

## Farklı Torç İlerleme Hızlarında Bindirme Birleştirme Formunda CMT-Lehimlenen Çinko Kaplı DP800 Çelik Plakaların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

\*<sup>1</sup>Ibrahim Acar, <sup>1</sup>Faruk Varol, <sup>2</sup>Salim Aslanlar, <sup>3</sup>Cihan Yakupoğlu ve <sup>4</sup>Erman Ferik  
<sup>1</sup>Karasu Meslek Yüksek Okulu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye  
<sup>2</sup>Malzeme ve Metalurji Mühendisliği, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye  
<sup>3</sup>Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, Türkiye  
<sup>4</sup>Solar Rüzgar Enerji Teknoloji Sistemleri ve Metal San. Tic. A. Ş., Bursa, Türkiye

### Özet

Bu çalışmada, 1 mm kalınlığındaki DP800 (Çift Fazlı) çelik plakalar bakır esaslı (CuAl8) ilave tel kullanılarak CMT-lehimleme (Soğuk Metal Transferi) tekniği ile birleştirilmiştir. Numuneler bindirme birleştirme formunda hazırlanmıştır. CMT-lehimleme işlemi, torç ilerleme hızları 21, 24, 27, 34 ve 39 cm/dk olmak üzere 5 farklı değerde yapılmıştır. Dolgu metali olarak büyük oranda bakırdan oluşan CuAl8 teli kullanılmıştır. CMT-lehimleme işlemi gerçekleştirildikten sonra; numunelerin gerilme özellikleri saptanmış ve DP800 çelik sacının CMT-lehimleme tekniği ile birleştirilebilirliğini görmek için birleşme noktalarının mikro ve makro görüntüleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DP800 Çeliği, CMT-Lehimleme, Soğuk Metal Transferi,

## Investigation of Mechanical Properties of Overlap Joint Form in CMT-Brazed Joints of DP800 Thin Zinc Coated Steel Plates Using Different Torch Feed Rates

### Abstract

In this study, DP800 (Dual Phase) steel plates having 1 mm thickness were joined by copper-based (CuAl8) wire in CMT-brazing (Cold Metal Transfer) technique. Specimens were prepared in joining forms as overlap joint. CMT-Brazing operations were done with 5 different CMT-Brazing torch feed rate of 21, 24, 27, 34 and 39 cm/mn. CuAl8 wire composed largely of copper serves as the filler metal were used. Having accomplished the CMT-brazing operations; tensile properties of joints were detected, and micro and macro-structures of joints were investigated in order to see the joinability of DP800 steel by CMT-brazing technique.

**Keywords:** DP800 Steel, CMT-Brazing, Cold Metal Transfer

## 1. Giriş

Son yıllarda otomotiv endüstrisinde kullanılan malzemelerin seçiminde hafiflik, güvenlik, düşük yakıt tüketimi ve düşük karbonmonoksit salınımı gibi kriterler dikkate alınmaktadır. Bu nedenlerden dolayı mukavemet bakımından güçlü aynı zamanda istenilen kriterleri sağlayabilen yüksek mukavemetli çeliklere ilgi artmıştır [1-2-9]. DP (Dual Phase) çift fazlı çelikler sünekliği sağlayan ferrit yapı ve mukavemet artırıcı etkisi bulunan martenzit yapıdan oluşmaktadır. Ayrıca DP çeliği çekme mukavemetinin yüksek oluşu sebebiyle otomobil tekerleklerinde, yan panellerde, aks bağlantı parçalarında ve güçlendirme parçaları gibi çarpışmaya maruz kısımlarda kullanılmaktadır [3-4-6]. Varol yapmış olduğu çalışmalarda TRIP 800 çelik sacını farklı akım şiddetlerinde birleştirmiş, aynı zamanda TRIP 800 ve DP 600 çelik saclarının farklı torç açılarında birleşme özelliklerini incelemiştir [7-8].

Bu çalışmada DP 800 çelik sacının CMT-lehimleme ile birleştirilmesinde farklı torç ilerleme hızlarındaki mekanik ve içyapı özellikleri incelenmiştir.

## 2. Deneysel Çalışmalar

### 2.1 Deneyselerde Kullanılan Malzeme ve Metot

Bu çalışmada deney malzemesi olarak otomotiv sanayisinde çok fazla kullanım alanı olan DP 800 çeliği kullanılmıştır. Çelik sac 1 mm kalınlığında ve galvaniz kaplanmıştır. Tablo 1’de deney numunesinin kimyasal bileşenleri, Tablo 2’de ise mekanik özellikleri verilmiştir.

