

## Soğuk Metal Transferi Yöntemi ile Alın Bağlantılı Birleştirilmiş Çarpışma Kutularının Bağlantı Bölgesinin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

<sup>1</sup>Cihan Yakupoğlu, <sup>2</sup>İbrahim Acar, <sup>2</sup>Faruk Varol, ve <sup>3</sup>Salim Aslanlar

<sup>1</sup>Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup>Karasu Meslek Yüksek Okulu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

<sup>3</sup>Malzeme ve Metalurji Mühendisliği, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye

<sup>1</sup> Sorumlu yazar: cihan.yakupoglu@akpres.com.tr

### Özet

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe çarpışma sönümleyici görevini üstlenen çarpışma kutularının üretiminde kullanılan galvaniz kaplı 1.2 mm kalınlığındaki SCGA440 (Çift Faz) çelik levhalar birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi CMT yöntemi uygulaması ile yapılmıştır. Bu uygulamada kaynak hızı 60 cm/dk'da sabit tutularak yapılan alın birleştirmeleri CuSi<sub>3</sub>, SG2 dolgu telleri ile gerçekleştirilmiştir. CMT birleştirme işlemleri yapıldıktan sonra, bağlantı bölgelerindeki çekme mukavemeti (Mpa), çentik darbe enerjisi (J), sertlik değerleri (HV) makro ve mikro testleri yapılarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** SCGA 440 çelik, soğuk metal transferi, CuSi<sub>3</sub>, SG2

## Investigation of the Mechanical Properties of Butt Joint Combined Crash Boxes Joint Area by the Cold Metal Transfer Method

### Abstract

In this study, 1.2 mm thick SCGA 440 (Dual Phase) galvanized steel plates used in the production of crash boxes, which act as collision dampers in the automotive industry, are combined. The welding and brazing processes were done with the application of CMT method. In this application, butt joints made by keeping the welding speed constant at 60 cm/min were made with CuSi<sub>3</sub>, SG2 filler wires. After CMT joining processes, tensile strength in the joint areas (Mpa), notch impact energy (J), hardness values (HV) were examined by macro and micro tests.

**Keywords:** SCGA 440 Steel, Cold Metal Transfer, CuSi<sub>3</sub>, SG2

### 1. Giriş

Otomotiv endüstrisinde kullanılan çarpışma sönümleyiciler için malzemelerin seçimi başta güvenlik olmak üzere, hafiflik, düşük yakıt tüketimi, düşük karbonmonoksit salınımı gibi kriterleri kapsamakta ve önem kazanmaktadır. Bu sebepten dolayı mukavemet bakımından güçlü aynı zamanda istenilen kriterleri sağlayabilen yüksek mukavemetli çeliklere talep çoğalmıştır (Kılıç, Öztürk, 2016, Varol vd.,2015, Şen vd.,2015, Wang vd.,2017). SCGA (Dual Phase) çift fazlı çelikler sünekliği sağlayan ferrit yapı ve mukavemet artırıcı etkisi bulunan martenzit yapıdan oluşmaktadır. Ayrıca SCGA çeliği çekme mukavemetinin yüksek oluşu sebebiyle otomobilde çarpışma sönümleyicilerde, yan panellerde, aks bağlantı parçalarında ve güçlendirme parçaları gibi çarpışmaya maruz kısımlarda kullanılmaktadır (Hayat, 2010, Farabi vd., 2011, Ulu, 2009). Varol yapmış olduğu çalışmalarda TRIP 800 çelik sacını farklı akım şiddetlerinde birleştirmiş, aynı zamanda TRIP 800 ve DP 600 çelik saclarının farklı birleşme özelliklerini incelemiştir (Varol vd., 2013, Varol vd., 2015).

