

TRIP 800 Çelik Levhaların MIG Lehimli Birleşimlerinde Farklı Koruyucu Gaz Akış Hızının Etkisi

*¹Erman Ferik ²Faruk Varol ³Salim Aslanlar

*¹Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Karasu Meslek Yüksek Okulu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

³Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, 1,5 mm kalınlığa sahip TRIP 800 çelik plakaları bakır esaslı S Cu 6100 (CuAl8) teliyle gaz metal ark lehimleme yöntemiyle birleştirilmiştir. Numuneler, bindirme birleştirme formunda hazırlanmıştır. Koruyucu gaz olarak argon kullanılmıştır ve lehimleme işlemleri 8, 10, 12, 14 ve 16 L/dk koruyucu gaz çıkış hızında yapılmıştır. Birleştirme noktalarının çekme dayanımı belirlenmiştir ve TRIP 800 çeliğinin gaz metal ark lehimleme tekniğiyle farklı koruyucu gaz çıkış hızlarında birleşebilirliğini görmek için birleştirme noktalarının mikro ve makroyapıları optik mikroskopta incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: MIG- lehimleme, TRIP çeliği, Çekme mukavemeti

Influence of Different Shielding Gas Flow Rate in MIG-Brazed Joints of TRIP 800 Steel Plates

*¹Erman Ferik ²Faruk Varol ³Salim Aslanlar

*¹Metallurgical and Materials Engineering, Marmara University, Istanbul, Turkey

²Karasu Vocational School, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya, Turkey

³Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya University of Applied Sciences, Sakarya, Turkey

Abstract

In this study, 1.5 mm thick TRIP 800 steel plates were joined with copper-based S Cu 6100 (CuAl8) wire by gas metal arc brazing method. The samples were prepared in joining form as overlap joint. Argon was used as shielding gas and brazing operations were carried out at shielding gas output rates of 8, 10, 12, 14 and 16 L/min. The tensile strength of the joining points was determined and the micro and macrostructures of the joining points were examined under an optical microscope to see the joinability of TRIP 800 steel with gas metal arc brazing technique at different shielding gas flow rates.

Key words: MIG- brazing, TRIP steel, Tensile strength

1. Giriş

Otomotiv sektörü son yıllarda, yolcu güvenliği artırmak, yakıt tüketimi ve üretim maliyetlerini azaltmak adına daha düşük ağırlıklı malzemeler kullanmaya çalışmaktadır. Bu amaçla gelişmiş yüksek mukavemetli çelikler (AHSS) geliştirilmiştir, bunlara Dönüşüm Kaynaklı Plastisite (TRIP) çelikleri de dahildir [1-5]. TRIP çelikleri bir ferrit (α) matrisi ile birlikte bir miktar kalıntı östenit (γ /RA), dağılmış martensit adacıkları (α') ve bazı beynit ilavelerinden (B) oluşur. TRIP çeliklerinde yüksek gerilimlerde kalıntı östenitin martensite dönüşümünden dolayı artan bir sertleşme oranı meydana gelir. Sahip olduğu bu yapı-özellik ilişkisi nedeniyle örneğin; B sütunu, motor beşiği, ön ve arka raylar gibi özellikle çarpmaya dayanıklı otomotiv yapısal bileşenlerinde kullanımı uygundur [6-9].

Geleneksel MIG (Metal Inert Gas) kaynak yöntemi ile ince galvanizli çelik sacların birleştirilmesinde; kaynak elektrot telinin erime sıcaklığı, çinkonun 910°C buharlaşma sıcaklığından daha yüksek olduğundan, çinkonun kaynak bölgesinde ve çevresinde buharlaşmasına neden olmaktadır. Bu sebeple galvanizli çeliklerin ısı nedeniyle korozyon koruması da dahil olmak üzere bazı özellikleri kaybolur [10-12]. MIG lehimleme yöntemi ile ergime sıcaklığı çinkonun buharlaşma sıcaklığına yakın veya düşük olan kaynak elektrot telleri kullanılarak MIG kaynak yöntemine göre kaynak bölgesine düşük ısı girdisi verilir, ve böylece kaynağa bitişik minimum miktarda çinko korozyon koruması (galvanizleme) yanmış olur. [13-15].