**Tablo1.** DP 800 kimyasal bileşenleri

Fe	C	Si	Mn	P	S
%Kalan	%0,1028	%0,502	%2,32	%0,0156	%0,0023

**Tablo 2.** DP 800 Mekanik özellikleri

Akma Gerilmesi ( $\sigma_{Ak}$ )	Maksimum Gerilme ( $\sigma_{max}$ )	Uzama	Pekleşme üsteli (n)	Kaplama Ağırlığı (Zn)
477 Mpa	820 Mpa	%21	0,18	62-62,7 gr/m <sup>2</sup>

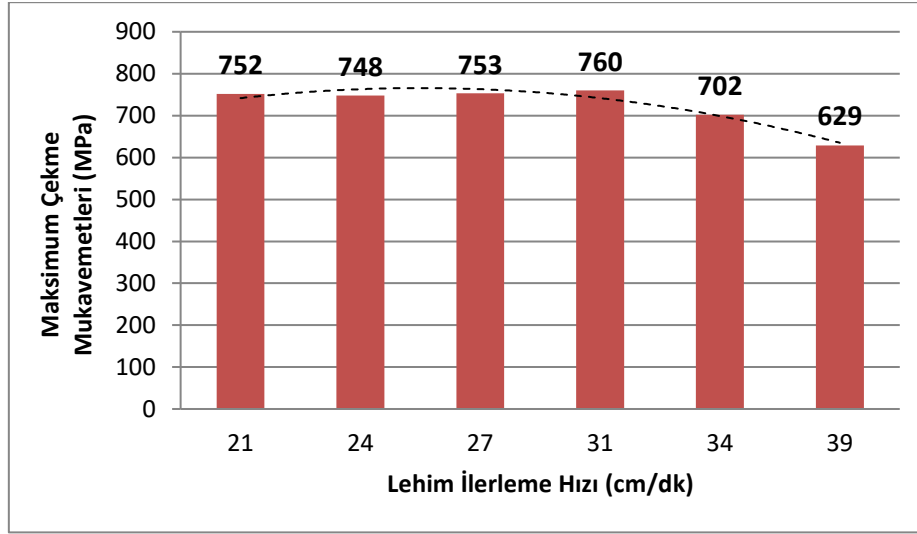
CMT-lehimleme yönteminde bağlantı elemanı olarak 1 mm çapında CuAl<sub>8</sub> bakır tel kullanılmıştır. Deney numuneleri 200x200x1 mm kesilerek 21, 24, 27, 34 ve 39 cm/dk farklı torç ilerleme hızlarında bindirme yöntemiyle lehimleme işlemi yapılmıştır. Bu deneylerde Argon gazı kullanılmış ve 12 Lt/dk gaz akış debisi sağlanmıştır. Akım değeri olarak 80A belirlenmiştir. Lehimleme işlemi yapılmadan önce deney numunelerinin yüzeyleri aseton ile temizlenmiş ve birleştirme işlemine hazır hale getirilmiştir.

## 3.Deneysel Sonuçlar

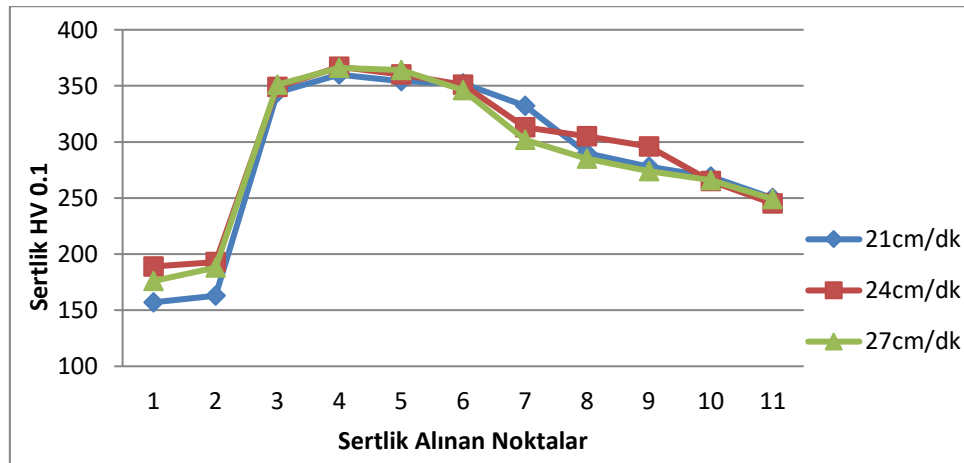
Deneyler bindirme yöntemi ile farklı torç ilerleme hızları kullanılarak yapılmış ve plakalar standart çekme numunesi ölçülerine göre lazer kesim ile kesilmiştir. Ayrıca her numunenin lehim bölgesinden başlamak üzere 0,5 mm aralıklarla Şekil 2 de 1-11 aralığında ana malzemeye kadar sertlik değerleri ölçülmüştür.

