



## MAG Kaynak Yöntemi ile Birleştirilen SPH440-OD Çeliğinin Kaynak Dikişi ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Mustafa Bayram KAYA\*<sup>1</sup>, Muhammed ELİTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Makine Mühendisliği ABD, Türkiye, mustafabayram9898@hotmail.com

<sup>2</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Türkiye, muhammed.elitas@bilecik.edu.tr

### Anahtar Kelimeler

SPH440-OD Çeliği  
MAG Kaynağı  
Mekanik Özellikler  
Kaynak Dikişi

### Öz

Bu çalışma içerisinde, 3 mm sac kalınlığına sahip sıcak haddelenmiş SPH440-OD otomotiv yapısal çeliğine kaynaklamadan önce literatüre göre belirlenen boyutlarda kesim yapılmıştır. Kaynak parametrelerinde akım/tel ilerleme hızı sabit tutulmuş, 3 farklı gerilim değerinde sac malzemeler (MAG-Metal Aktif Gaz) kaynağı ile kaynaklanmıştır. Kaynaklanmış plakalar üzerinde standarda uygun belirlenen ölçüde tel erozyonla kesme işlemi uygulanmıştır ve çekme deneyleri kapsamında deneysel numuneler oluşturulmuştur. Mekanik özelliklerin incelenmesi kapsamında çekme deneyi uygulamaları yapılmış ayrıca kaynak dikişinin mekanik davranışı ve kaynak parametrelerinin kaynak dikişi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, belirlenen kaynak parametre değişkenlerinin kaynak dikişinin kalitesine ve çekme dayanımına etki ettiği görülmüştür. Değişen gerilim değerlerinin kaynak arkının boyutunu etkilediği gerilimin artmasıyla kaynak dikişinin geniş bir hal aldığı ve buna göre de birleşimin çekme mukavemetini etkilediği gözlemlenmiştir.

## Investigation of Weld Seam and Mechanical Properties of SPH440-OD Steel Joined by MAG Welding Method

### Keywords

SPH440-OD Steel  
MAG Welding  
Mechanical Properties  
Weld Seam

### Abstract

In this study, hot-rolled SPH440-OD automotive structural steel with 3 mm sheet thickness was cut in dimensions determined according to the literature before welding. Current/wire feed rate was kept constant in the welding parameters, and sheet materials were welded with (MAG-Metal Active Gas) welding at 3 different voltage values. Wire erosion cutting was applied on the welded plates to the extent determined in accordance with the standard, and experimental samples were created within the scope of tensile tests. Within the scope of examining the mechanical properties, tensile tests were carried out and the mechanical behavior of the weld seam and the effect of welding parameters on the weld seam were examined. As a result, it was seen that the determined welding parameter variables affected the quality and tensile strength of the weld seam. It has been observed that varying voltage values affect the size of the welding arc, as the voltage increases, the weld seam becomes wider and accordingly affects the tensile strength of the joint.

## Giriş

SPH440-OD, otomobil yapı çeliği alanında kullanılan sıcak haddelenme ile üretilen bir çelik sac türüdür. JIS (Japanese Industrial Standards) a göre G3113 standartına ait bir çelik türüdür. Ayrıca TSG3100G Toyota üretim kodu ile adlandırılmış minimum çekme dayanımının 440 MPa olduğu yapı çeliği olarak da tanımlanmaktadır.

Bu çelik ilk paragrafta belirtildiği gibi otomotiv endüstrisinde kullanıma sahiptir. Yüksek mukavemetin gerekli olduğu aynı zamanda şekil alabilme (darbe sönümleme-aşırı yüklenme durumunda bozulmama) özelliği gösteren araç şasisi, tekerleği gibi uygulama alanları bulunmaktadır [1-3].

SPH440-OD sıcak haddelenmiş yapısal otomobil çeliğinin birleştirilmesinde robot ark kaynağı [4], punta kaynağı [5] gibi kaynak türlerinden farklı olarak MAG gaz altı ark kaynağı tercih edilmiştir. Aynı zamanda yapı çeliği olması sebebiyle gaz altı ark kaynağına uyumlu olacağı düşünüldüğünden bu kaynak türünde akım/ tel ilerleme hızı sabit tutulmuş, 3 farklı gerilim değerinde uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

MIG (Metal Inert Gaz) / MAG (Metal Aktif Gaz) gaz altı ark kaynağı uygulamalarında malzemelerin kaynaklanabilmesi için ısının oluşması gerekmektedir. Bu ısı devamlı beslenen elektrotla, malzeme arasında oluşan arkın ve oluşan kaynak akımının tel elektrottan geçmesi ile oluşan etkileşme sonucu ısınmanın gerçekleşmesi ile telin ergimesinin/erimesinin sağlanması mantığına dayanmaktadır. Kullanılan koruyucu gaz ile ortamda kaynağı olumsuz etkileyecek sebepler ortadan kaldırıldığından bu iki yöntemde gazaltı ark kaynağı uygulamaları/yöntemleri olarak isimlendirilir [6].

