



5xxx Serisi Alüminyum Alaşımları için TIG Kaynak İşleminin Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi

Furkan Emin Buğan^{1*}, Tufan Altıparmak², Yasin Akgül³, Mevlüt Karaca⁴

¹ Tirsan Trailer Inc, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9951-8018), furkan.bugan@tirsan.com

² Tirsan Trailer Inc, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3292-004X), tufan.altiparmak@tirsan.com

³ Karabük Üniversite, Demir Çelik Enstütüsü, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5643-5968), yasinakgul@karabuk.edu.tr

⁴ Karabük Üniversite, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9644-3663), mmevlutkaraca@karabuk.edu.tr

(1st International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, May 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1111681)

ATIF/REFERENCE: Buğan, F. E., Altıparmak, T., Akgül, Y. & Karaca, M. (2022). 5xxx Serisi Alüminyum Alaşımları için TIG Kaynak İşleminin Mekanik Davranışlarına Olan Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (36), 101-105.

Öz

Basınçlı alüminyum silobaslar, kara yolu taşımacılığında Avrupa birliği standartlarının tanımladığı 2014/68/EC basınçlı kaplar yönetmeliğine tabidir. Silobasların üretimde 5xxx serisi alüminyum malzemeleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada basınçlı silobas tankerlerde kullanılan 5186 H111, 5083 H111 ve 5182 H111 serisi alüminyumlar, kendi aralarında veya birbirleriyle olacak şekilde TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelerden çekme testi yapılarak mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Kaynaklı numunelerin kaynak ve ısı tesiri altında kalan bölgelerinin (ITAB) mikro yapısı elektron mikroskobu ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, kaynaklı numunelerin kaynak bölgeleri radyografik (röntgen) muayene yöntemi ile incelenmiştir. Sonuçlara göre hem radyografik muayene hem de optik mikroskop görüntülemelerinde kaynak işleminden kaynaklı mikroyapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır. Ancak, kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre daha düşük çekme ve akma dayanımı gösterdiği tüm alüminyum bileşenleri için görülmüştür. Yine kaynaklı numunelerin kaynaklı olmayan numunelere göre yüzde uzamalarındaki düşüş oldukça belirgindir.

Anahtar Kelimeler: TIG kaynağı, 5xxx serisi, Alüminyum alaşımları, Çekme testi, Mikroyapı

Investigation of Effect of TIG Welding Process on Mechanical Behavior of 5xxx Series Aluminum Alloys

Abstract

Pressurized aluminum bulk trailers are subject to the 2014/68/EC pressure vessels regulation defined by European Union standards in road transport. 5xxx series aluminum materials are used in the production of silobases. In this study, 5186 H111, 5083 H111 and 5182 H111 series aluminum used in pressure bulk tankers were joined together or with each other by TIG welding method. Tensile test was performed on welded and unwelded samples and their mechanical properties were compared. The microstructure of the regions under the influence of welding and heat (ITAB) of the welded samples was evaluated by electron microscopy. In addition, the weld areas of the welded samples were examined by radiographic (x-ray) examination method. According to the results, no gaps, cracks or discontinuities were found in the microstructure resulting from the welding process in both radiographic examination and optical microscope imaging. However, it was observed for all aluminum components that welded samples showed lower tensile and yield strengths than unwelded samples. Again, the decrease in percent elongation of welded samples compared to unwelded samples is quite evident.

Keywords: TIG welding, 5xxx series, Aluminum Alloys, Tensile Test, Microstructure

1. Giriş

Silobas tankerler, granüllü ürün taşıyan kara araçlarıdır. Kara yollarında 0,5 bar'dan daha büyük basınçlarda ürün taşınması durumunda Avrupa birliğinin 2014/68/AB mevzuatında belirttiği koşullar göz önüne alınarak silobas tankerlerin tasarlanmak ve imal edilmektedir [1, p. 2015]. Standartta göre kaynak işlemi sonrasında akma dayanımı için 0,8 emniyet katsayısı kullanılarak alüminyum parçaların tasarımı yapılmaktadır.