### 3.1 Çekme Deney Sonuçları

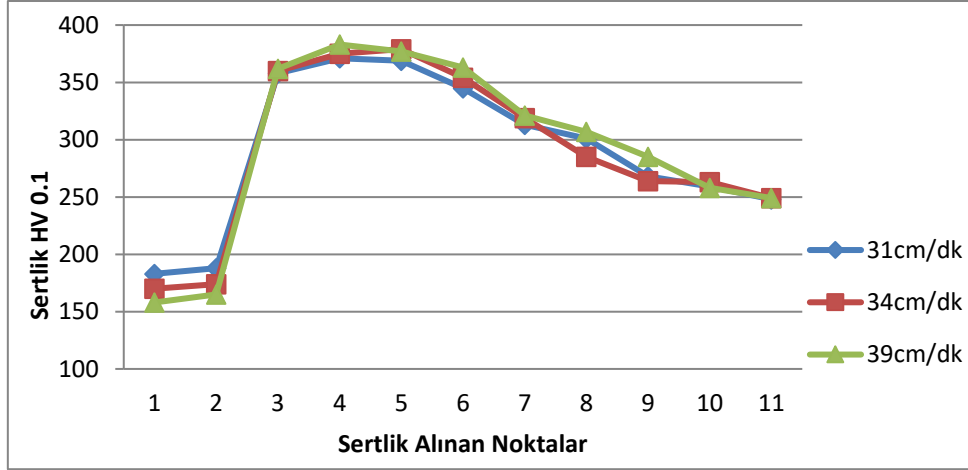
Torç ilerleme hızları ile mukavemet arasındaki bağıntı Şekil 1'de gösterilmiştir. Maksimum çekme gerilmesi ( $\sigma_{max}$ ) değerinin 31 cm/dk torç ilerleme değerinde 760 MPa olarak ölçülmüştür. 21 cm/dk ilerleme hızında 752 MPa çekme gerilmesi ölçülmüştür. Daha sonra gerilme ( $\sigma$ ) değeri artış gösterecek 760 MPa'a çıkmıştır. Torç ilerleme hızı 34 cm/dk'ya çıktığında ise 58 MPa'lık mukavemet düşüşü gözlemlenmiştir. Torç ilerleme hızı 39 cm/dk'ya çıkarıldığında ise en düşük gerilme değeri olan 629 MPa elde edilmiştir. Böylece en yüksek gerilme değerinin 31 cm/dk'lık torç ilerleme hızında elde edildiği saptanmıştır.



Şekil 1. DP 800 Birleşme Bölgesinde Maksimum Çekme Mukavemeti- Torç İlerleme Hızı Grafiği



Şekil 2. Sertlik Değerleri



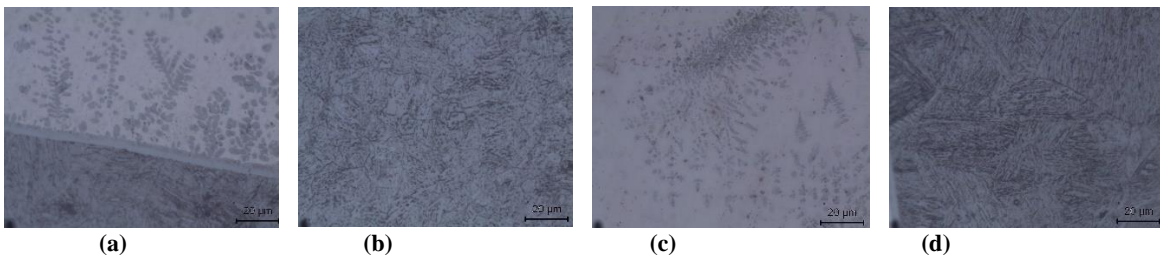
Şekil 3. Sertlik Değerleri (devamı)

