



Elektrik ark ve gazaltı kaynağı (MIG) ile birleştirilmiş AISI 1040 çeliğinin mekanik özelliklerine, çeşitli ısıl işlemlerin etkisinin incelenmesi

Investigation of mechanical properties AISI 1040 steel welding with electric arc and MIG, applied various heat treatments

Alemdar ONGUN^{1*}, İbrahim UZUN¹, Onur Kadir TURGUT¹

¹Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye.
alemdarongun@gmail.com, ibrahimuzun71@gmail.com, onurkadirurgut5@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received: 08.09.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 26.01.2016

* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2016.46034
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bu çalışmada; AISI 1040 çeliği, elektrik ark ve MIG ile kaynatılıp, numuneler üretilmiştir. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numuneler tam tavlama, normalizasyon, menevişleme ve gerilim giderme işlemlerine tabi tutulmuşlardır. İşleme tabi tutulan ve herhangi bir ısıl işlem yapılmayan numunelere çekme, üç nokta eğme, çentik darbe ve sertlik testleri yapılmıştır. Numunelerin çekme şekil değiştirmeleri kaynaklı parçaların, kaynaklı parçalara nazaran daha yüksek elde edilmiştir. Kaynaklı ve elektrik ark kaynağı yapılp, gerilim giderme işlemi görmüş numunelerin akma ve çekme dayanım değerleri birbirlerine yakın elde edilmiştir. Martenzitik yapının dışarıda sert, içeri gittikçe yumuşak bir yapı haline geldiği görülmüştür. Ölçülen sertlik değerlerinin, kaynak dolgu metalinin ortasından başlayıp genelde dışarıya doğru bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: AISI 1040, Elektrik ark-MIG kaynağı, Isıl işlem, Çekme testi

Abstract

In this study, AISI 1040 welding samples were produced by arc welding and MIG. The full annealing, normalizing, tempering and stress relief annealing treatment was applied for as-received and welded samples. Made process and untreated samples tensile, three point bending, impact and hardness tests were conducted. Tensile strain of the welded parts is higher than in the welded parts. The yield and tensile strength of the as-received and electric arc welded sample has similar value after stress relief treatment. Hard martensitic structure on the outside, inside is seen increasingly become a soft structure. Increasing in hardness was observed starting from the weld filler metal to outside.

Keywords: AISI 1040, Electric arc-MIG welding, Heat treatment, Tensile test

1 Giriş

AISI 1040 çeliği günümüz makine imalat sanayinde oldukça yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Yapılarında belli miktarda mangan, silisyum, kükürt ve fosfor gibi çelik üretim yöntemlerinden gelen elementler barındıran demir karbon alaşımlarına sahip malzemelerdir. Karbon oranına bağlı olarak da düşük karbonlu, orta karbonlu ve yüksek karbonlu olarak üçe ayrılırlar. AISI 1040 çeliği yaklaşık %0.40 karbon içeren orta karbonlu bir çeliktir. Karbon çeliklerinde artan karbon oranı ile malzeme sertleşmesine rağmen tokluk azalmaktadır. Yüksek zorlamalı motor parçalarında, transmisyon millerinde, raylarda ve dişlilerde kullanılmaktadır [1]. Bu çelikler genelde, gaz altı kaynağı ile birleştirmeler yapılmasına rağmen özel elektrotlarla, elektrik ark kaynağı ile de uygulamalar yapılmaktadır. Bilindiği üzere gaz altı kaynaklarında koruyucu gazın etkisinin değişkenlik göstermemesi için korunaklı ortamlarda uygulanması gerekmektedir. Tel kullanıldığından dolayı elektrota göre seri olması en önemli avantajıdır, bunun yanı sıra cüruf oluşumu elektrik ark kaynağına nazaran yok denecek kadar azdır.

Aşırı sertleşme ve kırılmaya karşı ısıl işlemler ve kaynak esnasında önlemler alınmalıdır. Kaynak dolgusunun genel olarak uygulanan malzemeden daha mukavemetli olması sebebiyle, kaynak bölgesine yakın yerlerde ısıl etkiden kaynaklanan sorunlarla karşılaşılabilir. Bu sorunlar kaynaşma olmaması ve iç gerilmeler şeklinde görülebilmektedir. Kaynak ve ısıl işlemlerde yeterli ortam

şartları sağlandığında AISI 1040 malzemelerinde indüksiyon ve alevle yüzey sertleşmesine uygun bir yapısı vardır.

