(4), 585-592.
- T.Sharma, M. Shrivastava, P. Jayaswal, (2013). *International Journal of Automobile Engineering Research and Development*, Vol. 3 Issue 1.
- TS EN 1706, (2010). Alüminyum ve alüminyum alaşımları- Dökümler- Kimyasal bileşim ve mekanik özellikler.
- TS EN ISO 18273, (2016). Kaynak sarf malzemeleri - Alüminyum ve alüminyum alaşımlarının kaynağı için tel elektrotlar, teller ve çubuklar – Sınıflandırma,
- Y. Liu, W. Jie, Z. Gao, Y. Zheng, H. Luo, W. Song, (2015). Rotary bending fatigue behaviour of A356-T6 aluminium alloys by vacuum pressurizing casting, *Research and development*, Vol.12 No.5.