

Temperleme işleminin tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen mikroalaşımli çeliklerin mekanik özelliklerine etkisi

Hasan KARABULUT^{1*}, Mustafa TÜRKMEN²

¹Karabük Üniversitesi TOBB Teknik Bilimler MYO, Metalurji Programı, Karabük

²Kocaeli Üniversitesi, Hereke Meslek Yüksekokulu, Metalurji Programı, Kocaeli

Makale Gönderme Tarihi: 02.05.2016

Makale Kabul Tarihi: 22.07.2016

Öz

Bu çalışmada, mikroalaşımli çelik malzemeler tozaltı kaynak yöntemi ile 450 A kaynak akım değeri kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynaklı bağlantıya temperleme işlemi uygulanmıştır. Temperleme öncesi ve sonrası olmak üzere numunelere sertlik ve çekme testi uygulanmıştır. Sonuç olarak, mikroalaşımli çelik malzeme kullanılarak yapılan kaynaklı bağlantıların temperleme sonrası daha düşük sertlik, akma ve çekme dayanımı gösterirken buna karşın % uzamada artış gösterdiği tespit edilmiştir. Temperleme uygulanmayan kaynaklı bağlantılarda kopma ısının tesiri altında kalan bölgesinde (ITAB) meydana gelirken temperleme sonrası kopma ana malzemede olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler; Mikroalaşımli çelik, Tozaltı Kaynak Yöntemi, Mekanik özellikler

Giriş

Yüksek dayanımlı düşük alaşımli çelikler genel olarak; yüksek akma ve çekme dayanımı, yüksek süneklik ve mükemmel mekanik davranış özellikleri, düşük sıcaklıklarda iyi tokluk özellikleri ve daha hafif yapıların elde edilmesi gibi avantajlar sağlamaktadır (Lawrow, 2000). Bu nedenle bu tür çelikler düşük ağırlık ve yüksek dayanım gerektiren vinç, yüksek hızlı ulaşım araçları, köprü ve çeşitli konstrüksiyonların tasarımında ve yapılmasında kullanılmaktadır (Yılmaz vd., 2012; Willms, 2008; Reicher vd., 2013; Karabulut vd., 2016).

Yüksek dayanımlı düşük alaşımli çeliklerin bir grubu olan mikroalaşımli çelikler % 0.05 ve % 0.20 aralığında niobyum (Nb), vanadyum (V) ve titanyum (Ti) içeren yüksek dayanım, yüksek tokluk, düşük sünek gevrek geçiş sıcaklığı gibi üstün özelliklere sahip olan çelik gurubudur (Erden vd., 2014). Mikroalaşım elementlerinin özelliklerinden bir tanesi oluşturmuş oldukları karbür ve nitrürler ile östenitleme sırasında tane büyümesini engellemeleridir. Mikroalaşım çöktilleri tane büyümesini azaltırken, tokluğu arttıran ve ITAB'ta çözünmeden bulunabilen çöktillerdir (Gladman, 1997).

Tozaltı ark kaynağı yüksek güvenilirlik, tam veya yarı otomatik uygulanabilirliği, derin nufuziyeti ve düzgün bir kaynak dikişi elde edilebilirliği sebebi ile endüstride geniş uygulama alanına sahiptir (Karabulut vd., 2016). Tozaltı ark kaynağında kaynak metali; ana malzeme, ilave metal ve kaynak tozunun kimyasal ve fiziksel reaksiyonu sonucu meydana gelir. Bu yöntemde ilave metal ve kaynak tozu ana malzemenin özelliklerine uygun biçimde seçilmelidir (Gunaraj ve Murugan, 1999; Peng vd., 2001; Durgutlu vd., 2012; Türkmen vd., 2016; Türkmen vd., 2014; Erden vd., 2016).

Tozaltı kaynağı, kaynak için gerekli ısının, eriyen elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak

yöntemidir. Ark bölgesi kaynak tozu tabakası ile kaynak metali ve kaynağa yakın ana metal de eriyen kaynak tozu (cüruf) ve kaynak dikişi tarafından korunur. Koruyucu görevi yapan kaynak tozu ayrıca kaynak banyosu ile reaksiyona girerek kaynak metalini deokside eder. Alaşımli çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal kompozisyonunu dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir (Akay vd., 2013; Erengin, 2009).