\*İlgili Yazar: Adres: Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İmalat Mühendisliği Bölümü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, 54187, Sakarya TURKEY. **E-posta adresi:** cihan.yakupoglu@akpres.com.tr, **Telefon:** +905363019050

Bu çalışmada 1.2 mm kalınlığındaki SCGA 440 (Dual Phase) çelik sacının CMT birleştirme ile  $\text{CuSi}_3$ , SG2 iki farklı dolgu telinin alın birleştirilmesindeki mekanik ve iç yapı özellikleri incelenmiştir.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Deneyselerde Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada deney malzemesi olarak otomotiv sanayisinde birçok kullanım alanı olan SCGA 440 çeliği kullanılmıştır. Çelik sac 1.2 mm kalınlığında ve her iki yüzeyde  $350\text{-}400\text{ gr/m}^2$  galvaniz kaplanmıştır. Tablo 1’de deney numunesinin kimyasal bileşenleri, Tablo 2’de ise mekanik özellikleri, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6’da kullanılan dolgu tellerine ait kimyasal ve mekanik özellikler verilmiştir.

**Tablo1.** SCGA 440 Kimyasal bileşenleri

%Fe	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ti	%Ni	%Al
Kalan	0,1608	0,017	0,618	0,016	0,007	0,029	0,001	0,024	0,035

**Tablo 2.** SCGA 440 Mekanik özellikleri

Akma Gerilmesi ( $\sigma_{AK}$ )	Maksimum Gerilme ( $\sigma_{max}$ )	Uzama	Sertlik (HV)
374 Mpa	463 Mpa	%33	170

**Tablo 3.** SG2 Kimyasal bileşimi

%C	%Si	%Mn
0,08	0,85	1,5

**Tablo 4.** SG2 Mekanik özellikleri

Akma Gerilmesi ( $\sigma_{AK}$ )	Maksimum Gerilme ( $\sigma_{max}$ )	Uzama	Ergime Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
440 Mpa	540 Mpa	%30	1400-1600

**Tablo 5.**  $\text{CuSi}_3$  Kimyasal bileşimi

Cu	%Si	%Mn	%Fe	%Ni
Kalan %	3,0	1,01	<0,20	0,10

**Tablo 6.**  $\text{CuSi}_3$  Mekanik özellikleri

Akma Gerilmesi ( $\sigma_{AK}$ )	Maksimum Gerilme ( $\sigma_{max}$ )	Uzama	Ergime Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )
130 Mpa	220 Mpa	%30	970-1025

## 2.2. Uygulanan Metod

Alın birleştirme yöntemi, 1 mm çapında CuSi<sub>3</sub> bakır telle CMT-lehimleme 1 mm çapında SG2 çelik telle CMT-kaynak birleştirme metodu kullanılmıştır. Deney numuneleri 200x200x1.2 mm kesilip kaynak hızı 60 cm/dk'da sabit tutulmuştur. Bu deneylerde CuSi<sub>3</sub> dolgu teli için Argon gazı, SG2 dolgu teli için karışım gaz (%90 Ar+%2 O<sup>2</sup>+%8 CO<sup>2</sup>) kullanılmış. Birleştirme işlemi yapılmadan önce deney numunelerinin yüzeyleri aseton ile temizlenmiş ve birleştirme işlemine hazır hale getirilmiştir. Birleştirilen plakalardan standart çekme numunesi ölçüleri ve standart çentik darbe numunesi ölçülerine göre lazer kesim ile alınmıştır. Her numunenin sertlik değerleri ve kırılma enerjileri standarta göre ölçülmüştür. Lehimleme ve yapılan kaynak parametreleri Tablo 7' gösterilmiştir.