Günümüzde çeliklerden sonra en fazla kullanılan malzemeler alüminyum ve alüminyum alaşımlarıdır. Mühendislerin ve tasarımcıların bu malzemeyi kullanmalarındaki en büyük etkenler hafif olmaları, elektriği ve ısıyı iyi iletmeleri, korozyon dirençleri ve mukavemet özelliklerinin artırılabilirliğidir. Özellikle son yıllarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla hafif ve ekonomik tasarımlar üzerinde çalışılmaktadır. Alüminyum alaşımları, çelik malzemelere göre ortalama üç kat daha hafiftir. Otomobillerde toplam ağırlığında %10'luk azalma %5-10 oranında yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Bu nedenle alüminyum alaşımları otomobiller, otobüsler, trenlerde havacılık ve deniz taşımacılığı gibi bir çok alanda tercih edilmektedir [2]. 5xxx serisi alüminyum alaşımları, endüstriyel ve deniz ortamında çok yüksek korozyon direncine, iyi şekillendirilebilirliğe ve diğer alüminyum alaşımlarından daha iyi bir kaynaklanabilirliğe sahiptirler bu nedenle otomotiv ve deniz yapısal uygulamalarında kullanılmaktadırlar [3].

Tungsten İner Gaz (TIG) kaynağı, tüketilmeyen bir tungsten elektrot ile metal arasında kurulan bir elektrik arkının ürettiği ısının birleşmesi ile çeşitli malzemelerin yüksek kalitede kaynağı için kullanılan bir kaynak işlemidir. İş parçasının ve dolgu çubuğunun bir kaynak oluşturmak için eritilmesi işlemi, duman ve gaz oluşumuna neden olur. Helyum ve argon, kimyasal olarak reaksiyona girmedikleri için koruyucu gazlar olarak kullanılır [4]. TIG, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan kaynak

yöntemlerinden biridir. TIG kaynağı özellikle, alüminyum, paslanmaz çelik ve alaşımlı çelik grupları için tercih edilmektedir [5]. Yarı otomatik TIG kaynak yöntemi MIG (gaz altı kaynak) kaynağında olduğu gibi kaynak dolgu malzemesini kaynak bölgesine kontrollü bir şekilde ileten bir tertibat vardır. Bu tertibat yardımıyla, kaynak teli verilen besleme hızına göre torcun ucuna ilerleyerek uç kısmında ergiyip ana malzeme ile karışıp kaynak işlemini tamamlar. Yine bu tertibat, tel halindeki ek kaynak metalini, ayarlanmış bir hız ile eğilip bükülebilir bir kılavuz içinde torcun uç kısmına dıştan takılmış bulunan bir meme ile ark bölgesine gönderir ve tel orada ergiyip esas metal ile karışıp kaynak metalini oluşturur. Doğru akımlı TIG kaynak yöntemi genellikle otomatik kaynak uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Maksimum ısı girdisi ile daha derin nüfuziyet elde edilir [6].

Silobas tankerlerin üretiminde alüminyum malzemelerin birleştirilmesinde kaynaklı birleştirme işlemi yapılmaktadır. Ancak, kaynak işlemi esnasında oluşan kaynak hataları boşluklar çatlaklar vb. etkenlerden dolayı çeliklerin mekanik özellikleri düşüş göstermektedir [7]. Bu çalışmada 2014/68/EU standartlarına uygun alüminyum silobasların imalatında kullanılan 3 farklı 5xxx serisi alüminyum sacların kaynaklı birleştirme sonrasındaki mekanik davranışları incelenmiştir. Mekanik özelliklerinin doğru yorumlanabilmesi için kaynak bölgesinin mikroyapı incelemesi ve röntgen muayene testi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Çalışmalar

Kaynak işleminde kullanılan 5083 H111, 5182 H111 ve 5186 H111 kalite alüminyum sacların ve kaynak telinin kimyasal kompozisyonları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Alüminyum ve kaynak telinin kimyasal bileşimi.