### 3.2 Sertlik Test Sonuçları

Şekil 2’de farklı torç ilerleme hızlarında elde edilmiş sertlik değerleri grafiği gösterilmiştir. Ölçülen mikrosertlik dağılımları üç bölgeden oluştuğu görülmektedir. Bunlar; lehim bölgesi, ısı tesiri altında kalan bölge (ITAB) ve ana malzemedir. Sertlik değerinin en düşük olduğu bölge lehim bölgesidir. Bu bölgedeki sertlik değerleri 155HV-190HV arasında değişmektedir. Sertlik değerinin en yüksek olduğu bölge ise ısı tesiri altında kalan bölge olduğu görülmektedir. Bu sertlik değeri ITAB bölgesinden ana malzemeye doğru gidildikçe düştüğü gözlemlenmiştir. Lehim bölgelerinden alınan sertlik değerlerine bakıldığında 39 cm/dk lehim ilerleme hızında diğer ilerleme hızlarına nazaran biraz daha düşük sertlik değeri ölçülmüştür. ITAB bölgelerine bakıldığında ise 31 cm/dk, 34 cm/dk ve 39 cm/dk ilerleme hızlarında 3730HV-385HV arasında sertlik değerleri ölçülmüştür. 21 cm/dk, 24 cm/dk ve 27 cm/dk ilerleme hızlarında elde edilen numunelerin ise ITAB bölgeleri diğerlerinden daha geniş olduğu görülmüştür.

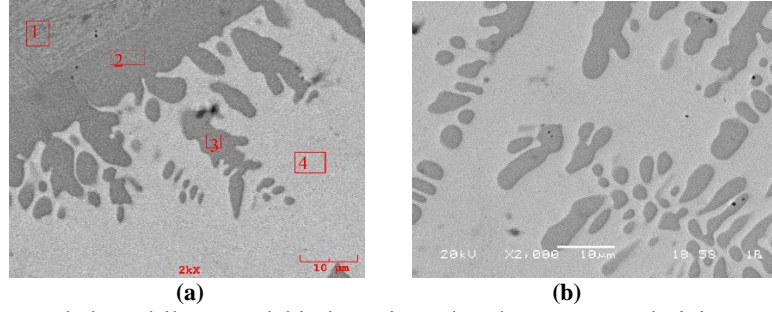
### 3.3 Mikroyapı

Şekil 3’te 31 cm/dk’lık torç ilerleme hızı ile birleştirilmiş deney numunelerinin mikro yapıları, ara bölge, uç bölge, ITAB ve lehim bölgesi olarak farklı şekillerde gösterilmiştir. Atomların ana malzemeden lehim bölgesine difüzyon ile geçişi gözlemlenmiştir. Lehim bölgesinde oluşan dentritler açıkça görülmektedir. Ana malzemede ise sıcaklık tesiri ile tane boyutlarının büyüdüğü görülmektedir. Bu tane büyüklüğü dayanımın düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 3. Mikro Yapı Görüntüleri, a)Ara bölge, b)ITAB, c)Lehim bölgesi, d)Uç bölge

Torç ilerleme hızı 31 cm/dk olan numunenin taramalı electron mikroskobu (SEM) ile alınan görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir. Şekil 4-a'da ana malzeme, ara bölge ve lehim bölgesi beraber gösterilmiştir. Şekil 4-b'de ise lehim bölgesinde oluşan dentritler görülmektedir. Deney esnasında ana malzeme yüzeyinden lehim bölgesine doğru ısının etkisi ile geçiş sağlayan demir (Fe) atomları bu dentritleri oluşturmuştur. Tablo 3'te oluşan bu dentritlerdeki kimyasal oran değişimi açıkça görülmektedir.



Şekil 4. CuAl<sub>8</sub> bakır tel ile CMT-lehimlemesi yapılan deney numunelerinin SEM görüntüleri, 1- Ana malzeme, 2- Ara bölge, 3- Dentrit, 4- Lehim bölgesi

Tablo 3. EDS analiz sonuçları

Analiz Noktaları	Elementler (%)				
	Fe	Al	Cu	Si	Mn
1	96,482	-	-	1,537	1,982
2	85,122	4,680	7,641	1,997	0,560
3	75,646	9,097	14,156	1,101	-
4	3,119	9,899	86,981	-	-

## Sonuçlar

Otomotiv endüstrisinde çokça kullanılan DP800 çelik sacının CMT-lehimleme yöntemi ile farklı torç ilerleme hızlarında yapılan deneylerde ana malzemedeki ergime yok denilecek kadar az olduğu gözlemlenmiştir. Bu deneylerden aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Torç ilerleme hızı değerlerinin farklı olması mukavemet değerlerini etkilemiş ve en yüksek mukavemet değeri 31 cm/dk'lık torç ilerleme hızında 760 MPa olarak ölçülmüştür.
- Mikroyapı ve SEM analizlerinde sıcaklık etkisi ile ana malzemedeki kopan Fe atomlarının lehim bölgesine doğru geçerek dentritleri oluşturmuş ve bu oluşan dentritlerin yoğunluğu mukavemeti etkilediği gözlemlenmiştir.
- CMT-lehimleme esnasında ısı girdisi olmasından dolayı 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 Different Heat Inputs” Materials Science & Engineering, 699, 18-25.