Bu çalışmada belirlenen ideal kaynak parametre değişkenlerinin kaynak dikişi üzerindeki etkisi ve mekanik davranışlarının incelenmesi (çekme deneyi) hedeflenmiştir. SPH440-OD otomobil yapı çeliği temelinde MAG kaynak uygulamalarına katkı sağlayacak olması çalışmanın literatüre vereceği katkı açısından önemini göstermektedir.

## Materyal ve Yöntem

SPH440-OD çeliği otomobil endüstrisinde yüksek mukavemet ve şekil alabilme yeteneği gösterebilmesi sebebiyle yapı çeliği olarak kullanılmaktadır [2]. Bu çeliğe ait kimyasal bileşim değerlerine Tablo 1’de değinilmiştir. Ayrıca malzeme ile ilgili mekanik özelliklerin bulunduğu değerler Tablo 2 içerisinde sunulmuştur. Çizelgelerde JIS G3113-2018 standardına bağlı kalınarak veriler oluşturulmuştur. Bu standartta SPH440-OD çeliği SAPH440 isimlendirmesi ile belirtilmiştir [1,2,7].

**Tablo 1.** SPH440-OD Kimyasal bileşimleri (%) [1,2,7]

Çelik Sembolü JIS G3113	C	Si	Mn	P	S	Diğer
SAPH440 [1]	≤ 0,15	≤ 0,80	≤ 1,90	≤ 0,025	≤ 0,010	-
SAPH440 [2]	≤ 0,21	≤ 0,30	≤ 1,50	≤ 0,025	≤ 0,025	≤ 0,010
SAPH440 [7]	-	-	-	0,040 maks	0,040 maks	-

Tablo 1 içerisinde 3 farklı referans için farklı kimyasal bileşimler gösterilmiştir. 1. referansta (Nippon Steel) sıcak haddelenmiş çelik üreticisinin verisine göre kendi özel kodu ile oluşturdukları NSHA440B kodlu çelik üretimi bu çalışmadaki 3 mm kalınlığındaki SPH440-OD/ SAPH440 çeliği ile aynı mekanik özelliği gösterdiği görüldüğünden dolayı Tablo 1 içine kimyasal bileşim verisi eklenmiştir.

**Tablo 2.** SPH440-OD Mekanik özellikleri [1]

Çelik Sembolü JIS G3113	Akma Noktası (MPa)		Uzama (%)							Çekme Mukavemeti (MPa)
	Kalınlık (t) (mm)		Kalınlık (t) (mm)							
SAPH440	t<6	6≤t<8	8 t≤14	1,6≤t<2,0	2,0≤t<2,5	2,5≤t<3,15	3,15≤t<4,0	4,0≤t<6,3	6,3≤t≤14,0	440≤
	305≤	295≤	275≤	29≤	30≤	32≤	33≤	34≤	35≤	

Temin edilen 3 mm kalınlığındaki SPH440-OD çeliğinin öncelikle belli bir boyuta getirilmesi gerektiğinden dolayı Kaya [8], çalışmasındaki plaka ölçü boyutunda malzemeler EHS 10-31 M giyotin kesme makinesinde ayarlatılıp 300x75 mm boyutlarında hazırlanmıştır.

Daha sonrasında kesme işleminden elde edilen sac plaka malzeme üzerinde MAG kaynaklama işlemlerinin yapılabilmesi için farklı kaynak parametre kombinasyonu ayarlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaynak

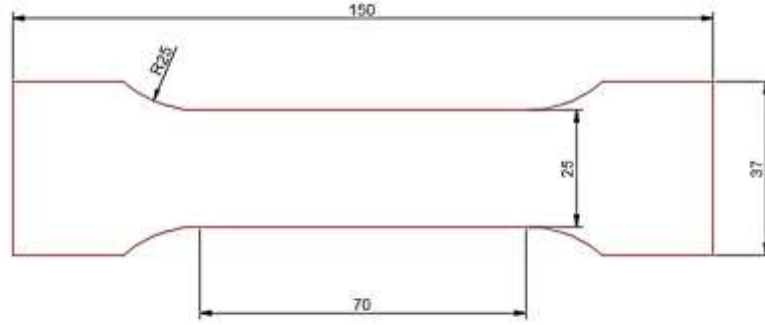
parametrelerini elde etmek için kullanılan çelik malzemeden arta kalan hurda malzemeler üzerinde kaynaklama işlemleri yapıldı ve optimum değişken parametreler (akım /tel ilerleme hızı, gerilim) belirlendi (Tablo 3).