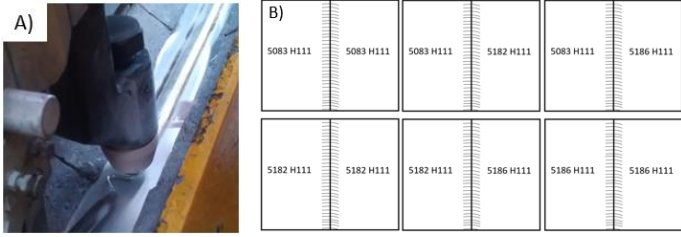
Elementlerin Miktarı (%)								
Malzeme	Si	Fe	Mn	Mg	Cu	Ti	Cr	Zn
5083 H111	0.114	0.311	0.516	4.722	0.056	0.011	0.069	0.114
5182 H111	0.066	0.189	0.223	4.899	0.082	0.002	0.021	0.011
5186 H111	0.15	0.19	0.35	4.7	0.06	0.02	0.01	0.01
5556A	0.05	0.12	0.67	5.16	0.10	0.07	0.07	0.001

Alüminyumlar, görsel Şekil 1(A)'da sunulan TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Uygulamada kullanılan kaynak parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Kaynaklı birleştirme için kullanılan ana malzeme ebatları 400x100x5 mm olarak hazırlanmış olup, hazırlan bu numuneler 400x200x5 mm ebatlarında olacak şekilde 5556A kaynak teli kullanılarak Şekil 1(B)'de gösterildiği üzere birleştirilmiştir. Kaynaklı numuneler için hadde yönüne 0°, kaynaklı numuneler için ise hadde yönüne 0° ve 90° yönlerinden numuneler hazırlanmıştır (Şekil 2).

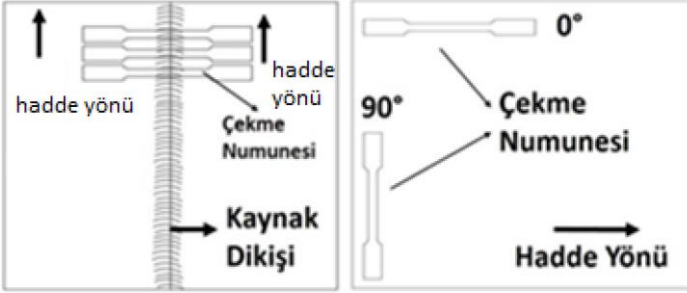
Parametre	Değer veya Malzeme
Kaynak tel malzemesi	5556A
Tel çapı (mm)	1
Akım (A)	192
Gaz hızı (lt/dk)	12
Kaynak hızı (m/dk)	3,8

Şekil 1. A) Oto-TIG kaynağı yapım aşamasında çekilen fotoğraf, B) Alüminyum malzemelerinin kaynağının şematik gösterimi.

Tablo 2. Kaynak işlemindeki parametreler



Şekil 2. Çekme numunelerinin hazırlanmasının şematik gösterimi [8].



Alüminyum plakalarına TIG kaynak yapıldıktan sonra, kaynak bölgelerindeki kaynak kusurlarının bulunma durumları BAKER HUGHES ERESKO MF4 marka X ray muayene yöntemiyle kontrol edilmiştir. Mikroyapısal özellikleri ise Nikon MA200 marka optik mikroskop kullanılarak incelenmiştir. Mikroyapı incelemelerinden önce zımparalama (120, 400, 600, 800, 1200, 2000 grit), parlatma (1 µm alümina süspansiyon) ve dağlama (Keller çözeltisi) metalografik işlemleri uygulanmıştır. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelere TS EN ISO 6892-1 standartlarında Zwick Roell Z-600 marka cihaz ile çekme testi uygulanmıştır. Her bir deney çekme testleri üç kez tekrarlanmış ve ortalaması hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Şekil 3’ de 5083 H111-5083 H111, 5083 H111-5182 H111, 5083 H111-5186 H111, 5182 H111-5182 H111 ve 5186 H111-5186 H111 numunelerinin kaynak bölgelerinin radyografik muayene sonuçları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi kaynak bölgesinde kaynak kusurları (katılaşma sırasında oluşan çatlak ve boşluklar) görülmemiş olup düzensizliğe rastlanmamıştır.

