



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.gov.tr/politeknik>



Soğuk metal transferi ile birleştirilen AA5754 alaşımı ince sacların korozyon davranışı

Corrosion behavior of AA5754 thin sheets welded with cold metal transfer method

Yazar(lar) (Author(s)): Hülya DURMUŞ¹, Nilay ÇÖMEZ²

ORCID¹: 0000-0002-7270-562X

ORCID²: 0000-0002-6432-6582

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Durmul H. ve Çömez N., “Soğuk metal transferi ile birleştirilen AA5754 alaşımı ince sacların korozyon davranışı”, *Politeknik Dergisi*, 21(4): 907-911, (2018).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.385926

Soğuk Metal Transferi ile Birleştirilen AA5754 Alaşımı İnce Sacların Korozyon Davranışı

Araştırma Makalesi / Research Article

Hülya DURMUŞ¹, Nilay ÇÖMEZ^{2*}

^{1,2}Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Müh. Bölümü, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 17.08.2017 ; Kabul/Accepted : 02.10.2017)

ÖZ

AA5754 alüminyum alaşımı, otomobillerin iç ve dış panellerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, soğuk metal transferi (CMT) ile birleştirilen 2 mm kalınlığındaki AA5754 levhaların, kaynak işlemi sonrası korozyon hızının araştırılması amaçlanmıştır. Kaynak işlemi ER5356 dolgu teli kullanılarak 73.97, 86.18, 108.99 J/mm ısı girdisi değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Isı girdisinin korozyon hızına etkisi Tafel ekstrapolasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Isı girdisinin artmasıyla korozyon hızının arttığı tespit edilmiştir. Korozyona uğramış yüzeyler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA5754, CMT kaynağı, korozyon.

Corrosion Behavior of AA5754 Thin Sheets Welded with Cold Metal Transfer Method

ABSTRACT

AA5754 aluminium alloy are widely used in outer and inner panels of automobiles. Present study aimed to investigate the corrosion rate of cold metal transfer (CMT) welded 2 mm thick AA5754 sheets. Welded sheets were produced with 73.97, 86.18, 108.99 J/mm heat input values using ER5356 filler wire. Effect of heat input on corrosion rate was determined by Tafel extrapolation method. It was determined that corrosion rate increased with increasing heat input. Corroded surfaces were viewed by SEM. Hardness test was applied and maximum hardness values were observed in weld metal.

Keywords: AA5754, CMT welding, corrosion

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Daha az yakıt tüketen çevre dostu araçlar giderek önem kazanmaktadır. Bu gelişmeyi takiben, otomotiv üreticileri otomobillerin ağırlığını azaltmak için yoğun çaba harcamaktadırlar [1, 2]. Son zamanlarda, özellikle otomobil endüstrisinde AA5754 alüminyum alaşımı, hafifliği, yüksek özgül mukavemet ve kolay geri dönüşüm avantajlarından dolayı araçların ağırlığını azaltmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [2, 3, 4].

Otomotiv endüstrisindeki hızlı gelişmeler, ince saclardan oluşan hafif yapıların mekanik özelliklerini iyileştirmek için yeni kaynak yöntemlerine olan ihtiyacı da artırmaktadır [5]. Günümüzde, ince sacların kaynağı için soğuk metal transferi (CMT) kaynağı, AC darbeleri ark ve darbeleri çift elektrot ark kaynağı gibi yöntemler önerilmektedir [6]. CMT yöntemi, otomotiv endüstrisinde (KIA, Opel, Volkswagen, Ford, BMW ve Volvo) ve havacılık endüstrisinde yoğun olarak kullanılmaktadır, çünkü düşük ısı girdisi ile farklı metallerin ve ince sacların estetik bir görünüme sahip olacak şekilde birleştirilmesine olanak tanımaktadır [7, 8]. CMT prosesi düşük akım, düşük voltaj ve düşük ısı girdisi ile karakterize edilmektedir ve kısa devre

(daldırma-dip transferi) modunda çalışmaktadır. Bununla birlikte malzeme transferi, daldırma transfer modunda elektriksel olarak kontrol edilirken, CMT prosesinde mekanik olarak desteklenen yöntemin yanı sıra hem kısa devrenin başlatılması hem de süresi ile kontrol edilmektedir. CMT yönteminin geleneksel gaz metal ark kaynağından en önemli farkı kaynak işleminin tamamen dijital kontrollü olmasıdır [9, 10].