Mikroalaşımli çeliklerin kaynaklı bağlantılarında içerdiği mikroalaşım elementlerine bağlı olarak aşırı çökelti sertleşmesine maruz kalıp kaynaklı bağlantıların ITAB bölgesinden kopması ve uzama kabiliyetinin düşmesi gibi önem arz eden problemler ile karşılaşmaktadır. Bu nedenle uygulanan temperleme işlemi ile kaynaklı bağlantının ana malzemeden kopması mukavemet değerlerini çok düşürmeden uzama miktarının artırılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada, tozaltı kaynak yöntemi ile mikroalaşımli çelik malzemeler kendi arasında birleştirilmiştir. Yapılan birleştirmelerde 450 A, 30-32 V kaynak parametreleri kullanılmış olup kaynaklı bağlantıya temperleme işlemi uygulandıktan sonra birleştirmelere ait mekanik özellikler incelenmiştir. Temperleme öncesi ve sonrası kaynaklı bağlantılara sertlik ve çekme testleri uygulanıp makro ve mikroyapı incelemeleri yapılmıştır.

Materyal ve yöntem

Bu çalışmada 400x200x6 mm ebatlarında hazırlanan mikroalaşımli çelik malzemeler kullanılmıştır. Deneysel malzemelerin kimyasal bileşimi Tablo 1'de verilmiştir. Hazırlanan numuneler aralarında 1 mm boşluk kalacak şekilde alın alına puntalandıktan sonra kaynak işlemi Oerlikon Magmaweld marka ZD5-1000 B model toz altı kaynak makinesi ile ön taraftan ve daha sonra arka taraftan olmak üzere iki paso olarak yapılmıştır. Kaynak öncesi çeliklere 100 °C'de ön tav uygulanmıştır. Ön tav sıcaklığı ısı tebeşiri ile kontrol edilerek tespit edilmiştir.

Temperleme İşleminin Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Birleştirilen Mikroalaşımli Çeliklerin Mekanik Özelliklerine Etkisi

Deney malzemeleri 450 A kaynak akım değeri kullanılarak Tablo 2'de belirtilen üç farklı kaynaklı birleştirme yapılmıştır. Kaynak işleminde kimyasal bileşimi Tablo 1'de gösterilen 3.2 mm çapında Oerlikon-S2 kaynak

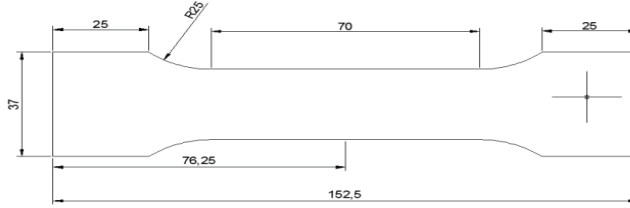
teli ve ona uygun SF-104 toz altı kaynak tozu kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kaynak parametreleri Tablo 2'de verilmiştir. Tozaltı kaynak işlemi sonrası kaynaklı bağlantılara 450 °C'de 1 saat temperleme işlemi uygulanmıştır.

Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan malzemelerin kimyasal bileşimi

Malzeme	Alaşım Elementi (% wt)							
	C	Si	Mn	P	S	V	Nb	Ti
Mikroalaşımli Çelik	0.13	0.8	1.02	0.02	0.01	0.1	0.06	0.05
Oerlikon S2 (Tozaltı ilave metal)	0.08	0.6	1.3	0.02	0.02	-	-	-

Tablo 2. Deneysel çalışmada kullanılan kaynak parametreleri.

Kaynak No	Amper (A)	Gerilim (Volt)	Kaynak Teli (mm)	Kaynak Hızı (cm/dakika)
S1	450	30-32	3.2	50
S2 (Temperleme uygulanmış)				



Şekil 1. Çekme deney numunesi

Tozaltı kaynağı yapıldıktan sonra çekme deney numuneleri kaynak bölgesi tam ortada olacak şekilde Ermaksan marka laser kesim makinasında TS EN ISO 4136 standardına uygun olarak Şekil 1'de gösterilen ölçülerde hazırlanmıştır (TSE, 2011). Hazırlanan numunelerin bir kısmına 450 °C'de 1 saat temperleme işlemi uygulanmıştır. Temperleme işlemi uygulanan ve uygulanmayan numunelerin çekme testleri Aşa marka çekme test cihazı kullanılarak 2 mm/dakika çekme hızında gerçekleştirilmiştir.

