

## Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Hardox 450 ve St52 Malzeme Çiftinin Birleştirilebilirliğinin İncelenmesi

Musa KILIÇ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Malzeme ve İmalat Mühendisliği / Lisansüstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Batman Üniversitesi, Türkiye

\*(musa.kilic@batman.edu.tr)

**Özet** – Bu çalışmada toz metalurjisi yöntemi kullanılarak Hardox 450 ve St52 çelik çiftinin birleştirilebilirliği incelenmiştir. Bütün kaynak birleştirmelerinde farklı akım değerleri (350, 400, 450, 500 A) kullanılmıştır. Voltaj ve tel sürme hızları sabit tutulmuştur. Kaynak işlemi sonrası makro ve mikroyapı analizi ile mikrosertlik ölçümleri gerçekleştirildi. Makro görüntülerde ana malzeme, itab ve kaynak bölgesi olmak üzere üç bölge gözlenmiştir. Ayrıca en geniş kaynak dikişinin 500 A kullanılarak yapılan N1 numunesinde elde edilmiştir. Kaynak metali mikroyapı bölgesinde dentritik ve sütünlü yapıların ara bölgeye doğru uzadığı gözlenmiştir. Mikrosertlik sonuçlarında ise en yüksek mikrosertlik değerinin Hardox 450 bölgesinde 394 HV0.2 ölçülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** – Tozaltı Kaynak, Hardox 450, St52 Malzeme

### I. GİRİŞ

İmalat, savunma ve otomotiv sanayilerinde ar-ge inovasyondaki gelişmeler farklı malzemelerin daha verimli ve ekonomik bir şekilde birleştirilmesini önemli hale getirmiştir. Farklı kimyasal özelliklere sahip malzemelerin kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi sonucunda birleştirilen malzemelerin farklı özellikleri bir araya getirilmiş olur [1-3].

Kaynak metal malzemelerde kaliteli birleştirmelerin elde edilmesine ihtiyaç duyulan birçok sektörde önem arz eden bir tekniktir [4]. Yöntem; iki farklı malzemeyi ısı/basınç veya herikisini kullanarak ilave bir metal kullanarak veya kullanmayarak yapılan sabit bir birleştirme işlemidir.

Yöntemde iş parçası ve elektrot arasında meydana gelen ark ile oluşan ısı sayesinde meydana gelen ergiyik havuzu sayesinde birleşme sağlanır. Kaynak işleminde; kaynak bölgesinin ITAB (Isının tesiri altındaki bölge), kaynak metalinin kimyasal özelliği, oluşan fazlar, malzemelerde ve kaynak metalinde meydana gelen mikro ve makro değişimleri bilinmesi önem arz etmektedir [5].

Tozaltı kaynağı bir ark çeşidi olup [6], 1933'te ABD'de geliştirilmiş ve 19997'de Avrupa'da uygulanmaya başlanmıştır [7]. Uluslararası kaynak birliğinin tanımına göre; iş parçası ile metal tel elektrot arasında oluşturulan bir ark sayesinde meydana ısı ile iki farklı metalin birleşmesini sağlayan bir ark yöntemidir. Kaynak banyosunu korumak için özel alaşıma sahip bir toz kullanılır [8].

Yöntemde süreç değişkenlerinin kolay kontrolü, kaliteli ve pürüzsüz dikişler ile işlemin otomasyon kolaylığından dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir [1, 7]. Tozaltı ark kaynağı, yüksek biriktirme oranı ve yüksek kaynak kalitesi nedeniyle, basınçlı kap, deniz aracı, boru hatları, açık deniz yapılarının imalatında ve dolgu kaynaklarında yaygın olarak kullanılmaktadır [4,].

Malzeme seçiminde aşınma, tokluk ve sertlik önemli parametreler arasında yer almaktadır. Aşınma ve sertliğin arandığı birçok sektörde Hardoks çeliği yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çeliklerin yüksek dayanımları sayesinde servis ömürleri uzundur. Bu çelikler özellikle yüksek

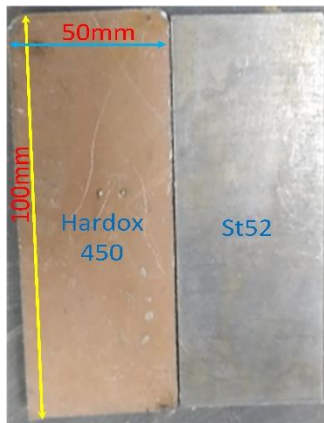
aşınma direnci gerektiren damper kasaları, ekskavatör kepçeleri ve kırıcı gibi birçok alanda tercih edilmektedir [9, 10].