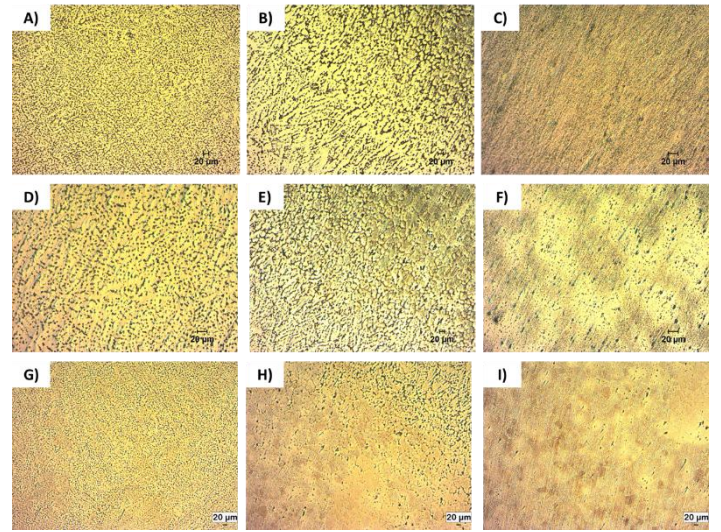
Şekil 3. 5083 H111-5083 H111, 5083 H111-5182 H111, 5083 H111-5186 H111, 5182 H111-5182 H111 ve 5186 H111-5186 H111 numuneleri için radyografik muayene görüntüleri



Şekil 4’te 5083 H111-5083 H111, 5182 H111-5182 H111 ve 5186 H111-5186 H111 kaynaklı numuneler için kaynak, geçiş ve ana malzeme bölgelerinin mikroyapı görüntüleri sunulmaktadır. Kaynak bölgesindeki siyah bölgelerin Mg₂Al₃ çökeltisi olduğu düşünülmektedir [9]. Tüm numuneler için kaynak bölgesinde ve

çevresinde boşluk veya çatlak gibi kusurlar gözlemlenmemiştir. Geçiş bölgesi mikroyapı görüntülerinde daha net gözükmeyle beraber, ana metal ile karşılaştırıldığında, TIG kaynaklarında kaynak bölgesinde ve ısı tesiri altında kalan bölgede tane büyümesi görülmüştür. Tane büyümesi, kaynak esnasında açığa çıkan yüksek sıcaklıktan kaynaklanmaktadır. Kaynak bölgesinde ortaya çıkan dendritik yapı, kaynak metalinin daha hızlı ısınması ve soğumasından kaynaklanmaktadır [3].