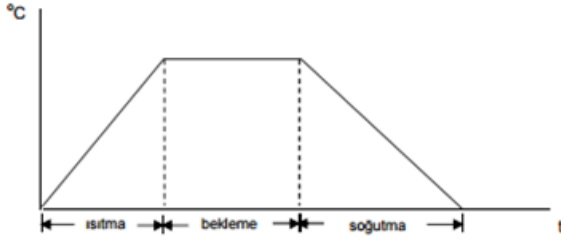
AISI çeliklerindeki sertlik değerlerine etki eden Cr, Mo, Mn, Si, Ni ve V gibi katkıların ve oluşturdukları alaşımların ne düzeyde olduğu ve mekanik özelliklerinin ısıl işlemlerle değişimi incelenmiştir [2]. Malzeme içerisindeki karbon oranındaki artış akma ve çekme dayanımlarını arttırmakta olduğu, su verme sıcaklığının artması ile ise mukavemet katsayısı ve deformasyon sertleşmesi üssünün önemli derecede azalmakta olduğu ve normalizasyon sonucu ise AISI 1040 çeliğinin akma sınırının 406 MPa ve sertliğinin 250 HV civarında olduğu gözlemlenmiştir [3].

Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 malzemesinin kaynaklı durumdaki mekanik özellikleri, kaynaklı durumdaki özelliklerle aynı değerlerde olduğu belirlenmiştir [4]-[8]. Bu mekanik özelliklere malzeme içerisindeki karbonun sıcaklıkla gevrekleşme ve kırılma eğilimini arttırmasına rağmen ulaşıldığı görülmektedir.

Yapılan bu çalışmada AISI 1040 çeliği, elektrik ark ve gaz altı kaynağı ile kaynatılıp numuneler üretilmiştir. Kaynaklı ve kaynaklı olmayan numuneler tam tavlama, normalizasyon, menevişleme ve gerilim giderme işlemlerine tabi tutulmuşlardır. İşleme tabi tutulan ve herhangi bir ısıl işlem yapılmayan numunelere çekme, üç nokta eğme, çentik darbe ve sertlik testleri yapılmıştır.

Bilindiği üzere ısıl işlemler iç gerilmeleri azaltmak veya yok etmek üzere yapılan uygulamalardır. Isıl işlemin uygulanmasında istenilen sıcaklığa ulaşma, bekletme ve

soğutma süreleri belirli bir reçete ile uygulanmaktadır. Literatür ve pratikte genel olarak uygulanan ısıl işlem süreci Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Isıl işlemin genel sıcaklık-zaman grafiği [9].

2 Malzeme ve metot

AISI 1040 çeliği piyasadan temin edilmiş, kaynaklı ve kaynaklız olarak ısıl işleme tabi tutulmuştur. Kaynaklı işlemde kullanılan elektrot malzemesinin özellikleri Tablo 1’de, MIG kaynak telinin özellikleri Tablo 2’de, AISI 1040 malzemenin iki numunesinin kimyasal özellikleri Tablo 3’te incelenmiş olup, yapılan ısıl işlemlerde Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 1: AS B 248 elektrotunun kimyasal ve mekanik özellikleri [10].

Element	Oran (%)
C	0.07
Si	0.5
Mn	0.9
Akma Mukavemeti	460 N/mm ²
Çekme Mukavemeti	530 N/mm ²

Tablo 2: SG 2 MIG telinin kimyasal ve mekanik özellikleri [11].

Element	Oran (%)
C	0.08
Si	0.8
Mn	1.45
Akma Mukavemeti	440 N/mm ²
Çekme Mukavemeti	540 N/mm ²

Tablo 3: İki adet AISI 1040 numunesinin kimyasal özellikleri.

Element	1. Numune (%)	2. Numune (%)
C	0.429	0.383
Si	0.215	0.279
Mn	1.0970	1.1110
P	0.019	0.014
S	0.022	0.23
Cr	0.087	0.093
Mo	0.007	0.01
Ni	0.055	0.05
Al	0.001	0.001
Cu	0.066	0.097
Nb	0.005	0.005
Ti	0.004	0.007
V	0.02	0.021
Sn	0.002	0.002
Fe	98	98

Bu çalışmada kullanılan elektrot TS EN ISO 2560-A standardına göre E 42 3 B42 H10 kalifikasyonuna sahip AS B 248 elektrot, bazik karakterli, çatlama ve kaynak gerilmelerine karşı yüksek dirençli bir türdür.