Bu çalışmada otomobil kaportalarında kullanılan 1,5 mm kalınlığında TRIP800 çelik sacların MIG lehimleme yöntemi ile birleştirilebilirliği ve mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Diğer birleştirme yöntemlerinden farklı olarak MIG lehimleme yöntemi ile TRIP800 çelik sacların bindirme birleştirme formunda farklı koruyucu gaz debilerinde birleştirilebilirliği ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca makroyapı, mikroyapı, mikrosertlik ve SEM incelemeleri de yapılmıştır.

2. Malzemeler ve Metot

Çalışmada kullanılan TRIP 800 levhaların kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Tablo 1. ve Tablo 2.'de verilmiştir.

Tablo 1. TRIP 800 çelik sacın kimyasal bileşimi (Elementler (ağ%)).

TRIP800	C	Mn	Si	Co	Ti	Mo	Sn	Nb	Ni
	0.114	1.691	1.719	0.072	0.014	0.025	0.01	0.053	0.074
	Cu	V	Mg	W	Cr	Al	S	P	Fe
	0,097	0,013	0,001	0.04	0.065	0.027	0.007	0.011	95.902

Tablo 2. TRIP 800 çelik sacın mekanik özellikleri.

	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%)
TRIP800	883	550	36

2.1. MIG lehimleme işlemi

Yapılan çalışmada 1,5 mm kalınlığındaki TRIP 800 çelik sacları MIG lehimleme yöntemi ile birleştirilmiştir. MIG lehimleme işlemleri 400 Amper kapasiteli akım kontrollü bir MIG kaynak makinesinde çalışmanın hassasiyeti açısından bir kaynak sekatorü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Birleştirmeler bindirme formunda uygulanmıştır. Numunelerde oluşabilecek çarpılma olayını azaltmak için vidalı kalıp sistemi uygulanarak MIG lehimleme işlemleri uygulanmıştır. Çalışmada %100 argon koruyucu gaz kullanılmıştır Yapılan MIG lehimleme uygulamaları, 8, 10, 12, 14 ve 16 lt/dk farklı koruyucu gaz debileri kullanılarak uygulanmıştır. 1 mm çapındaki CuAl8 alaşımlı MIG kaynak teli uygulanmıştır. Lehim akım şiddeti 80 Amper, lehim gerilimi 12,7 Volt, lehim teli hızı 4,1 m/dk ve lehim hızı 24 cm/dk olarak sabit tutulmuştur, MIG-lehimleme ark torç açısı 45° olarak ayarlanmıştır.

Tablo 3. CuAl8 telinin kimyasal bileşimi (Elementler (ağ%)).

	Al	Ni	Fe	Mn	Cu
AlMg4.5Mn	8	<0,5	<0,5	<0,5	kalan

Tablo 4. CuAl8 lehim telinin mekanik özellikleri.