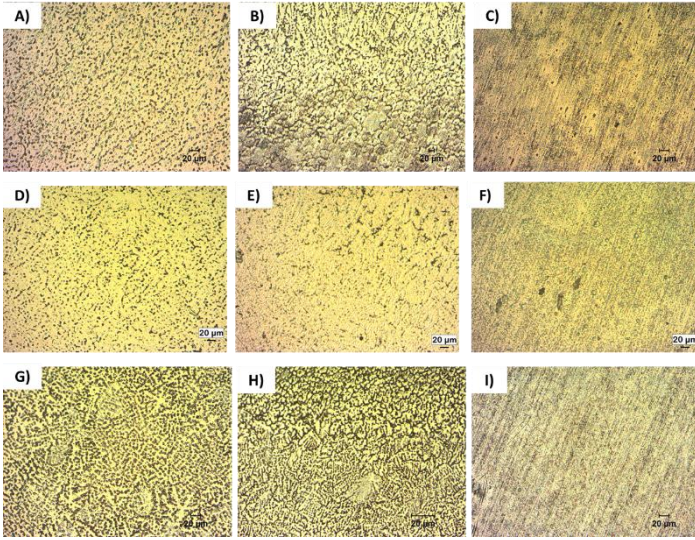
Şekil 4. A-C) 5083 H111-5083 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, D-F) 5182 H111-5182 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, G-I) 5186 H111-5186 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Şekil 5’te 5083 H111-5186 H111, 5182 H111-5083 H111 ve 5186 H111-5182 H111 kaynaklı numuneler için kaynak, geçiş ve ana malzeme bölgelerinin mikroyapı görüntüleri sunulmaktadır. Farklı tipte 5xxx serisi alüminyum alaşımlarının kaynağı ile elde edilen görüntüler, aynı tipte 5xxx serisi alüminyum alaşımlarının kaynağı ile elde edilen görüntüler ile benzerlik göstermekte olup, bariz bir farklılık görülmemektedir.

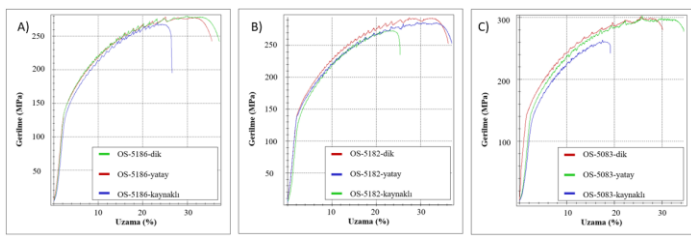
Şekil 5. A-C) 5083 H111-5186 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, D-F) 5182 H111-5083 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri

geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri, G-I) 5186m H111-5182 H111 kaynaklı numune için sırasıyla kaynak, geçiş, ana malzeme mikroyapı görüntüleri



Şekil 6(A)'da gösterilen 5186 H111 numuneleri incelendiğinde, kaynaklı numunelerin kaynaklı numunelere göre akma ve çekme mukavemet değerleri sırasıyla %6,4 ve %3,7 oranında düşük çıkmıştır. Yüzde uzama değeri ise kaynaklı numunelerde kaynaklı numunelere göre %28,7 daha yüksek çıkmıştır. Kaynaklı numunelerin mikro yapılarında kaynak bölgelerinde ve ısı tesiri altında kalan bölgelerde tane büyümesi görülmüştür. Tane büyümesi kaynaklı numunelerde dayanım ve tokluk değerlerinde düşüşe yol açmaktadır. Dolayısıyla her ne kadar kaynak işlemi esnasında çatlak ve boşluk oluşumu engellense de tane büyümesinden dolayı belirtilen düşük özellikler tespit edilmiştir [3].

Şekil 6. A) 5186 H111, B) 5182 H111 C) 5083 H111 için kaynak edilmiş ve kaynaklı numunelerinin oda sıcaklığında (OS) çekme testi grafikleri



Benzer bir şekilde, Şekil 6(B-C)'de gösterilen 5182 H111 ve 5083 H111 numuneleri incelendiğinde (kaynaklı numunelerin kaynaklı numunelere göre sırasıyla akma mukavemet değerleri %11 ve %7,8 ve çekme mukavemet değerleri ise %6,9 ve %11,7 oranında düşük çıkmıştır. 5182 H111 ve 5083 H111 numuneleri için yüzde uzama değerleri kaynaklı numunelerde kaynaklı numunelere göre sırasıyla %40,4 ve %43,1 daha yüksek çıkmıştır.