Çeşitli kaynak yöntemleriyle birleştirilen AA5754 alaşımının mekanik özellikleri literatürde pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir [11, 12, 13]. Bununla birlikte AA5754 alaşımının kaynak işlemi sonrası korozyon davranışındaki değişim hakkında literatürde sınırlı sayıda bilgi bulunmaktadır. AA5754 alüminyum alaşımının korozyon özellikleri hakkındaki mevcut çalışmalar genellikle alaşımın kaynaklı durumuna aittir. Örneğin, Halambek ve ark. (2013), inhibitör Laurus nobilis L. yağının, %3 NaCl solüsyonunda AA5754 alüminyum alaşımının korozyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır [14]. Afseth ve ark. (2001), AA5754 alaşımının korozyon davranışı üzerine yüksek sıcaklıkta ısı işlem ve yüzey iyileştirmenin etkisini incelemişlerdir [15].

Kaynak işleminin, oluşan bağlantının korozyon davranışını etkilediği bilinmektedir. Bu çalışmada, CMT

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : nilay.comez@cbu.edu.tr

kaynak parametrelerinin AA5754 alaşımının korozyon davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2 mm kalınlığında AA5754 (Çizelge 1) levhalar, aln pozisyonda soğuk metal transfer kaynağı ile Çizelge 2’de verilen parametrelerle birleştirilmiştir. Kaynak işlemi için 1.2 mm çapında ER5356 (Çizelge 1) dolgu teli kullanılmıştır.

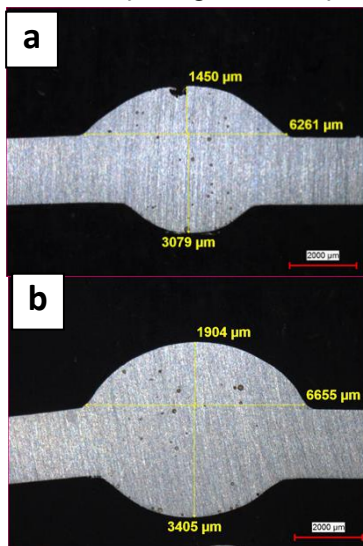
Numuneler parlatıldıktan sonra mikroyapısal incelemeler için Weck’s çözeltisiyle dağlanmıştır. Mikroyapı görüntüleri Clemex yazılımı kullanılarak Nikon Eclipse LV150 optik mikroskop ile çekilmiştir. CMT kaynaklı AA5754 alüminyum alaşımlarının oda sıcaklığında ağırlıkça %3.5’lik NaCl çözeltisindeki elektrokimyasal korozyon hızı, Tafel ekstrapolasyon yöntemi ile AutoLab korozyon test cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Korozyon testinden önce, düz bir yüzey elde etmek için kaynak dikişleri zımparalanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

3.1. Mikroyapı İncelemeleri (Microstructural Investigations)

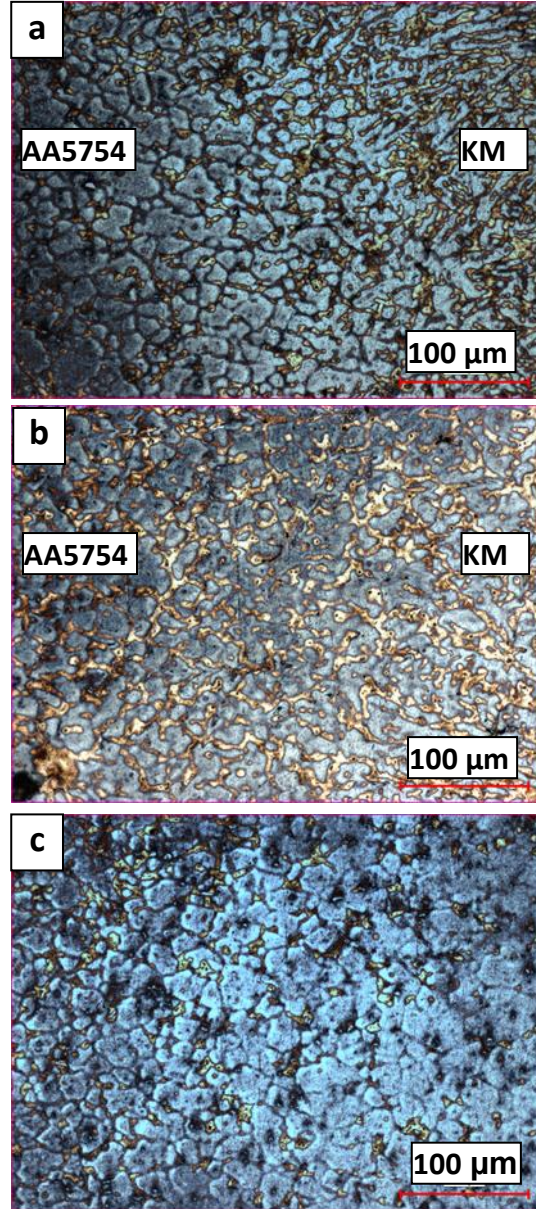
55-A ve 55-C numunelerinin kaynak dikiş geometrilerinin verildiği Şekil 1, ısı girdisinin kaynak dikiş boyutuna etkisini göstermektedir. 55-C numunesinde, kaynak dikişi genişliği ve yüksekliği 55-A numunesine kıyasla daha fazladır.