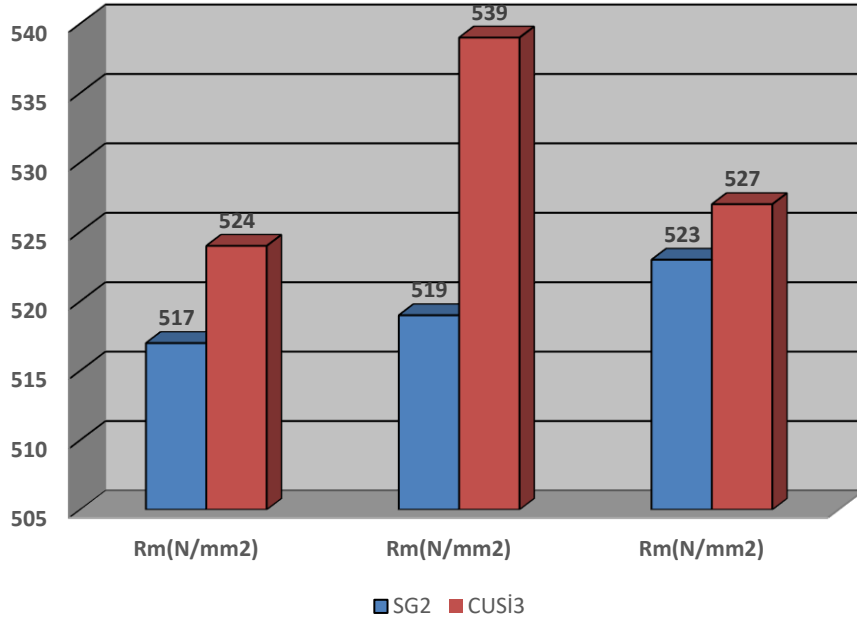
**Tablo 7.** CMT-kaynak ve CMT-lehimleme parametreleri

Parametreler	SG2	CuSi <sub>3</sub>
Kaynak Akımı (Amper)	154	128
Kaynak Gerilimi (V)	14,7	19,9
Kaynak Hızı (cm/dk)	60	60
Tel Sürme Hızı(m/dk)	7	7,2
Kullanılan Gaz	%90 Ar+%2 O <sup>2</sup> +%8 CO <sup>2</sup>	%100 Ar

## 3. Deneysel Sonuçlar

### 3.1. Çekme Deney Sonuçları

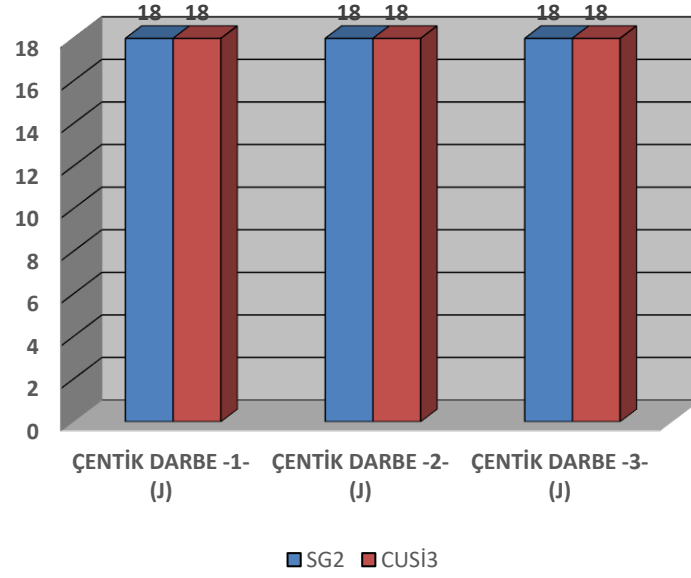
1,2 mm SCGA 440 galvaniz kaplı çelik plakaların 60 cm/dk sabit kaynak hızında, SG2 ve CuSi<sub>3</sub> dolgu telleri kullanılarak birleştirilmesi sonucunda ölçülen maksimum mukavemet değerleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Maksimum çekme gerilmesi ( $\sigma_{max}$ ) SG2 için 523 MPa, CuSi<sub>3</sub> için 539 MPa olarak ölçülmüştür.



**Şekil 1.** 1,2 mm SCGA 440 Çeliğinin 60 cm/dk Kaynak Hızındaki Alın Birleştirmelerinin Maksimum Çekme Mukavemet Grafiği