Kullanılan MIG teli TS EN ISO 14341-A standardına göre G42 3CM G3Si1 kalifikasyonlu SG 2 genel olarak alaşımsız yapı çeliklerinin kaynağında kullanılan yüzeyi bakır kaplı teldir.

Numunelere 45°’lik, V kaynak ağızı açılıp bileştirme yapılmıştır. Elektrotlar 3.25 mm kalınlığında 120-140 A ile, MIG ise 1.2 mm tel ile 190-230 A ve %5 CO₂ + %2 O₂ + %93 Ar karışımına sahip gaz ile kaynaklar yapılmıştır.

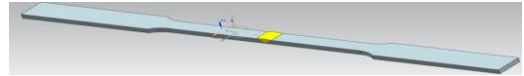
Tablo 4: Numunelere uygulanan ısıl işlemler.

Yapılan İşlem	Kaynaklız	Kaynaklı
Isıl İşlemsiz	X	X
Tam Tavlama	X	X
Normalizasyon	X	X
Gerilim Giderme	-	X
Martenzitik		
Dönüşüm	X	X
Martenzit+ Meneviş	X	X
Yağ + Menevişleme	X	X

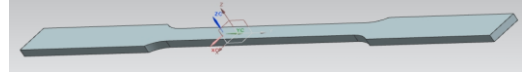
2.1 Yapılan testler

Testler minimum üçer örneklerle yapılmış olup, çok düşük veya çok yüksek çıkan veriler ortalamaya katılmayıp; deney tekrarı yapılmıştır.

10×40×250 mm olan iki parçanın elektrik ark ve MIG alın kaynağıyla 10×40×500 mm olan numuneler ve kaynaklız 10×40×500 mm olan numuneler hazırlanmıştır. Daha sonra normal kalınlığı 10 mm olan bu numuneler, her iki tarafından da frezelenerek 8 mm kalınlığa düşürülmüş olup böylece kök nüfuziyetinde iyileştirme, düzlemsellik ve başlangıç-bitiş noktalarındaki hataların testi etkilememesi sağlanmıştır. Kaynaklız çekme numuneleri de 8 mm’ye düşürülmüştür. Şekil 2’de kaynaklı, Şekil 3’te kaynaklız numunenin katı modeli görülmektedir.

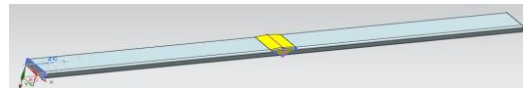


Şekil 2: Kaynaklı çekme numunesinin katı modeli.

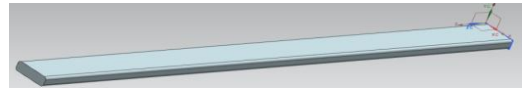


Şekil 3: Kaynaklız çekme numunesinin katı modeli.

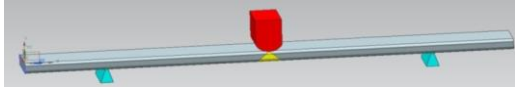
Eğme testi için 10×30×150 mm olan iki parçanın elektrik ark ve MIG alın kaynağıyla beraber 10×30×300 mm olan numuneler ve kaynaklız 10×30×300 mm’lik kaynaklız numuneler hazırlanmıştır. Test için, normal kalınlığı 10 mm’den 8 mm’ye, genişliği de 30 mm’den 25 mm’ye düşürülerek ölçü olarak 8×25×300 mm olan numuneler elde edilmiştir. Amaç, nüfuziyetini iyileştirmek, düzlemsellik ve başlangıç-bitiş noktalarında ki hataları gidermek, kuvvet akış çizgilerinin rahatlatılmasını sağlamaktır. Şekil 4’te kaynaklı, Şekil 5’te kaynaklız eğme numunesinin katı modeli görülmektedir. Test kaynaklı numunelerde, en zayıf olduğu kısmın değerini belirlemek için Şekil 6’da görüldüğü üzere kaynak kökünden yapılmıştır. Eğme testleri Instron 5582 cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4: Kaynaklı eğme numunesinin katı modeli (Solid Model of Welded Bend Sample).