Tablo 3. Kaynaklı ve kaynaklı numunelerin çekme testi sonuçları

Numune Bilgisi	Akma (MPa)	Çekme (MPa)	(%) Uzama
5186-dikey	137.5	278	33.05
5186-yatay	136	278.5	31.15
5186-5186	128	268	22.85
5182-dikey	146	295.5	32.5
5182-yatay	140.5	287	34.25
5182-5182	127.5	268.5	19.9
5083-dikey	147.5	299	26.4
5083-yatay	149	302	29.15
5083-5083	138	265.5	15.75

Numune Bilgisi	Akma (MPa)	Çekme (MPa)	(%) Uzama
5186-5186	128	268	22.9
5182-5182	127.5	268.5	19.9
5083-5083	138	265.5	15.8
5083-5186	125	276.5	27.2
5182-5083	128	261	18.5
5182-5186	127	267.5	20.8

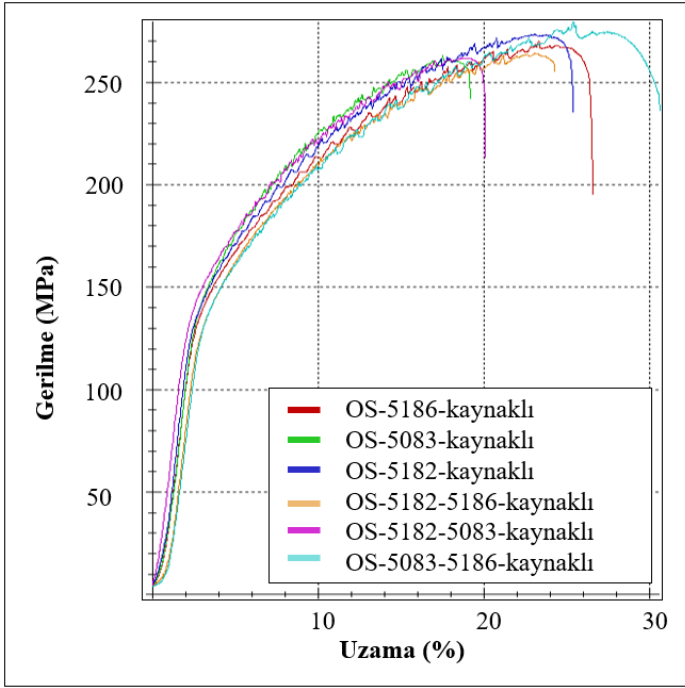
Tablo 3'te kaynaklı (5186-5186, 5182-5182, 5083-5083) ve kaynaklı numunelerin (hadde yönüne yatay ve dik olarak) çekme testi sonuçları sunulmuştur. Haddeleme yönünde tanelerin yönlendirmesinden dolayı, hadde yönüne yatay ve hadde yönüne dik numunelerin yüzde uzama değerleri arasında ± 10 sapma vardır. Bu tespit tüm kompozisyonlar için görülmüştür.

Tablo 4. Kaynaklı numunelerin çekme testi sonuçları

Numune Bilgisi	Akma (MPa)	Çekme (MPa)	(%) Uzama
5186-5186	128	268	22.9
5182-5182	127.5	268.5	19.9
5083-5083	138	265.5	15.8
5083-5186	125	276.5	27.2
5182-5083	128	261	18.5
5182-5186	127	267.5	20.8

Tablo 4 ve Şekil 7'de ise tüm kaynaklı numunelerin çekme testi sonuçları sunulmuştur. Kaynaklı numunelerde akma ve çekme mukavemet değerleri incelendiğinde 5083 H111 alaşımının kendi içinde kaynak edildiği malzemenin diğer farklı alaşımlardaki kaynaklı numunelerle kıyaslandığında akma dayanımı değeri %8 oranında daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir.