Erden vd., tozaltı kaynak yöntemi ile genel amaçlı yapı çeliği ve hardoks hituf çelik malzemelerini birleştirdiler. Bütün kaynaklı bağlantılarda aynı kaynak parametreleri (325 A, 30-32 V) kullanılmıştır. Hardoks hituf çelik malzeme kullanılarak yapılan kaynaklı bağlantıların daha yüksek sertlik gösterdiği tespit edildiğın, ayrıca ITAB bölgesinin genel amaçlı yapı çeliğinde daha geniş olduğu görülmüştür[9].

Ada vd., X52 ve X65 kalitede olan sacları rula haline getirerek tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirmişlerdir. Çalışma sonrası yapılan inlemelerde; X65'in çekme dayanımı ve mikrosertliğinin X52 malzemesine göre daha yüksek olduğu bunula birlikte tokluğunun ise daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir [11].

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada birçok sektörde yaygın kullanım alanına sahip sert aynı zamanda aşınma ve korozyona karşı dirençli Hardox 450 (%0.26C, %0.70 Si, %1.60 Mn, %0.025 P, %0.010 S, %1.40 Cr, %1.50 Ni, %0.60 Mo, %0.005B) ile otomotiv ve makine imalat sektöründe geniş kullanım alanına sahip St52 çeliği (%0.02C, %0.55 Si, %1.5 Mn, %0.040 P, %0.040 S, Kalan Fe) kullanılmıştır. Kaynaklanacak numuneler hidrolik testere de 100x50 mm boyutlarında kesildikten sonra çapaklardan ve yağdan arındırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Kaynak işlemine kullanılacak malzeme çifti

Kaynak işlemine kullanılan parametreler Tablo 1'de verilmiştir. Kaynak parametrelerinde tek

değişken olarak akım kullanılmıştır. Kaynak işlemi Şekil 2'de verilmiş olan NURİŞ tozaltı kaynak makinesi kullanılmıştır. Kaynak işlemi sonrası kaynak bölgesinin mikroyapı incelemeleri için numunelere metalografik işlemler uygulanmıştır. Numuneler hassas kesme cihazında kesildikten sonra yağ ve kirden arındırılmak üzere alkol ile yıkanmıştır. Alkol ile temizlenen numuneler kaba parlatma aşamasında 80, 120, 400, 600, 800, 1000, 1200 mesh'lik zımparalar ile parlatılmıştır. Kaba parlatma işlemi tamamlanan numuneler çuha ve 1 ile 3 mikronluk elmas pastalar kullanılarak ince parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Parlatma işlemi sonrası numuneler %4 Nital solüsyonuna 5sn daldırılarak dağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Dağlama işlemi sonrası mikroyapı incelemeleri için Nikon MA 100 markalı optik mikroskop kullanılmış ve görüntüleme için Clemex sistemi tercih edilmiştir.

Kaynaklı numunelerin mikrosertliği ise Future Tech FM-700 cihazı kullanılarak tespit edilmiştir.

Tablo 1: Kaynak Parametreleri

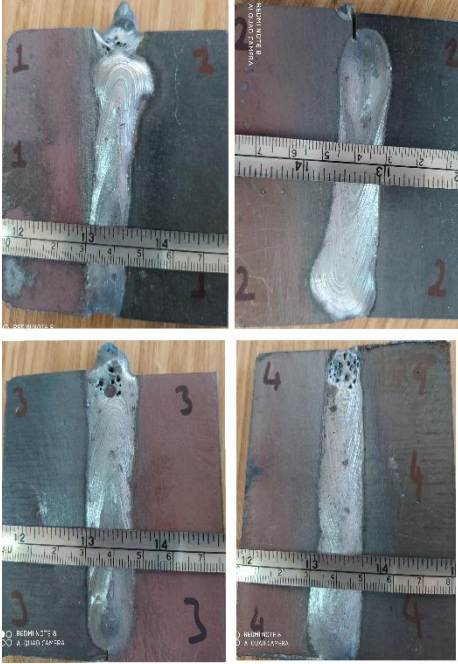
Numune No	Kaynak Teli	Tel Çapı (mm)	Akım Tipi	Amper (A)	Ark gerilimi (V)
1	AS-S2Si	4.0	DC +	350	32
2	AS-S2Si	4.0	DC +	400	32
3	AS-S2Si	4.0	DC +	450	32
4	AS-S2Si	4.0	DC +	500	32