Şekil 2’de kaynaklı birleştirmelerin ve AA5754 ana metalinin mikro yapısı görülmektedir. Kaynak metali (KM)/ ana metal arayüzleri (Şekil 2a ve 2b), AA5754 ana metali (Şekil 2c) ile karşılaştırıldığında AA5754 ince saclarının CMT kaynağı sonrasında ısı tesiri altındaki bölgede tane kabalaşması gözlenmemiştir.



Şekil 1. Kaynak dikişi geometrisi: a) 55-A, b) 55-C (Weld bead geometry: a) 55-A, b) 55-C)

Kaynak metalinde az miktarda gözenek oluşumu gözlenmiştir (Şekil 3). Gözeneklilik, hidrojenin sıvı ve katı haldeki alüminyum içerisindeki çözünürlüğünde meydana gelen büyük değişimden kaynaklanır ve alüminyum alaşımlarının kaynağında yaygın bir sorundur. Hidrojen ergimiş haldeki alüminyumda yüksek bir çözünürlüğe sahipken, çözünürlük katılma oluştuğunda 20 kat azalmaktadır [16, 17, 18]. AA5754 ana malzemesinden alınan EDX analizinde, intermetalik parçacığın Al-Fe-Mn ve eser miktarda Si içerdiği görülmüştür (Şekil 3).



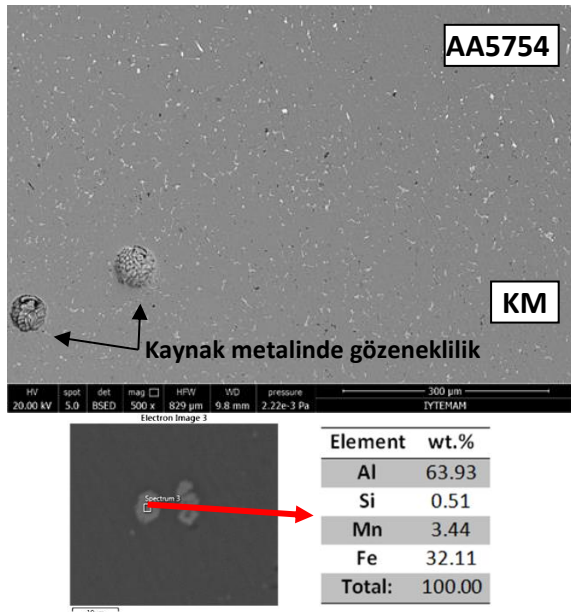
Şekil 2. Mikroyapı görüntüleri: a) 55-A, b) 55-C, c) AA5754 ana malzemesi (Images of microstructure: a) 55-A, b) 55-C, c) AA5754 base metal)

Çizelge 1. AA5754 alaşımının ve ER5356 kaynak telinin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık) (Chemical compositions of AA5754 base metal and ER5356 filler wire (wt. %))

Element	Mg	Si	Cr	Cu	Fe	Zn	Mn	Ti	Al
AA5754	3.14	0.22	-	-	0.35	-	-	-	Rest
ER5356	5	0.1	<0.07	<0.01	<0.2	<0.03	<0.1	<0.06	