### 3.2. Çentik Darbe Test Sonuçları

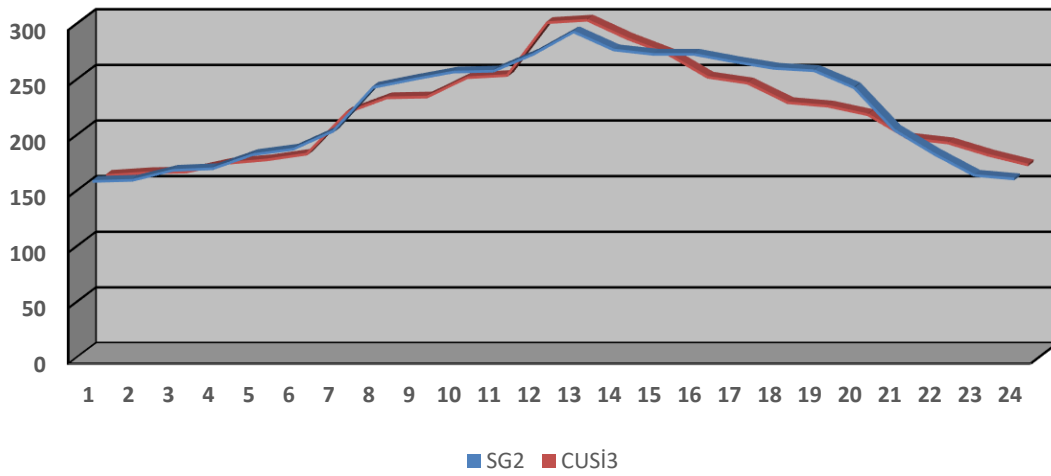
Charpy V çentikli darbe testi TS EN ISO 148-1 ve TS EN ISO 9016 normu standartları göre yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde darbe kırılma enerjisi(J) değerleri aynı çıktığı gözlemlenmiştir.



Şekil 2. 1,2 mm SCGA 440 Çeliğinin Alın Birleştirmesi Çentik Darbe Kırılma Enerji Değerleri

### 3.3. Sertlik Test Sonuçları

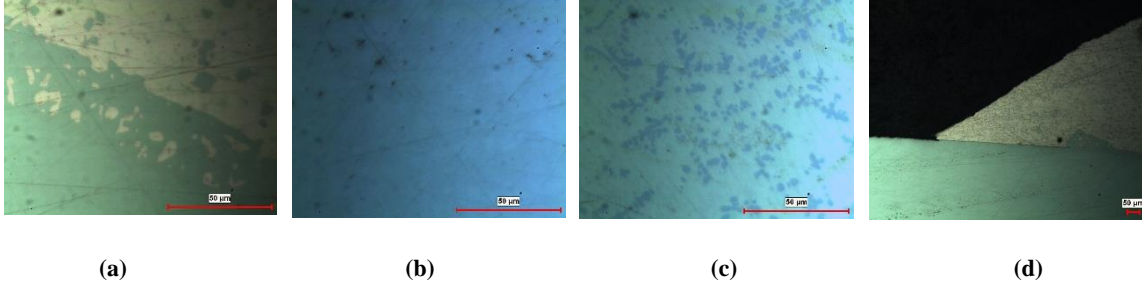
Şekil 3’de iki farklı dolgu telleri ile elde edilmiş sertlik değerleri grafiği gösterilmiştir. Sertlik sonuçlarının en yüksek değeri ITAB (Isı Tesiri Altındaki Bölge) bölgesinde daha sonra ana malzemede ve en düşük ise birleştirme bölgesinde olduğu görülmüştür. Birleştirme bölgesinde 150-170 Hv, ITAB bölgesinde 290-300 Hv arasında değişiklik göstermiş ve ana malzemeye doğru gidildikçe sertlik değerinin düştüğü gözlemlenmiştir.



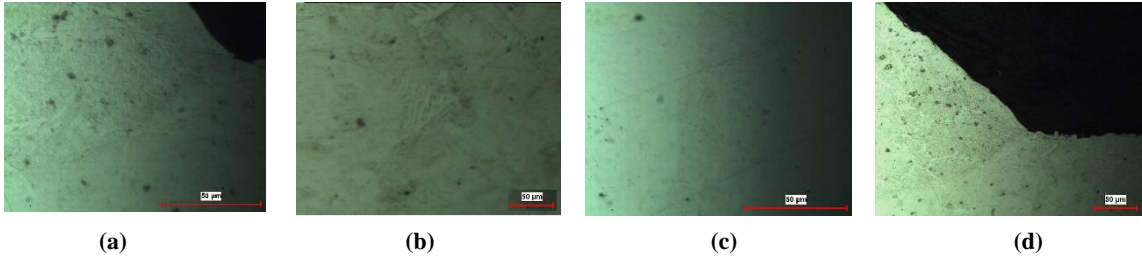
Şekil 3. 1,2 mm SCGA 440 Çeliğinin Alın Birleştirmesi Sertlik(HV) Değerleri