Mikrosertlik ölçümleri Qness Gmbh marka Q10A+ model cihaz ile HV cinsinden 300 gr yük altında gerçekleştirilmiştir. Sertlikler kaynak kesitinin genişliğine ana metal, ITAB ve kaynak metalini kapsayacak şekilde 20 noktadan alınırken derinliğine ise birinci ve ikinci kaynak pasosunu kapsayacak şekilde 8 noktadan alınmıştır. Sertlik ölçümleri bir çizgi boyunca 1 mm aralıklarla yapılmıştır.

Sonuçlar ve tartışma

Mekanik Özellikler

Kaynak işlemi sonrası hazırlanan S1 ve S2 no'lu numunelere uygulanan çekme deneyi sonrası numunelerin görüntüsü Şekil 3'te gösterilmiştir. Birleştirilen numunelere ait akma dayanımı, çekme dayanımı ve % uzama değerleri tablo 3'te verilmiştir.

Tablodan, akma ve çekme dayanımının temperleme işlemi uygulanmayan S1 nolu numunede sırasıyla 520 MPa ve 585 MPa olduğu görülmektedir. V, Nb ve Ti gibi mikroalaşım elementlerinin varlığı bu çeliklerin yüksek dayanım değerlerine sahip olmasına sebep olmaktadır. Bu alaşım elementlerinin oluşturmuş olduğu V(CN), Nb(CN) ve Ti(CN) gibi çökeltiler dislokasyonların hareketini engelleyerek akma ve çekme dayanımını arttırmaktadır (Ollilainen vd., 2003; Kaynar vd., 2013). Temperleme işlemi uygulanan S2 no'lu numunede ise akma ve çekme dayanım değerlerinin sırasıyla 497 MPa ve 554 MPa olduğu görülmektedir. Temperleme işlemi sonrası akma ve çekme dayanımlarında düşme olduğu görülmektedir (Tablo 3). Bunun sebebinin kaynaklı numunelere uygulanan ısıl işlemin kaynak sırasında oluşan martenzit gibi sert fazları temperlemesi ve önceden oluşmuş çökeltilerin temperleme esnasında kabalaştığı

düşünülmektedir. Bulunan sonuçlar Defa ve arkadaşlarının (2012) yapmış olduğu çalışmayla uyumluluk göstermiştir.

S1 nolu numunenin S2 nolu numuneye göre yüksek dayanım değeri göstermesine rağmen % uzama değerinin düşük olduğu görülmüştür (Tablo 3). Ayrıca S1 nolu numunede çekme sonrası kopma ITAB bölgesinde meydana gelirken S2 nolu numunede kopma, çekme dayanımının en düşük olduğu ana malzeme tarafında gerçekleşmiştir (Şekil 3). S1 nolu numunenin ITAB bölgesinden kopması ve en düşük % uzama değeri göstermesi bu bölgede aşırı çökelti sertleşmesinin oluştuğunu göstermektedir. Gondoh ve arkadaşları (1981) mikroalaşımli çeliklerin ITAB bölgesinde kaynak sonrası hızlı soğuma neticesinde kalıntı gerilmelerin oluştuğunu ve bu gerilmeler neticesinde dislokasyon yoğunluğunun arttığını belirtmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada dislokasyonlar ile çökeltilerin veya katı ergiyik içerisinde serbest halde bulunan karbon ve azot atomlarının etkileşimi ITAB bölgesinde kırılmalığa neden olduğunu göstermişlerdir.



Şekil 3. Çekme Deneyi sonucu numunelerin görüntüsü

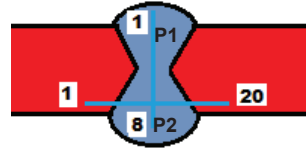
Tablo 3. Çekme deneyi sonucunda elde edilen akma dayanımı, çekme dayanımı ve % uzama değerleri.

Kaynak Numune No	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama Miktarı (%)
S1	520	585	7
S2	497	554	16