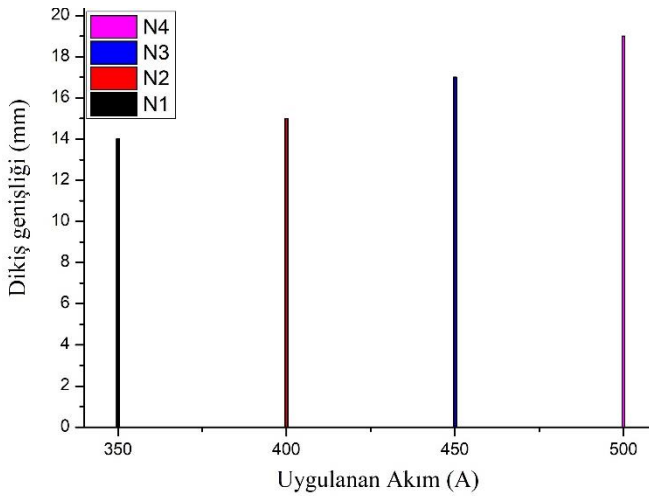
Şekil 2: Tozaltı kaynak makinesi

## BULGULAR

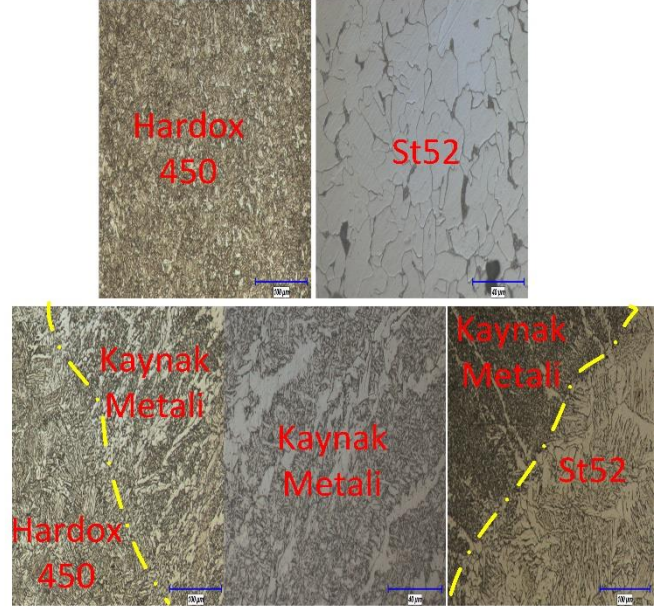
Kaynaklı birleştirmelere ait makro görüntülere şekil 3'te ve akımın kaynak genişliğine etkisini gösteren grafiğe ise şekil 4'te yer verilmiştir. Makro görüntülerde kaynağın pürüzsüz ve düzgün bir yüzey ile ilerlediği gözlenirken, kaynağın bitiş notalarında ise bazı numunelerde hafif gözeneklerin olduğu görülmüştür. Akımın dikiş genişliği üzerinde etkisinin olduğu verilen grafikten tespit edilmiştir. En yüksek dikiş genişliğinin N4 numunesinde 19 mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3: Kaynaklı birleştirmeler makro görüntüsü

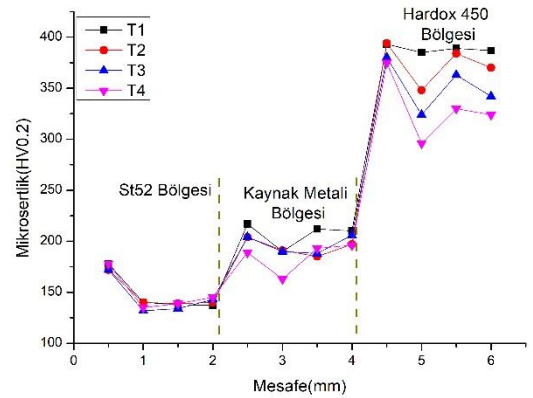


Şekil 4: Uygulana akımın dikiş genişliğine etkisi



Şekil 5: Mikroyapı görüntüsü

Şekil 5'te kaynaklı birleştirmelere ait mikroyapı görüntüsü yer almaktadır. Kaynak bölgesi; ana malzeme, itab, kaynak metali bölgelerinden oluşmuştur. Kaynaklı birleştirmelerde herhangi bir çatlak ve gözenek gözlenmemiştir. Hardoks kısmının martenzitik bir yapı sergilerken St52 tarafı ise ferrit ve perlit yapılarından oluşmuştur. Kaynak metali ise daha çok dendritik yapıların hakim olduğu belirlenmiştir.