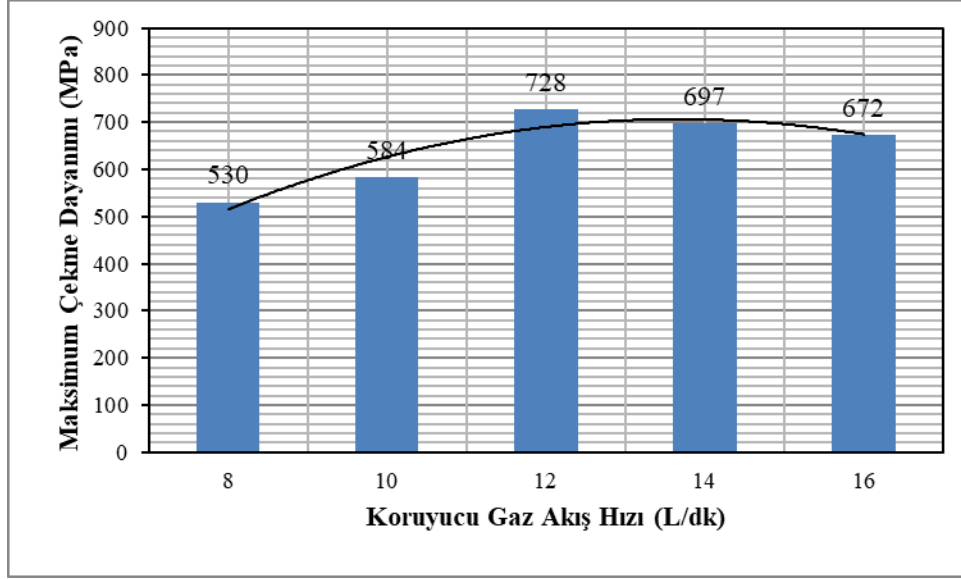
Akma Dayanımı(N/mm ²):	200
Çekme Dayanımı(N/mm ²):	430
Uzama (L ₀ =5 do) (%):	40
Sertlik:	100 HB
Ergime Sıcaklığı:	1030-1035 °C

**Şekil 1.** MIG-lehimleme işleminin yapıldığı kaynak makinesi ve hız cihazı (sekator).

3. Sonuçlar

3.1. Çekme deneyi sonuçları

Yapılan bu çalışmada çekme numuneleri EN895 standartında hazırlanmıştır. Elde edilen değerlerden oluşturulan çekme dayanımı grafiğinde “koruyucu gaz akış hızı (l/dk)” ve “maksimum çekme dayanımı (MPa)” iki önemli parametre olarak değerlendirmeye alınmıştır. İki parametre arasındaki ilişki Şekil 2.’de verilmiştir.

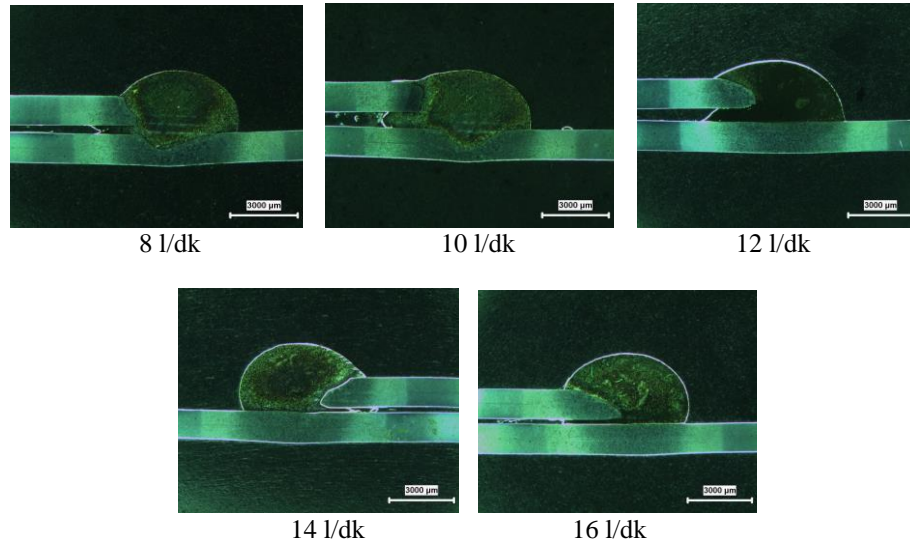


Şekil 2. Farklı koruyucu gaz debilerinde çekme mukavemetleri grafiği

Şekilde görüldüğü üzere koruyucu gaz akış hızına bağlı olarak maksimum çekme dayanımlarında değişim gözlenmiştir. 8 l/dk koruyucu gaz akış hızında maksimum çekme dayanımı en düşük gözlenmiş, 12 l/dk koruyucu gaz akış hızında ise en yüksek maksimum çekme dayanımı gözlemlenmiştir. 12 l/dk koruyucu gaz akış hızına kadar artan maksimum çekme mukavemet değeri 14 ve 16 l/dk gaz akış hızlarında düşmüştür.