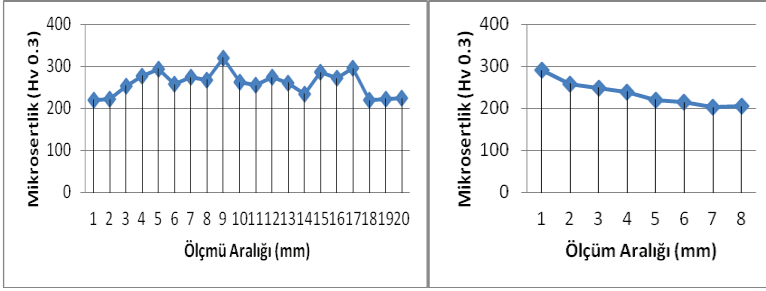
Kaynak işlemi sonrası temperleme işlemi uygulanmamış ve temperleme işlemi uygulanmış numunelerin mikrosertlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılan bölgelerin şematik görüntüsü Şekil 4'te verilmiştir. S1 ve S2 no'lu numunelere uygulanan mikrosertlik testi sonuçları sırasıyla Şekil 5 ve 6'da görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi ölçümler kaynak kesitinin genişliğine 20, derinliğine ise 8 noktadan yapılmıştır. S1 ve S2 nolu numunelerden elde edilen sertlik sonuçlarının çekme sonuçlarıyla aynı paralelde olduğu görülmüştür. Örneğin S1 nolu numunenin ana malzeme, ITAB ve kaynak metalinin sertliği S2 nolu numuneye göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum mikroalaşım çeliğinde V, Nb ve Ti gibi mikroalaşım elementlerinin bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu alaşım elementlerinin kaynak sırasında veya sonrasında ötektoid öncesi ferrit ve perlit lamelleri arasında karbonitür olarak çökelmesi S1 nolu numunenin sertliğinin artmasına neden olmuştur (Gladman, 1997).

Temperleme işlemi uygulanan S2 nolu numunenin sertlik değeri ITAB ve kaynak metali bölgelerinde daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 6). Bunun sebebinin kaynaklı numuneye uygulanan ısı işleminin kaynak sırasında oluşan martenzit gibi sert fazları temperlemesi ve önceden oluşmuş çökeltilerin temperleme esnasında kabalastığı düşünülmektedir (Defa vd., 2012).

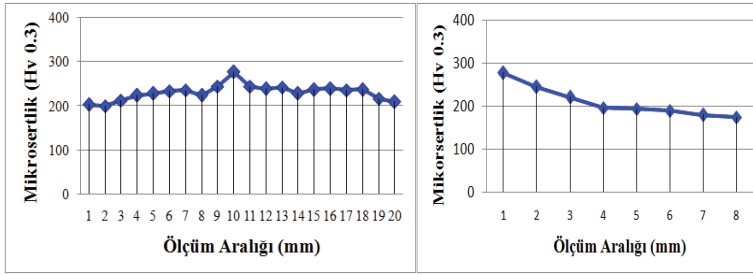
S1 ve S2 nolu numunelerin kaynak metalinin derinliğine doğru yapılan sertlik ölçümlerinde ikinci kaynak pasosundan alınan sertlik değerlerinin birinci kaynak pasosuna doğru gidildikçe kademeli olarak düştüğü görülmüştür. Bu durum ikinci kaynak pasosunun birinci kaynak pasosuna gerilim giderme tavı uyguladığını ve buna bağlı olarak sertliğin düştüğünü göstermektedir (Şekiller 5 ve 6). Lord (1998) yapmış olduğu çalışmada kaynak metalinin sertliğinin yalnızca kimyasal bileşime bağlı olmadığını aynı zamanda pasolar arası geçiş sıcaklığından da etkilendiğini göstermiştir. Kara ve Korkut (2012) yapmış oldukları çalışmada iki pasoda kaynatılan zırh çeliklerinin tek pasoda kaynatılan çeliklere göre daha yavaş soğuduğunu ve bunun sonucunda sertliğin artmasına neden olan martenzit gibi fazların daha az meydana geldiğini göstermişlerdir.



Şekil 4. Mikrosertlik ölçüm bölgelerinin şematik gösterimi (P1= 1. Paso, P2= 2. Paso)



Şekil 5. S1 No'lu numunenin kaynak bölgesindeki mikrosertlik dağılımları



Şekil 6. S2 No'lu numunenin kaynak bölgesindeki mikrosertlik dağılımları

Genel Sonuçlar

Bu çalışmada, mikroalaşımli çelik malzemeler tozaltı kaynak yöntemi ile 450 A kaynak akım değeri kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynaklı bağlantıya uygulanan temperleme işlemi sonrası bağlantıların mekanik testleri yapılmıştır. Deneyler sonrası aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Temperleme işlemi uygulanan kaynaklı bağlantının (S2 nolu numune) akma, çekme ve sertlik değerleri temperleme işlemi uygulanmayan birleştirmelere (S1 nolu numune) göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durum kaynaklı bağlantıya uygulanan temperleme işleminin kaynak sırasında oluşan martenzit gibi sert fazları temperlemesi ve önceden oluşmuş çökeltilerin temperleme esnasında kabalasmaına bağlanmaktadır.
- Temperleme işlemi uygulanmayan numune (S1 nolu numune) temperleme işlemi uygulanan (S2 nolu numune) numuneye

göre yüksek dayanım değeri göstermesine rağmen % uzama değerinin düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca S1 nolu numunede çekme sonrası kopma ITAB bölgesinde meydana gelirken S2 nolu numunelerde kopma, çekme dayanımının en düşük olduğu ana malzeme tarafında gerçekleşmiştir.