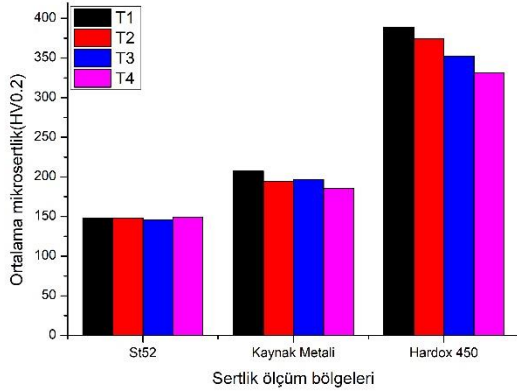


Şekil 6: Mikrosertlik grafiği

Birleştirilen numunelere ait mikrosertlik grafiğine Şekil 6'da yer verilmiştir. Grafikte en yüksek sertliğin Hardoks kısmında elde edilirken en düşük sertliği ise St52 bölgesinde elde edilmiştir. Mikrosertlik sonuçlarında ise en yüksek mikrosertlik değerinin Hardox 450 bölgesinde 394 HV0.2 ölçülmüştür. Ortalama mikrosertlik



grafisinde de benzer sonuç gözlenmiştir. En yüksek değerlerin Hardoks kısmında elde edilirken en düşük değerin ise St52 kısmında el edilmiştir.



Şekil 7: Ortalama mikrosertlik grafiği

### III. TARTIŞMA

Tozaltı ark kaynağı yöntemi kullanılarak Hardoks ve St52 çelik çifti başarılı bir şekilde birleştirilmiştir. Kullanılan akımın kaynak dikiş genişliğinde etkili olduğu akım arttıkça kaynak dikişinin genişlediği belirlenmiştir. Mikroyapı incelemelerinde herhangi bir gözenek, çatlak vb. kusurlara rastlanmamış, malzemelerin metalurjik olarak birbirine iyi bağlandığı gözlenmiştir. Mikrosertlik sonuçları incelendiğinde en yüksek mikrosertlik değerlerinin Hardoks 450 kısmında elde edilirken en düşük değerin St52 kısmında elde edilmiştir (Şekil 6).

### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada; Hardoks 450 ve St52 çelik çifti tozaltı ark kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Çalışma sonucunda;

1. Tozaltı kaynak yöntemi ile Hardoks 450 ve St52 başarılı bir şekilde birleştirilebilir.
2. Akımın dikiş genişliğini etkileyen en önemli parametre olduğu tespit edilmiştir.
3. En yüksek sertlik değerinin Hardoks 450 olarak ölçülmüştür.

### KAYNAKLAR

[1] Derya AB, Anil İM, KIRIK İ. Sürtünme Kaynağı İle Birleştirilen AISI 1020/RAMOR 500 Çelik Çiftinin Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi.;13(1):51-6.

[2] Sailender M, Suresh R, Reddy GC, Venkatesh S. Prediction and comparison of the dilution and heat affected zone in submerged arc welding (SAW) of low

carbon alloy steel joints. Measurement. 2020 Jan 1;150:107084.

[3] Yakup KA. S235JR ile S355JR yapı çeliklerinin özlü tel elektrotla MAG kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin araştırılması. Politeknik Dergisi. 2018;21(3):597-602.

[4] Choudhary A, Kumar M, Unune DR. Experimental investigation and optimization of weld bead characteristics during submerged arc welding of AISI 1023 steel. Defence Technology. 2019 Feb 1;15(1):72-82.

[5] ALTINKÖK N. MAG-TIG-Tozaltı Kaynak Bağlantısının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Termal Analizi. Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi. 2017 Dec 11;7(2):536-44 (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>

[6] Sridhar PV, Biswas P, Mahanta P. Influence of welding current on bead profile and mechanical properties of double sided submerged arc welding of AISI 304 austenitic stainless steel. Materials Today: Proceedings. 2019 Jan 1;19:831-6.

[7] TAŞKAYA S, GÜR AK. Ramor 500 Zırh Çeliğinin Tozaltı Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmesinde Tel İlerleme Hızının Kaynak Metalindeki Nüfuziyet Dengesinin İncelenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2019;9(3):444-53.

[8] Taşkaya S, Yıldız T, Gür AK. Ramor 500 zırh çeliğinin tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde gerilimin etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2018;22(2):357-63.

[9] Erden MA, Gündüz S, Çalgülü U, Boz M. Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alaşımsız ve hardoks çeliklerin mikroyapı ve sertlik özelliklerinin araştırılması. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University. 2018 Jan 1;33(1):221-6.

[10] Aydın Şİ, Ali AK, Bingöl T., TOZALTI ARK KAYNAK (SAW) YÖNTEMİNDE KAYNAK GENİŞLİĞİNİN TAGUCHİ METODUYLA OPTİMİZASYONU. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi. 2023;31(1):558-71.

[11] Hakan AD, AKSÖZ S, FINDIK T, ÇETİNKAYA C, GÜLSÜN M., Tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirilen petrol ve doğalgaz borularının mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. Politeknik Dergisi. 2016;19(3):275-82.