3.2. Makroyapı değişimleri

1,5 mm kalınlığındaki TRIP 800 levhalarla yapılan MIG-lehimleme işleminde makroyapı incelemeleri yapılmış ve sonuçları incelenmiştir.

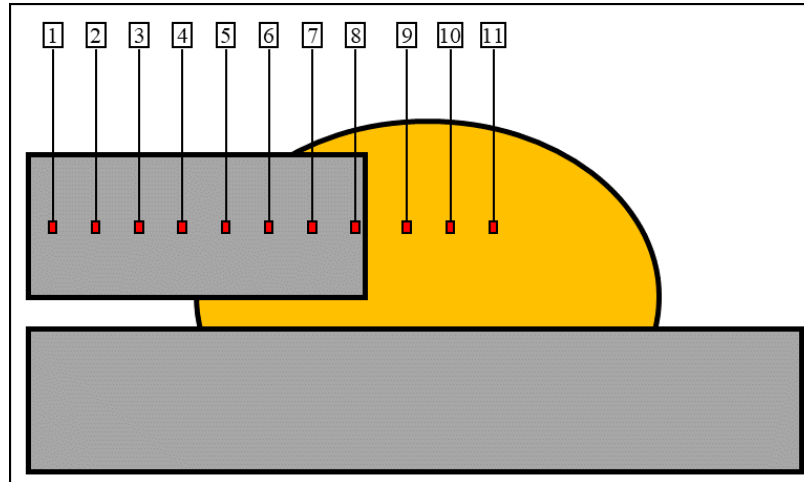


Şekil 3. Farklı koruyucu gaz akış hızlarında makro görüntüleri

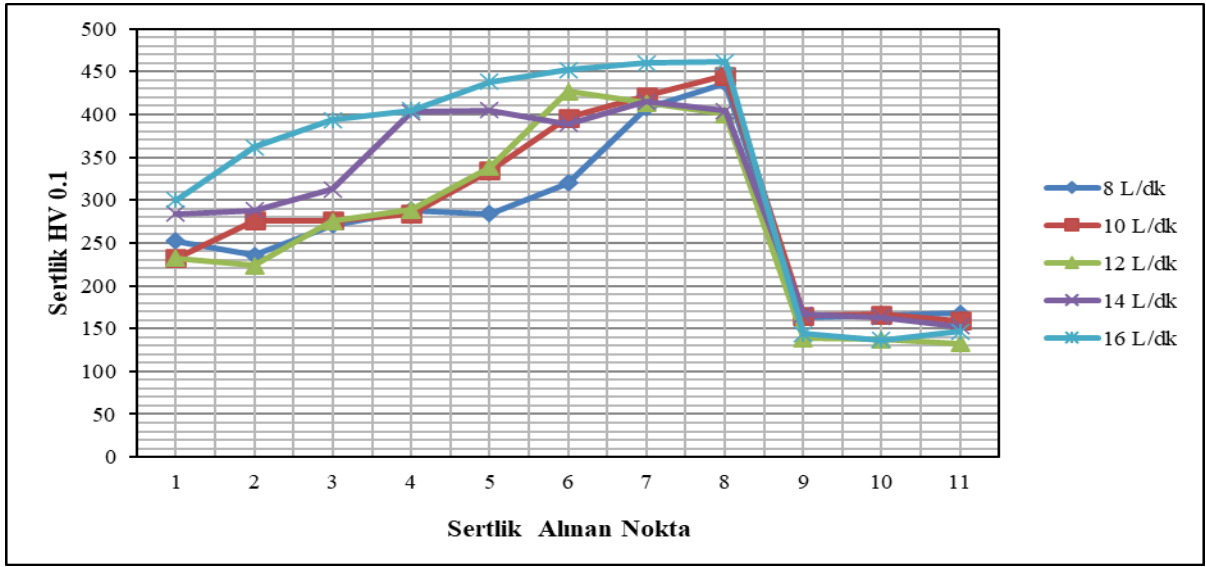
Şekilde görüldüğü üzere koruyucu gaz akış hızına bağlı olarak bütün değerlerde lehimin ıslatma özelliğinin iyi olduğu ana malzemelerin arasına nüfuz ettiği görülmektedir. 8 ve 10 l/dk koruyucu gaz akış hızlarında bir miktar alttaki ana malzeme ergimiştir.