**Tablo 3.** Belirlenmiş değişken kaynak parametre değerleri

Akım (A) / Tel İlerleme Hızı (m/dk)	Gerilim (V)
6	15
6	17
6	19

Kaynak işleminde kullanılan kaynak makinesi GekaMak PowerPlus+ Plus MIG 250 PFC'dir. Kullanılan kaynak teli Magmaweld MG2 1,2 mm çapındaki gazaltı (MAG) alaşımız çelikler için kullanılan kaynak telidir. Koruyucu gaz olarak HB 212 50 230 karışım gazaltı (MAG) koruyucu gazı kullanılmıştır. Koruyucu gaz bileşimi, %2 oksijen, %12 karbondioksit ve artı olarak balans argon gazı içerir [9]. Tablo 3'teki belirlenen değerler göz önünde bulundurularak kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Daha sonrasında 3 adet kaynaklı plakadan çekme deneyi uygulamasında kullanabilmek için 9 adet çekme numunesi elde edildi. Kesim işlemleri tel erozyon tekniği ile gerçekleştirildi. Tel erozyon işleminde kesim esnasında karışıklığı önlemek için plakalara kodlandırma uygulandı. Tablo 3'teki veri sırasında yukarıdan aşağıya sıralı halde 3A-3B-3C olacak şekilde isimlendirme uygulandı. Çekme numunelerinin boyutları ISO 4136 standardına bağlı kalınarak oluşturuldu (Şekil 1) [10].



**Şekil 1.** Çekme numunesi boyutları

Çekme deneyi için önceden hazırlanmış 9 adet numune, Shimadzu AG-IC (100 kN) çekme-basma cihazında çene kısımlarına numuneler tek tek yerleştirilerek çekme işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Numunelere kopana kadar çekme kuvveti uygulanmıştır. Deneysel işlemlerde ilk boy 100 mm, kesit alan ise 75 mm kabul edilerek işlemler gerçekleştirilmiştir. Çene hareket hızı 2mm/dk olarak ayarlanmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Çekme deneyi, kaynaklı numunelerin mekanik davranışının incelenmesinde fayda sağlayan gerilme-yüzde uzama grafiği ile numune ile ilgili akma noktası, maksimum çekme mukavemeti ve kopma noktası gibi bilgilerin görülebilmesi açısından önem taşımaktadır. Kaynak parametre değişkenleri ile kaynaklı birleşimin mukavemeti arasındaki ilişkinin kurulabilmesi açısından uygulanması gereken temel bir deney olarak kabul edilmektedir.

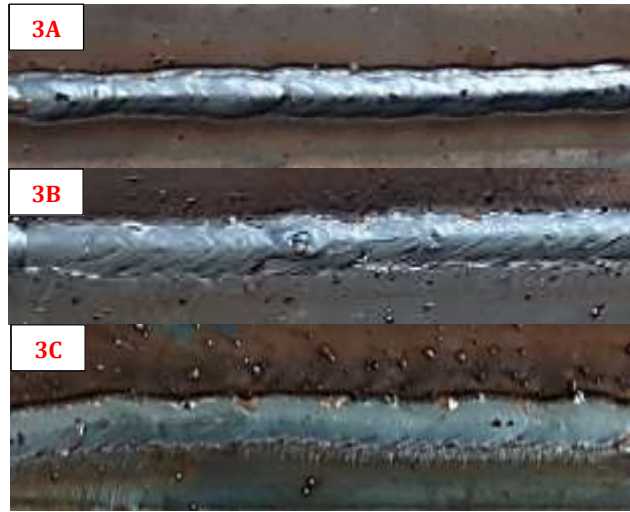
Uygulanan bu deney ile 9 adet çekme numunesi için maksimum çekme mukavemeti, maksimum yüzde uzama ve maksimum kuvvet değerlerine ulaşılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Kaynaklı plakaların ortalama maksimum çekme gerilmesi (MPa) ve yüzde uzama verileri (%)

Kaynaklı numunelerin plaka kodları	Ort Max Çekme Gerilmesi (Mpa)	Ort Max Yüzde Uzama (%)	(Akım (A)- Tel ilerleme hızı m/dk)- Gerilim (V)
3A	492	18	6-15
3B	510	20	6-17
3C	512	20	6-19

Tablo 4 incelendiğinde 19 V gerilim değerinde elde edilen kaynaklı birleşimin en yüksek çekme mukavemetine sahip olduğu görülmüştür. Bu bağlamda, gerilim değerlerinin kademeli olarak artmasının ortalama çekme mukavemeti değerini de arttırdığı gözlenmiştir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde gerilim değerinin artmasıyla kaynak dikişinin artış gösterdiği ifade edilmiştir. Gerilimin çok düşük olması dar, dışbükey

görünümü dikişlerin oluşmasına yol açmaktadır [6]. Farklı gerilim değerlerinde elde edilen kaynak dikiş görüntüleri Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. 3A, 3B ve 3C plakalarının kaynak dikişi kesitleri