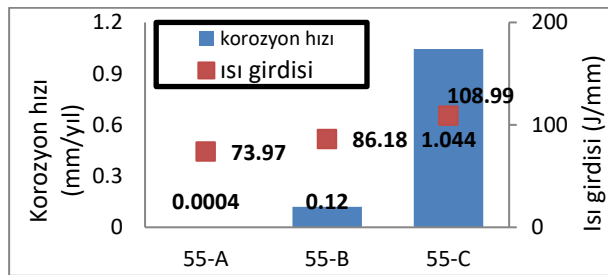
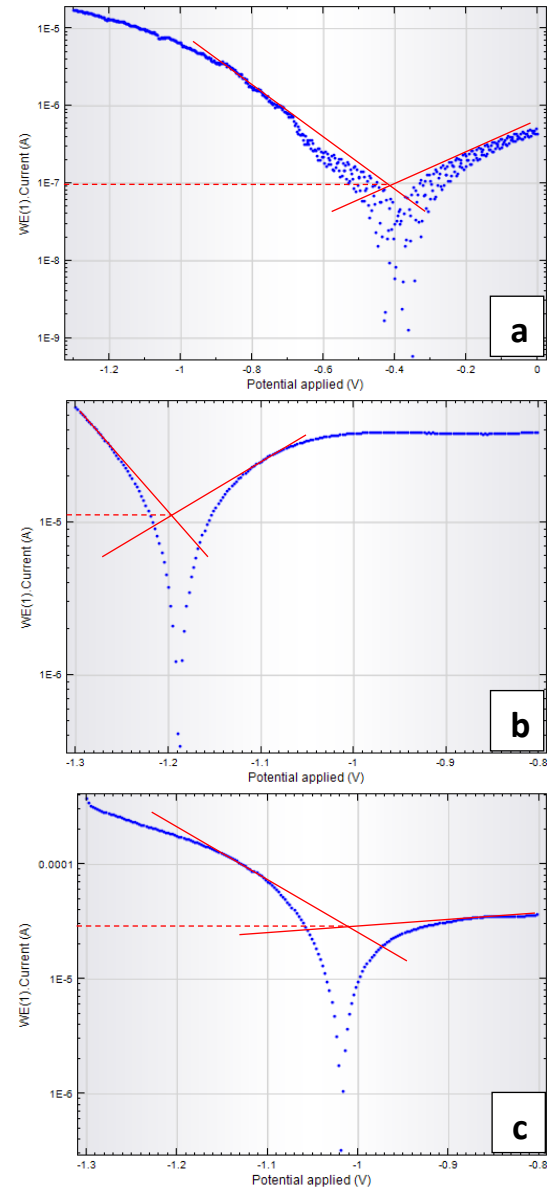
Çizelge 2. Kaynak parametreleri ve ısı girdisi (Welding parameters and heat input)

Numune	Akım (A)	Voltaj (V)	Kaynak hızı (m/min)	Isı girdisi (J/mm)
55-A	103	13.3	1	73.97
55-B	114	14	1	86.18
55-C	87	11.6	0.5	108.99

**Şekil 3.** 55-B numunesinin SEM görüntüsü ve intermetalik fazın EDX analizi (SEM image of 55-B and EDX analysis of intermetallic phase)