### 3.4. Mikroyapı

Şekil 4'te  $\text{CuSi}_3$ , Şekil 5'te SG2 ve dolgu telleri ile birleştirilmiş deney numunelerinin mikro yapıları ara bölge, ITAB, lehim bölgesi ve uç bölge olarak farklı şekillerde gösterilmiştir. Atomların ana malzemeden birleştirme bölgesine difüzyon ile geçişi gözlemlenmiştir. Birleştirme bölgesinde oluşan dentritler açıkça görülmektedir. Ana malzemede ise sıcaklık tesiri ile tane boyutlarının büyüdüğü görülmektedir. Bu tane büyüklüğü dayanımın düşmesine neden olmaktadır.



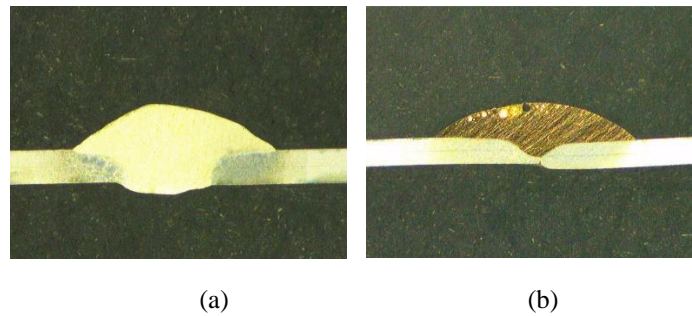
Şekil 4.  $\text{CuSi}_3$  Mikro Yapı Görüntüleri, a)Ara bölge, b)ITAB, c)Lehim bölgesi, d)Uç bölge



Şekil 5. SG2 Mikro Yapı Görüntüleri, a)Ara bölge, b)ITAB, c)Lehim bölgesi, d)Uç bölge

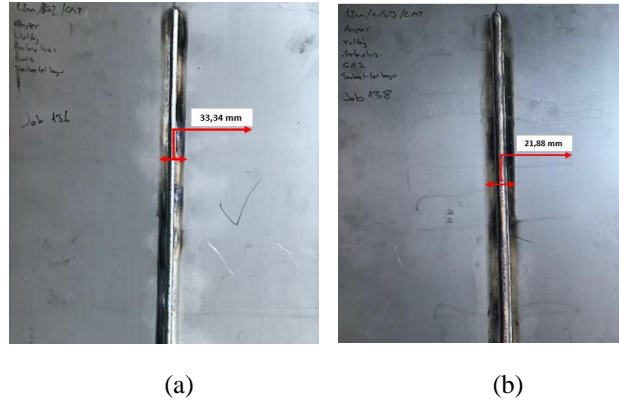
### 3.5. Makroyapı

Şekil 6'da SG2 dolgu teli ile yapılan CMT-kaynak ve  $\text{CuSi}_3$  dolgu teli ile yapılan CMT-lehimleme makro görüntüleri verilmiştir. SG2 dolgu teli ile yapılan kaynak işlemindeki ısı girdisi  $\text{CuSi}_3$  lehimleme işlemine göre daha yüksek olduğundan ana metaldeki ergime daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Birleştirme sonrası makro görüntüleri, a)SG2, b) $\text{CuSi}_3$

Birleştirme sonrası ITAB'daki galvaniz tabakasının buharlaşması gözlemlenmiştir. SG2'de ITAB aralığı 33,34 mm, CuSi<sub>3</sub>'de ITAB aralığı 21,88 mm olarak ölçülmüş olup Şekil 7'de gösterilmiştir. SG2 ile yapılan kaynakta buharlaşma daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. Birleştirme sonrası ısı tesiri altında kalan bölge, a)SG2, b)CuSi<sub>3</sub>