3.3. Mikrosertlik

Sertlik ölçümleri, Vickers sertlik ölçüm test metodu kullanılarak yapılmıştır, 100 gr yük ve piramit batıcı uç kullanılmıştır. Alınan sertlik değerleri ana malzemeden kaynak bölgesi yönüne doğru 0,5 mm aralıklarla alınmıştır. Kaynak metali, ITAB ve ana metal bölgelerinden sertlik değerleri alınan noktalar Şekil 4.'de gösterilmiş ve Şekil 5.'de diyagram halinde verilmiştir.



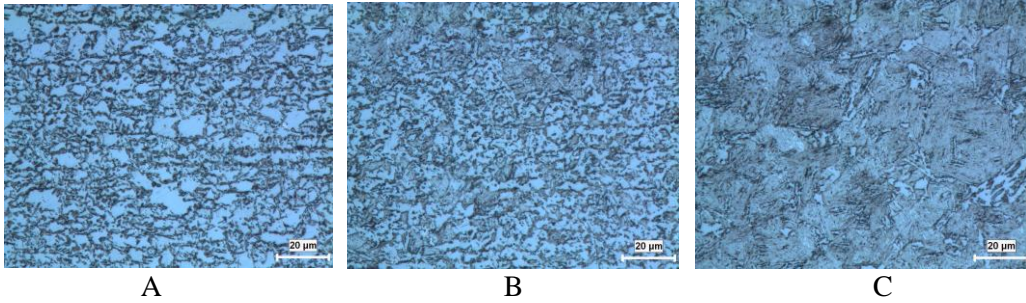
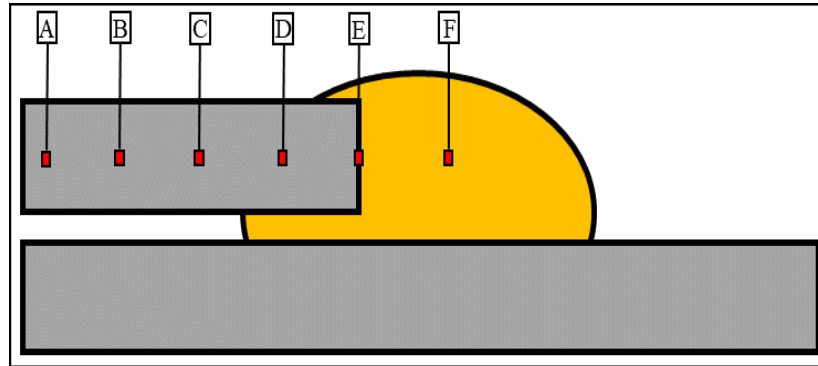
Şekil 4. Sertlik değerleri alınan noktalar