- S1 ve S2 nolu numunelerin kaynak metalinin derinliğine doğru yapılan sertlik ölçümlerinde ikinci kaynak pasosundan alınan sertlik değerlerinin birinci kaynak pasosuna doğru gidildikçe kademeli olarak düştüğü görülmüştür. Bu durum ikinci kaynak pasosunun birinci kaynak pasosuna gerilim giderme tavı uyguladığını ve buna bağlı olarak sertliğin düştüğünü göstermektedir.

Kaynaklar

Akay, A. A., Kaya, Y., Kahraman, N., (2013). Farklı özellikteki malzemelerin tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve birleştirmelerin tahribatlı ve tahribatsız muayenesi, *SAÜ. Fen Bil. Dergisi*, 17, 1, 85-96.

- Defa, L., Feng, H., Shisen Wa., Yuzhang, X., Shuqing, X., Tao X., (2012). Effect of tempering temperature on microstructures and properties of niobium and titanium microalloying low carbon bainite steel, 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012),1542-1545, Liaoning.
- Defa, L., Feng, H., Shisen Wa., Yuzhang, X., Shuqing, X., Tao X., (2012). Effect of cooling process after rolling on microstructure and property of Nb-Ti micro-alloyed low-carbon bainite steel, 2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012),1577-1580, Liaoning.
- Durgutlu, A., Kahraman, N., Gülenç, B., (2012). Tozaltı Ark Kaynağında Kaynak Tozunun Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*,10,1-8.
- Erden M.A., Gündüz, S., Türkmen, M., Karabulut, H., (2014). Microstructural characterization and mechanical properties of microalloyed powder metallurgy steels, *Materials Sci. Eng. A* 616,201-206.
- Erden, M.A., Gündüz, S., Çaligülü, U., Boz, M., (2016). Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Birleştirilen Alaşımız ve Hardoks Çeliklerin Mikroyapı Ve Sertlik Özelliklerinin Araştırılması, 4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi, 784-792, G.Ü., Gaziantep.
- Erengin, A., (2009). Ark esaslı kaynak yöntemleriyle yapılan uygulamalarda, kutuplama durumu ile ilave malzeme-ergime verimi ilişkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gladman, T., (1997). The physical metallurgy of microalloyed steels, 1st ed., The institute of Materials, London.
- Gondoh, H., Sato, M., Kanaya, K., Miyasaka, A., Yoshida I., (1981). Behaviour of nitrogen, nitrides, carbides in weld HAZ, *Trans. of Iron and Steel Inst. of Japan*, 10,444-448.
- Gunaraj, V., Murugan N., (1999). Prediction and comparison of the area of the heat effected zone for the bead on plate and bead on joint in SAW of pipes, *J. Mater. Process. Technol.* 95, 246-261.
- Kara, S., Korkut, M. H., (2012). Zırh Çeliklerinde Kaynak Ağzı Tasarımının Metalurjik ve Mekanik Özelliklere Etkisinin Araştırılması, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*,9,1, 35-45.
- Karabulut, H., Türkmen, M., Erden, M.A., Gündüz, S., (2016). Effect Of Different Current Values On Microstructure And Mechanical Properties Of Microalloyed Steels Joined By Submerged Arc Welding Method, 4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi, 109-117, G.Ü., Gaziantep.
- Kaynar, A., Gündüz, S., Türkmen, M., (2013). Investigation on the behaviour of medium carbon and vanadium microalloyed steels by hot forging test, *Materials and Design* 51,819-825.
- Lawrow, P., (2000). Welding Considerations with High-Strength Steel, *Modern steel constructions*, August, the United States.
- Lord, M., (1998). Interpass temperature and the welding of strong steels, *Welding in the World*, 41,452-459.
- Ollilainen, V., Kasprzak, W., Hollapa L., (2003). The effect of silicon, vanadium and nitrogen on the microstructure and hardness of air cooled medium carbon low alloy steel, *Journal of Materials Processing Technology*, 134,405-412.
- Peng, Y., Wuzhu C., Zuze X., (2001). Study of high toughness ferrite wire for submerged arc welding of pipeline steel, *Materials Characterization*,47,67-73.
- Reicher, K., Hanus, F., Wolf P., (2013). Structural Steels of 690 MPa Yield Strength, State of Art, Dillinger Hütte Quality Department, Germany,597-604,Dillingen.
- TSE, (2011). Metalik Malzemelerin Üzerinde Tahribatlı Deneyler: Çekme Deneyi, TS EN ISO 4136.
- Türkmen, M., Karabulut, H., Erden, M.A., Gündüz S., (2016). Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Birleştirilen Mikroalaşımli Çeliklerde Normalizasyon İşleminin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklere Etkisi, 4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi, 793-801, G.Ü., Gaziantep.
- Türkmen, M., Karabulut, H., Erden, M.A., Gündüz, S., (2014). The Effect of Different Current Value on Microstructure and Mechanical Properties of non-alloy Structural Steels Joined by Submerged Arc Welding Method, 15th International Materials Symposium (IMSP'2014),177-185, P.Ü., Denizli.
- Willms, R., (2008). High strength steels in steel construction: Application and processing, Proceedings of the 5th European Conference on Steel and Composite Structures, EUROSTEEL, 1083, Graz.
- Yılmaz, R., Çelik, F., Tümer, M., (2012). Özlü Tel Ark Kaynağı ile Birleştirilen Yüksek Mukavemetli Düşük Alaşımli Çeliklerin Çekme Dayanımının İncelenmesi, International Iron & Steel Symposium, 02-04 April,789-796,Karabük.