3.2. Korozyon Hızı (Corrosion Rate)

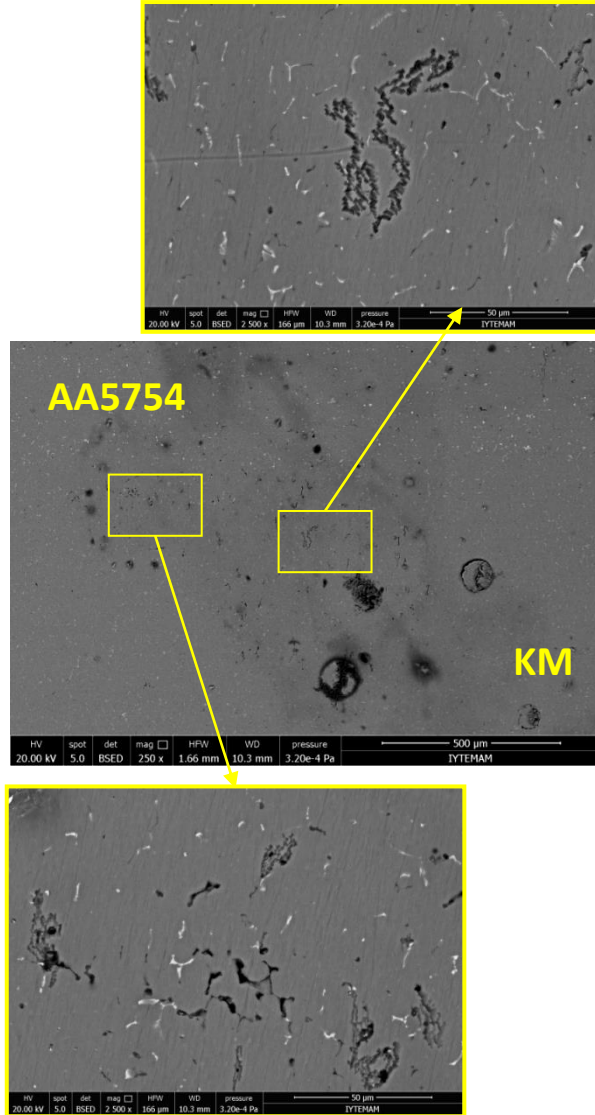
AA5754 gibi 5xxx serisi alaşımlarında ana metal, kısmi ergime bölgesi ve ergime bölgesi boyunca meydana gelen kompozisyon gradyanları demir ve mangan gibi yüksek ergime noktasına sahip safsızlıkların, yeni oluşan katı kaynak metalinden, katılaşmanın başlangıcındaki ergiye doğru itilmesinden kaynaklanmaktadır. Bu durum, alaşımın korozyon davranışını değiştirmektedir [19].

**Şekil 4.** CMT kaynaklı AA5754 alaşımlarının ısı girdisi-korozyon hızı ilişkisi (Heat input-corrosion rate relation of CMT welded AA5754 alloy)**Şekil 5.** AA5754 kaynaklı bağlantıların Tafel eğrileri (Tafel plots of AA5754 joints)

Korozyon hızı ve ısı girdisi arasındaki ilişki Şekil 4'te verilmektedir. Buna göre artan ısı girdisinin korozyon direncini azalttığı görülmektedir. En düşük korozyon hızı 55-A numunesinde tespit edilirken, en yüksek ısı girdisi

ile üretilen 55-C numunesinde bu değer 1 mm/yıl değerini aşmıştır.

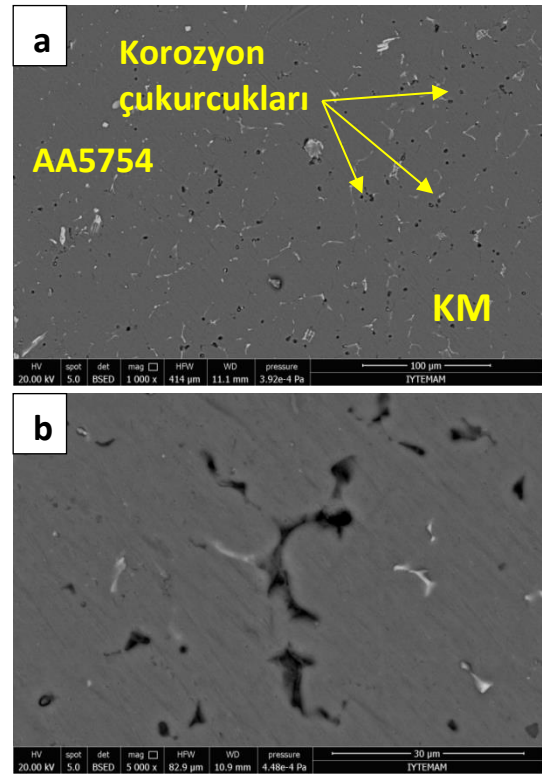
Tafel eğrileri incelendiğinde (Şekil 5), 55-A ve 55-B numunelerinin korozyon akım değerlerinin 55-C numunesinden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, korozyon hızının da daha düşük olacağına işaret etmektedir [20].