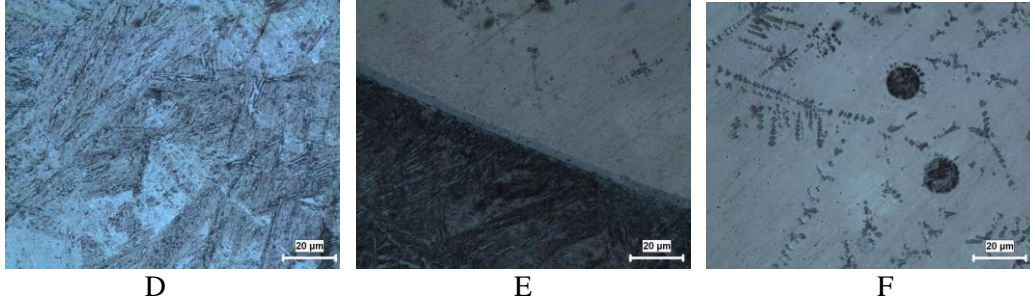
Şekil 5. Farklı koruyucu gaz debilerinde mikro sertlik değerleri grafiği

Bütün koruyucu gaz debilerinde en düşük sertlik değeri kaynak bölgesinde ölçülmüştür. Ana metalden ITAB bölgesine doğru gidildikçe sertlik değerleri artmış ve lehim bölgesinde ise önemli miktarda düşüş gözlenmiştir.

3.4. Mikroyapı değişimleri



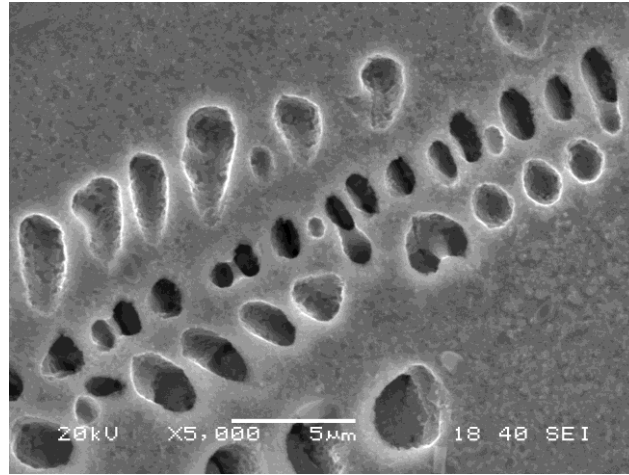
Şekil 6. 12 l/dk koruyucu gaz debisi ile birleştirilen numunenin mikroyapı görüntüleri



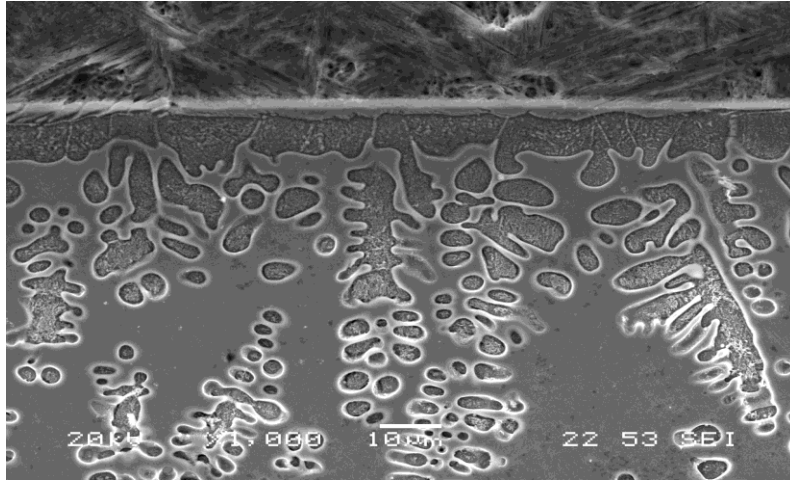
Şekil 6. (Devamı).

Şekil 6.'da 12 l/dk koruyucu gaz debisi ile birleştirme işlemi gerçekleştirilen numunenin farklı bölgelerdeki mikroyapı görüntüleri verilmiştir. A bölgesi ana malzeme, B bölgesi ana malzeme-tesiri altındaki bölge (ITAB) geçişi, C bölgesi ince taneli ITAB, D bölgesi kalın taneli ITAB, E bölgesi ise kalın taneli ITAB-lehim geçişi ve F bölgesi ise lehim bölgesi görüntüsünü vermektedir. Mikroyapı görüntülerinden de anlaşılacağı üzere lehimeleme işleminin gerçekleştirildiği bölgenin komşu bölgelerinde taneler daha büyük ve ana malzemeye gidildikçe tane boyutu küçülmüştür.