Effect of Tempering Process on Microstructure and Mechanical Properties of Microalloyed Steels Joined by Submerged Arc Welding

Extended abstract

The main benefit of microalloyed steels is to provide important energy and cost savings in the manufacturing of forged components for automotive applications. In such steels, the strength levels and other properties achieved after cooling from hot working temperatures are reported to be comparable with those obtained from conventional quenched and tempered steels.

Microalloying or the use of additions of elements (V, Nb, and Ti) at small rates in low carbon steels has been successfully employed for large diameter pipelines, bridges, and other construction applications. This has been extended to medium carbon steels for various automotive engine and engineering applications. The microalloying elements produce precipitation of carbonitrides in austenite, and the pro-eutectoid ferrite and pearlite phases of the final microstructure in order to obtain grain refinement and precipitation strengthening.

Submerged arc welding (SAW) is extensively used in industry to fabricate pressure vessels, pipelines, marine vessels and wind turbine towers. The extensive use of SAW is associated with certain inherent metallurgical and process advantages such as (a) high deposition rate (18 kg/h) and high electrode deposition efficiency (b) low nitrogen in weld metal (c) excellent weld bead appearance, and (d) possibility of welding over a wide range of thickness. In addition to high productivity, absence of smoke, arc flash, and thus minimum protective clothing make this process find a prominent place in fabrication industries.

Microalloyed steel in dimension of 400x200x6 mm was used for welding in this study. Table 1 illustrates the chemical compositions of the as-received metals and Oerlikon-S2 submerged arc welding wire used for joining. Before welding, microalloyed steels were heat treated at 100 °C and than the samples were centred as face-to-face with 1-mm interval, The welding process was performed as two passes from front side and then back side by using Oerlikon Magmaweld brand ZD5-1000 B model submerged arc welding machine.

In this work, microalloyed steels joined by using submerged arc welding method under 450 A welding current parameters. Tempering process was performed to welded joint. Welded joints were characterised in terms of hardness, tensile testing before and after tempering. The results indicated that microalloyed welded joints showed the lower hardness, yield and tensile strength after tempering whereas the increase in % elongation. While the breaking in the HAZ at the welded joint which was not applied tempering process on the contrary breaking was observed at the base metal after tempering process.

It was observed that the hardness of the welded samples S1 and S2 raised when the measurement was carried out along the horizontal measurement line from as-received metal to HAZ or weld metal. The hardness measurement was also carried out along the vertical measurement line for weld metal obtained by two passes. It was observed that the hardness values gradually decreases from second weld pass to the first weld pass. This situation shows that second weld pass applies stress relief annealing on first weld pass and therefore the hardness decreases accordingly figures 5 and 6.

Keywords; Microalloyed Steel, Submerged Arc Welding Method, Mechanical Properties.