Şekil 6. 55-B numunesinin korozyona uğrayan yüzeyi (Corrosion surface of 55-B)

AA5754 ana malzemesinde meydana gelen korozyon çukurcuklarının, Şekil 3'te EDX analizi yapılan intermetalik parçacıklar etrafında meydana gelmesi beklenmektedir. Bununla birlikte, korozyonun tane sınırlarında meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7). Magnezyum içeriğinin % 3-4'ü geçtiği Al-Mg alaşımlarında, β (Al_8Mg_5 ya da Al_3Mg_2) fazı, alüminyumca zengin α fazının tane sınırlarına küçük aralıklarla sürekli bir ağ oluşturarak çökeltme eğilimindedir. Özellikle alaşımın 400 °C üzerindeki sıcaklıklardan yavaş olarak soğuması, diğer bir deyişle uzun süre ısıya maruz kalması, β fazının tane sınırlarına çökeltmesini tetiklemektedir. β fazı, kendisini çevreleyen

α fazına göre elektrokimyasal olarak daha anodiktir ve deniz suyu gibi korozyon ortamlarında seçici korozyona uğramaktadır [14, 21, 22, 23, 24]. Özellikle ısı girdisinin yüksek ve kaynak dikişinin geniş olduğu 55-C numunesinde, Mg içeriği AA5754 ana malzemesine göre daha yüksek olan kaynak telinde, katılaşma esnasında anodik karakteristiğe sahip β fazının daha fazla çökeltmiş olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla, artan ısı girdisiyle genişleyen kaynak dikişi, korozyon ölçümü yapılan alandaki β fazı miktarını artırmaktadır ve yüksek ısı girdisi bu fazın çökeltmesi için gerekli sıcaklık koşullarının daha uzun süreli etki etmesini sağlamaktadır. Buna bağlı olarak da 55-C numunesinde korozyon hızının arttığı tahmin edilmektedir. Şekil 7a'da 55-C numunesinin korozyona uğrayan yüzeyinde çok sayıda çukurcuk olduğu görülmektedir. 55-A numunesinin hem kaynak dikişi daha dardır (Şekil 1) hem de düşük ısı girdisi sebebiyle daha az β fazı çökeceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra kaynak ısı düşük olduğunda katılaşma da nispeten hızlı gerçekleşeceğinden, kaynak metalinde korozyon davranışını olumsuz yönde etkileyen mikrosegregasyon oluşumu da azalacaktır. Bu sebeplerden dolayı 55-A numunesinde korozyon hızı çok düşüktür.



Şekil 7. 55-C numunesinin korozyona uğrayan yüzeyi: a) KM/AA5754 ana malzemesi arayüzeyi, b) kaynak metal (Corrosion surface of 55-C: a) interface of weld metal/AA5754 base metal, b) weld metal)

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

2 mm kalınlığındaki AA5754 alaşımından levhaların CMT kaynağı tam nüfuziyet sağlanarak başarılı bir