Şekil 7. ve Şekil 8.'de 12 l/dk koruyucu gaz akış debisinde birleştirilmiş numunenin ara bölge ve lehim bölgesinden alınan SEM görüntüleri verilmiştir. Dentrit oluşumlarının ana malzeme elementlerinin kaynak bölgesine doğru atomsal yayılım yolu ile oluştuğu görülmektedir.

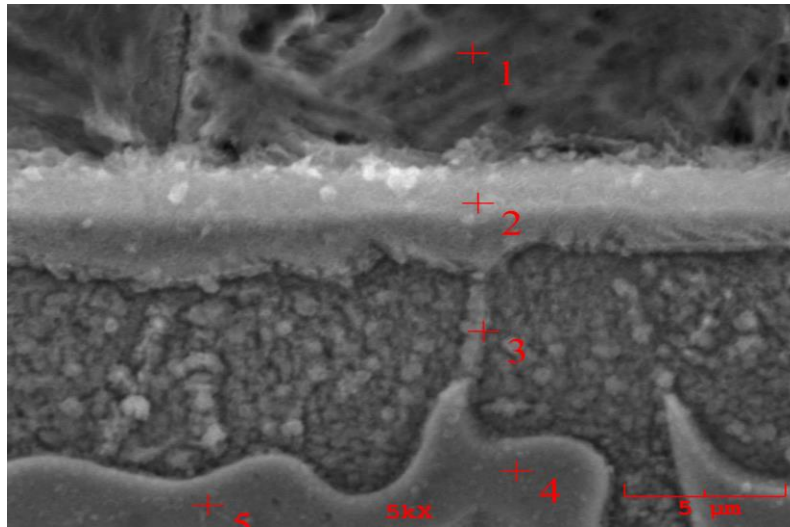


Şekil 7. 12 l/dk koruyucu gaz akış debisinde birleştirilmiş numunenin lehim bölgesi SEM görüntüsü



Şekil 8. 12 l/dk koruyucu gaz akış debisinde birleştirilmiş numunenin ara bölge (TRIP800-lehim) SEM görüntüsü

12 l/dk koruyucu gaz akış debisinde birleştirilmiş numunenin numunenin ara bölgesinden (TRIP800-lehim) alınan EDS analizi Şekil 9.'de verilmiştir. Ana metalden lehim bölgesine doğru ve lehim bölgesinden ana metale elementlerin yayıldığı değerlerden görülmektedir.



Alınan nokta	C	Al	Si	O	Fe	Cu
1	-	-	3.089	-	96.911	-
2	-	-	2.240	18.909	78.851	-
3	2.722	3.535	1.849	11.308	70.285	10.301
4	-	6.287	-	-	8.913	84.801
5	-	7.545	-	-	7.461	84.994

Şekil 9. 12 l/dk koruyucu gaz akış debisinde birleştirilmiş numunenin kimyasal analizi (EDS), ana metal (1), arayüzey (2), arayüzey (3), bakır matris (4), bakır matris (5).

4. Sonuçlar

MIG lehimleme yöntemi ile birleştirilen 1,5 mm kalınlığındaki TRIP 800 çelik sacların, CuAl8 teliyle bindirme formunda birleştirilebilirliği araştırılmıştır. Düşük ısı girdisi nedeniyle, ana metalde az miktarda erime görülmüştür. Farklı koruyucu gaz debilerinde, çekme mukavemeti, sertlik ve mikro ve makro yapı incelemesi yapılmıştır. Maksimum çekme dayanımlarında koruyucu gaz debisi arttıkça çekme mukavemetinin yükseldiği belirli bir değerden sonra düştüğü gözlenmiştir. Farklı koruyucu gaz debilerinde makro yapıda değişiklikler görülmüştür. Sertlik değerlerinin, akım şiddeti arttıkça bazı parçalarda ana metalden kaynak bölgesine doğru düştüğü görülmüştür.