Şekil 7. 5186 H111, 5182 H111, 5083 H111 numunelerin kendi içlerinde ve birbirleri ile kaynak edilmiş numunelerinin oda sıcaklığında (OS) çekme testi grafikleri



4. Sonuç

Bu çalışmada 2014/68/EU standartlarına uygun alüminyum silobasların imalatında kullanılan 3 farklı 5xxx serisi alüminyum sacların kaynaklı birleştirme sonrasındaki mekanik davranışları incelenmiştir. Mekanik özelliklerinin doğru yorumlanabilmesi için kaynak bölgesinin mikroyapı incelemesi ve röntgen muayene testi yapılmıştır. Sonuçlara göre hem radyografik muayene hem de optik mikroskop görüntülemelerinde kaynak işleminden kaynaklı mikroyapı içerisinde boşluk, çatlak veya süreksizliklere rastlanılmamıştır. Ancak, kaynaklı numunelerin kaynaksız numunelere göre daha düşük çekme ve akma dayanımı gösterdiği kullanılan tüm alüminyum alaşımları için görülmüştür. Yine kaynaklı numunelerin kaynaksız numunelere göre yüzde uzamalarındaki düşüş oldukça belirgindir. 5083 H111 alaşımının kendi içinde kaynak edildiği malzemenin diğer farklı alaşımlarla yapılan kaynaklı malzemelere göre daha yüksek akma değerine sahip olduğu görülmüştür.

5. Teşekkür

Yazarlar, bu çalışmada yapılan işlemler sırasında verdiği destekten dolayı Tırsan Treyler A.Ş. şirketine, Karabük Üniversitesine ve Karabük Demir Çelik Enstitüsüne teşekkür eder.

Kaynakça

- 2014/68/UE (PED) and implementation of the Quality Management System ISO 9001: 2015’.
- [2] T. A. BAŞER, ‘Alüminyum alaşımları ve otomotiv endüstrisinde kullanımı’, Mühendis Ve Makina, pp. 51–58, 2013.
- [3] S. Shanavas and J. E. R. Dhas, ‘Weldability of AA 5052 H32 aluminium alloy by TIG welding and FSW process—a comparative study’, in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, vol. 247, no. 1, p. 012016.
- [4] L. Singh, R. Singh, N. K. Singh, D. Singh, and P. Singh, ‘An evaluation of TIG welding parametric influence on tensile

strength of 5083 aluminium alloy’, Int J Mech Aerosp. Ind Mechatron. Eng, vol. 7, no. 11, pp. 1262–1265, 2013.

- [5] A. B. BAŞYİĞİT, ‘Alüminyum Esaslı Taşıt Jantlarının TIG Kaynak Yöntemi ile Tamiri Sonrası Kaynak Bölgesinin Mekanik ve Mikroyapısal Özelliklerinin İncelenmesi’, Int. J. Eng. Res. Dev., vol. 12, no. 2, pp. 388–395, 2020.
- [6] A. Karadağ, ‘Alüminyum alaşımlarının TIG kaynağında kaynak parametrelerinin dikiş geometrisine ve mekanik özelliklere etkisi’, 2011.
- [7] J. Yan, M. Gao, and X. Zeng, ‘Study on microstructure and mechanical properties of 304 stainless steel joints by TIG, laser and laser-TIG hybrid welding’, Opt. Lasers Eng., vol. 48, no. 4, pp. 512–517, 2010.
- [8] F. E. Buğan, E. E. Göktepe, T. ALTIPARMAK, and D. Erhan, ‘Comparison of Mechanical Properties of Welded and Non-Welded Steels Used in Tankers with ADR’, Avrupa Bilim Ve Teknol. Derg., no. 34, pp. 531–536, 2022.
- [9] A. Kumar and S. Sundarrajan, ‘Optimization of pulsed TIG welding process parameters on mechanical properties of AA 5456 Aluminum alloy weldments’, Mater. Des., vol. 30, no. 4, pp. 1288–1297, 2009.