şekilde gerçekleştirilmiştir. Kaynak metalinde az miktarda gözenek oluşumuna rastlanmıştır. Isı girdisinin yükselmesi ile kaynak dikisinin boyutu artmıştır. Artan ısı girdisi, kaynaklı bağlantının korozyon direncini azaltmıştır. AA5754 alaşımının kaynak işlemi sonrasında yeterli korozyon direncine sahip olabilmesi için 85 J/mm ısı girdisinin altındaki değerlerde birleştirilmesi önerilmektedir. Ayrıca korozyon dayanımını azaltan β fazı oluşumunun sınırlandırılması için Mg içeriği daha düşük olan kaynak tellerinin kullanımı tavsiye edilmektedir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından CBU-BAP 2014-109 numaralı proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Simoncini, M., Forcellese, A., "Effect of the welding parameters and tool configuration on micro-and macro-mechanical properties of similar and dissimilar FSWed joints in AA5754 and AZ31 thin sheets", *Materials & Design*, 41: 50-60, (2012).
- [2] Han, L., Thornton, M., Boomer, D., Shergold, M., "A correlation study of mechanical strength of resistance spot welding of AA5754 aluminium alloy", *Journal of Materials Processing Technology*, 211(3): 513-521, (2011).
- [3] Liu, A., Tang, X., Lu, F., "Study on welding process and prosperities of AA5754 Al-alloy welded by double pulsed gas metal arc welding", *Materials & Design*, 50: 149-155, (2013).
- [4] Jin, H., Saimoto, S., Ball, M., Threadgill, P. L., "Characterisation of microstructure and texture in friction stir welded joints of 5754 and 5182 aluminium alloy sheets", *Materials science and technology*, 17(12): 1605-1614, (2001).
- [5] Taşkın, M., Çalgülü, U., "AISI 430/1010 Çelik Çiftinin Lazer Kaynağında Kaynak Gücünün Birleşmeye Etkisi", *Firat University Journal of Engineering*, 21 (1): 11-22, (2009).
- [6] Kang, M., Kim, C., "Joining Al 5052 alloy to aluminized steel sheet using cold metal transfer process", *Materials & Design*, 81: 95-103, (2015).
- [7] Grzybicki, M., Jakubowski, J., "Comparative tests of steel car body sheet welds made using CMT and MIG/MAG methods", *Welding International*, 27(8): 610-615, (2013).
- [8] Cao, R., Sun, J. H., Chen, J. H., Wang, P., "Weldability of CMT Joining of AA6061-T6 to Boron Steels with Various Coatings", *Welding Journal*, 93: 193-204, (2014).
- [9] Kah, P., Suoranta, R., Martikainen, J., "Advanced gas metal arc welding processes", *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(1-4): 655-674, (2012).
- [10] Rajeev, G. P., Kamaraj, M., Bakshi, S. R., "Al-Si-Mn Alloy Coating on Aluminium Substrate Using Cold Metal Transfer (CMT) Welding Technique", *JOM*, 66(6): 1061-1067, (2014).
- [11] Casalino, G., Mortello, M., Leo, P., Benyounis, K. Y., Olabi, A. G., "Study on arc and laser powers in the hybrid welding of AA5754 Al-alloy", *Materials & Design*, 61: 191-198, (2014).
- [12] Barlas, Z., Özsera, U., "Effects of FSW Parameters on Joint Properties of AlMg3 Alloy", *Welding Journal*, 91: 16-22, (2012).
- [13] Costa, M. I., Verdera, D., Costa, J. D., Leitao, C., Rodrigues, D. M., "Influence of pin geometry and process parameters on friction stir lap welding of AA5754-H22 thin sheets", *Journal of Materials Processing Technology*, 225: 385-392, (2015).
- [14] Halambek, J., Berković, K., Vorkapić-Furač, J., "Laurus nobilis L. oil as green corrosion inhibitor for aluminium and AA5754 aluminium alloy in 3% NaCl solution", *Materials Chemistry and Physics*, 137 (3): 788-795, (2013).
- [15] Afseth, A., Nordlien, J. H., Scamans, G. M., Nisancioglu, K., "Influence of heat treatment and surface conditioning on filiform corrosion of aluminium alloys AA3005 and AA5754", *Corrosion Science*, 43 (12): 2359-2377, (2001).
- [16] Luijendijk, T., "Welding of dissimilar aluminium alloys", *Journal of Materials Processing Technology*, 103(1): 29-35, (2000).
- [17] Maters, G. "The Welding of Aluminium and Its Alloys", Woodhead Publishing Limited, Cambridge, İngiltere, 2002.
- [18] Kumar, N. P., Vendan, S. A., & Shanmugam, N. S., "Investigations on the parametric effects of cold metal transfer process on the microstructural aspects in AA6061", *Journal of Alloys and Compounds*, 658: 255-264, (2016).
- [19] Abouarkoub, A., Thompson, G. E., Zhou, X., Scamans, G., "Microstructure and Corrosion Properties of the Plasma-MIG Welded AA5754 Automotive Alloy", *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 3: 318-325, (2015).
- [20] El-Etre, A. Y., "Inhibition of aluminum corrosion using Opuntia extract", *Corrosion Science*, 45(11): 2485-2495, (2003)
- [21] Katsas, S., Nikolaou, J., Papadimitriou, G., "Corrosion resistance of repair welded naval aluminium alloys", *Materials & Design*, 28(3): 831-836, (2007).
- [22] Ghali, E., "Corrosion resistance of aluminum and magnesium alloys: understanding, performance, and testing", Vol. 12, Revie, R. W., John Wiley & Sons, 2010.
- [23] Martienssen, W., Warlimont, H., "Springer handbook of condensed matter and materials data", Springer Science & Business Media, New York, 2006.
- [24] Vargel, C., "Corrosion of Aluminium", Elsevier, New York, 2004.