Kaynaklar

- [1] Varol F, Ferik E, Ozsarac O, Aslanlar A, Influence of current intensity and heat input in Metal Inert Gas-brazed joints of TRIP 800 thin zinc coated steel plates. *Mater Des* 2013;52:1099-1105.
- [2] Zhou Y, Hojo T, Koyama M, Ajito S, Akiyama E. Synergistic effects of hydrogen and deformation temperature on mechanical properties of TRIP-aided bainitic ferrite steel. *Mater Sci Eng A* 2022;842:143070.
- [3] Kohar CP, Cherkaoui M, Kadiri HE., Inal K. Numerical modeling of TRIP steel in axial crashworthiness. *Int. J. Plast* 2016;84:224-254.
- [4] Burda I, Zweiacher K, Arabi-Hashami A., Barriobero-Vila P., Stutz A, Koller R et al. Fatigue crack propagation behavior of a micro-bainitic TRIP steel. *Mater Sci Eng A* 2022;840:142898.
- [5] Choi KS, Liu WN, Sun X, Khaleel MA. Microstructure-based constitutive modeling of TRIP steel: Prediction of ductility and failure modes under different loading conditions *Acta Mater* 2009;57:2592-2604.
- [6] Nasri K, Abbadi M, Zenasni M, Azari Z. Numerical and experimental study of crack behaviour at the zinc/TRIP steel 800 interface. *Comput Mater Sci* 2014;82:172-177.
- [7] Sojkaa J, Váňová P, Vodáreka V, Sozańska M. Diffusion of hydrogen in the TRIP 800 steel. *Procedia Materials Science* 2016;12:66-71.
- [8] Chamat A, Aden-Ali S, Gilgert J, Petit E, Nasri K, Abbadi M, Azari Z. Crack behaviour in zinc coating and at the interface zinc-hot galvanised TRIP steel 800. *Eng Fract Mech* 2013;114:12-25.
- [9] Guzman-Aguilera JJ, Martinez-Gonzalez CJ, Baltazar-Hernandez VH, Basak S, Panda SK, Razmpoosh MH et al. Influence of SC-HAZ microstructure on the mechanical behavior of Si-TRIP steel welds. *Mater Sci Eng A* 2018;718:216-227.
- [10] Iordachescu D, Quintino L, Miranda R, Pimenta G. Influence of shielding gases and process parameters on metal transfer and bead shape in MIG brazed joints of the thin zinc coated steel plates. *Mater Des* 2006;21:381-390.
- [11] Singha J, Arorab KS, Shukla DK. High cycle fatigue performance of cold metal transfer (CMT) brazed C-Mn-440 steel joints. *Int J Fatigue* 2020;137:105663.

- [12] Singha J, Arorab KS, Shajanb N, Shuklaa DK, Shome M. Role of bead shape and dispersed intermetallic phases in determining the strength of CMT brazed DP780 lap joints. *J Manuf Process* 2019;44:207-215.
- [13] Zhi-shui Y, Rui-feng L, Kai Q. Growth behavior of interfacial compounds in galvanized steel joints with CuSi3 filler under arc brazing. *T Nonferr Metal Soc* 2006;16:1391-1396.
- [14] Basak S, Das H, Pal TK, Shome M. Characterization of intermetallics in aluminum to zinc coated interstitial free steel joining by pulsed MIG brazing for automotive application. *Mater Charact* 2016;112:229-237.
- [15] Zhang HT, Feng JC, He P, Hackl H. Interfacial microstructure and mechanical properties of aluminium–zinc-coated steel joints made by a modified metal inert gas welding–brazing process. *Mater Charact* 2007;58:588-592.