## Sonuçlar

Otomotiv endüstrisinde kullanılan SCGA 440 (Dual Phase) galvaniz kaplı çelik sacına SG2 dolgu teli kullanılarak CMT-kaynak, CuSi<sub>3</sub> dolgu teli kullanılarak CMT-lehimleme yapılmıştır. Bu deneylerden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Birleştirmelerdeki farklı dolgu tellerinin kullanılması mukavemet değerlerini etkilemiş ve en yüksek mukavemet değeri CuSi<sub>3</sub> dolgu telinde 539 Mpa olarak ölçülmüştür.
- CuSi<sub>3</sub> dolgu teliyle birleştirilen numunede ana malzemeden difüze olan Fe atomlarının birleştirme bölgesine doğru geçerek dentrit yapıları oluşturmuştur, oluşan bu dentrit yapılarının yoğunluğu mukavemeti artırdığı gözlemlenmiştir.
- CMT-lehimleme, CMT-kaynak birleştirmelerinde ısı girdisi olmasından dolayı her iki birleştirmede de ITAB bölgesinde sertlik yüksek çıkmış ve ana malzemeye doğru düzgün şekilde sertliğin düştüğü görülmüştür.

## Referanslar

- [1] Kılıç, S., Öztürk, F. (2016) "Ticari TWIP900 ve DP600 Yüksek Mukavemetli Çeliklerin Otomotiv Endüstrisindeki Performanslarının Karşılaştırılması" Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 31:3 sf.567-578.
- [2] Varol, F., Ozsarac, U., Aslanlar, S., Onat, A., Ekici, M., Ferik, E. (2015) "Influence of Current Intensity and Heat Input in MIG-Brazed Joints of DP 600 Thin Zinc Coated Steel Plates" Acta Physica Polonica Vol.127, 968-971.
- [3] Hayat, F. (2010) "TRIP Çeliklerinin Otomotiv Endüstrisinde Kullanımının İncelenmesi" Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt25, No 4, 701-712.
- [4] Farabi, N., Chen, D.L., Zhou, Y. (2011) "Microstructure and Mechanical Properties of Laser Welded Dissimilar DP600/DP980 Dual-Phase Steel Joints" Journal of Alloys and Compounds 509, 982-989.
- [5] Şen, M., Yıldırım, E., Çebi, H., Özdemir, C. (2015) "Çift Fazlı Çeliklerden Üretilen Otomotiv Sac Parçalarının Dizaynında Geri Esnemeyi Optimize Edebilmek İçin Sac Kalınlığına Bağlı Olarak Büküm Radyüslerinin Belirlenmesi" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 12, No:2, 75-95.
- [6] Ulu, S. (2009) "Çift Fazlı Çelikler" Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt:6, No:3, 100-113.

- [7] Varol, F., Ferik, E., Ozsarac, U., Aslanlar, S. (2013) "Influence of Current Intensity and Heat Input in Metal Inert Gas- Brazed Joints of TRIP 800 Zinc Coated Steel Plates" *Materials and Design*, 52, 1099-1105.
- [8] Varol, F., Ekici, M., Ferik, E., Ozsarac, U., Aslanlar, S. (2015) "Investigation of Mechanical Properties of MIG-Brazed TRIP 800 Steel Joints Using Different Working Angles" *Acta Physica Polonica*, Vol.127 965-967.
- [9] Wang, X.N., Sun, Q., Zheng, Z., Di, H.S. (2017) "Microstructure and Fracture Behavior of Laser Welded Joints of DP Steels With SDifferent Heat Inputs" *Materials Science & Engineering*, 699, 18-25.
- [10] Gül, Ü., 1200M çeliğinin (CMT) kaynak yöntemi birleştirilmesinde mekanik ve metalurjik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- [11] Kaya, Ö., Lehimleme tekniğinde otomasyon ve işlem parametrelerinin etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enst. 2008
- [12] Allvar, M., MIG/MAG brazing with cold metal transfer, Master of Science Thesis, KTH Industrial Engineering and Management, Stockholm, 2012.
- [13] CHOVET, C., GUIHEUX, S., Possibilities offered by MIG and TIG brazing of galvanized ultra high strength steels for automotive applications. International Conference Super High Strength Steels, organized by AIM, Roma 2005.