Şekil 2’de kaynak dikişleri incelendiğinde gerilim değerinin artmasıyla 3A plakasından 3C plakasına doğru kaynak dikiş genişliğinin de arttığı gözlemlenebilmektedir, Kaynak ark düzeninde üç plaka içinde olumsuzluk görülmesi de 3A plakasına ait dikiş görünümünde gerilim değerinin daha az olduğu göz önünde bulundurulduğunda kaynak dikiş yüksekliğinin daha fazla olduğu görülmektedir. Kaynakçının el kabiliyeti ve kaynak hızının uygun seviyede olması üç plaka içinde kaynak dikişinin düzensiz olmasını engellemiştir [11].

## Sonuçlar

Bu çalışmada özetle aşağıdaki sonuçlara varılmaktadır.

1. 15 V, 17 V ve 19 V gerilim değerlerinde sağlıklı kaynaklı birleşimler elde edilmiştir. Kaynak kalitesini etkileyen herhangi bir problem ile karşılaşılmamıştır.
2. Kaynak parametrelerinde gerilim değerlerinin kademeli olarak artması ortalama çekme mukavemeti değerini arttırmıştır.
3. Gerilim değeri arttıkça kaynak dikiş genişliği artış göstermiştir.
4. Gerilim değeri azaldıkça kaynak dikiş yüksekliği artmıştır.

## Referanslar

1. Nippon Steel Corporation. (2019-2020). Hot-Rolled Steel Sheets and Coils. Tokyo, 2x6x1 Marunouchi Chiyodaku, Japonya. Erişim adresi: [https://www.nipponsteel.com/product/catalog\\_download/pdf/U001en.pdf](https://www.nipponsteel.com/product/catalog_download/pdf/U001en.pdf)
2. BBN Steel Co.,Ltd. JIS G3113 SAPH440 chemical & mechanical composition. Erişim adresi: [http://www.bbnsteelplate.com/news/jis-g3113-saph440-chemical-mechanical-composition\\_933.html](http://www.bbnsteelplate.com/news/jis-g3113-saph440-chemical-mechanical-composition_933.html)
3. MST Steel Inc. (tarih yok). Hot rolled steel-MST steel carries the following types of hot rolled steel. Erişim adresi: <https://www.mststeel.com/hot-rolled-steel/>
4. Okuyan, A. A. & Uzun, H. (2017). Boru ile lamanın robot ark kaynak tekniğiyle birleştirilmesinde optimum kaynak parametrelerinin belirlenmesi. El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 4(2), 297-307.
5. Kasih, T. P., Kharisma, A., & Suryanto, A. (2018). Optimization of spot welding process parameters on dissimilar and unequal thickness of metal sheets by using by using Taguchi technique. The 2nd International Conference on Eco Engineering Development 2018 (ICEED 2018). IOP Yayınları. doi:10.1088/1755-1315/195/1/012036
6. Kahraman, N., & Gülenç, B. (2020). Modern kaynak teknolojisi ve kaynak işlerinde iş sağlığı ve güvenliği (Genişletilmiş 4.baskı). Ankara: Epa-Mat Basım Yayın Ltd. Şti. ISBN: 978-605-89189-3-1
7. JFE Steel Corporation. Hot rolled steel sheet. Chiyodaku, Tokyo, Japonya. Erişim adresi: <https://www.jfe-steel.co.jp/en/products/sheets/catalog/b1e-001.pdf>
8. Kaya, Y. (2018). S235JR ile S355JR yapı çeliklerinin özlü tel elektrodla MAG kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin araştırılması. Politeknik Dergisi, 21(3), 597-602.
9. ELKA Sanayi ve Tıbbi Gazlar TIC.LTD.ŞTİ. HB212 karışım gazı. Erişim adresi: <https://www.elkagaz.com.tr/hb212-karisim-gazi-nedir>
10. Mazlum Boru. (2017). ISO 4136’ya göre saclar ve yassi mamuller için hazirlanan kaynakli çekme numunesi şekli ve ölçüleri. Erişim adresi: <https://www.mazlumboru.com.tr/tr/upload/2017/03/kaynakli-cekme-test-numunesi-iso-4136.pdf>

11. Tarcan, O., Karadođan, G., Mutlu, B., Cořkun, S & Çelikođlu, İ. (2017). Kaynaklı parçalarda görölen hatalar. Erişim adresi: <https://slideplayer.biz.tr/slide/11514515/>