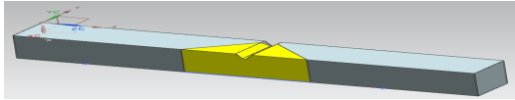


Şekil 5: Kaynaklız eğme numunesinin katı modeli.

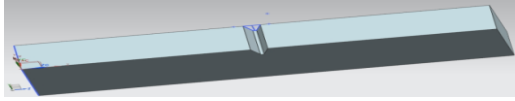


Şekil 6: Eğme deneyinin uygulanması.

Çentik darbe testi Instron Wolpert PW30' da yapılmıştır. Şekil 7'de 7.5×10×55 mm' lik kaynaklı numune, Şekil 8'de 7.5×10×55 mm'lik kaynaklı numune örneği görülmektedir. Malzemelere 2 mm derinliğinde 45°'lik açı ile dip radius değeri 0.25 mm olacak şekilde işlenerek, teste tabi tutulmuştur. Kaynaklı ve kaynaklı numuneler 10 mm'den 7.5 mm'e işlenmiştir, nedeni doğrultusunun düzgünlüğünü sağlayarak daha homojen ve yakın sonuçlar elde etmektir.

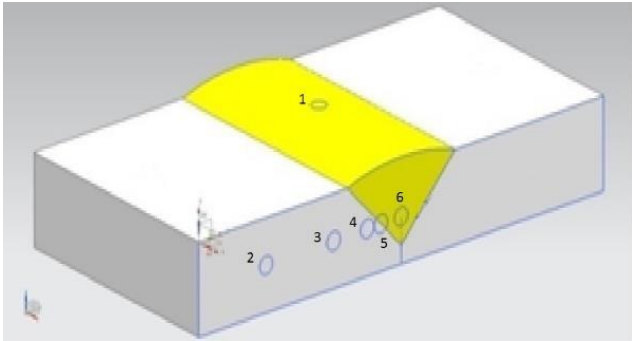


Şekil 7: Kaynaklı çentik darbe numunesinin katı modeli.



Şekil 8: Kaynaklı çentik darbe numunesinin katı modeli.

Sertlik testi, HV30 sertlik ölçme yöntemine göre yapılmıştır. Kaynaklı sertlik numuneleri 10×30×60 mm'lik, kaynaklı numuneler 10×30×30 mm'lik iki malzemenin alın kaynağıyla birleştirilerek 9×25×60 haline getirilerek, düzlemsellik sağlanarak yapılmıştır.



Şekil 9: Sertlik ölçümü yapılan noktaların gösterimi.

Sertlik ölçümü, kaynaklı numuneler için, numunenin üst yüzeyinden oksit tabakası temizlendikten sonra 5 noktasından ölçüm yapılmıştır. Kaynaklı numunelerde; Şekil 9'da 2 numaralı nokta da görülen ana metalden, 1 ve 6 numaralı kaynak dolgusundan, ergime çizgisinden 5, 4 ve 3 numaralı noktalardan yani ITAB bölgesinde ergime çizgisinin 2 mm, 7 mm ve 17 mm yan taraflarından alınarak etkilenmiş bölge incelenmiştir.

2.2 Yapılan ısıl işlemler

Tam Tavlama; 880 °C'de, 1 saat tavlandıktan sonra, fırın kapatılarak kendi halinde 36 saat bekletilmiştir.

Normalizasyon; 880 °C'de, 1 saat tavlandıktan sonra, havada kendi halinde soğumaya bırakılmıştır.

Martenzitik Dönüşüm; 850 °C'de, 1 saat tavlandıktan sonra, ani suda soğutma işlemine tabi tutulmuştur.

Martenzit+Menevişleme; 850 °C'de, 1 saat tavlandıktan sonra, ani suda soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra numuneler 350 °C'de, 3 saat tavlanaarak menevişlenmesi sağlanmıştır.

Yağda Soğutma+Menevişleme; 850 °C'de, 1 saat tavlandıktan sonra, ani yağda soğutma işlemine tabi tutulmuştur. Kullanılan yağ, Petrofer firmasından temin edilen Isomax 169 marka yağdır. Daha sonra numuneler 350 °C'de, 3 saat tavlanaarak menevişlenmesi sağlanmıştır. Tablo 5'te yapılan ısıl işlemler gösterilmiş ve kodlanmıştır.

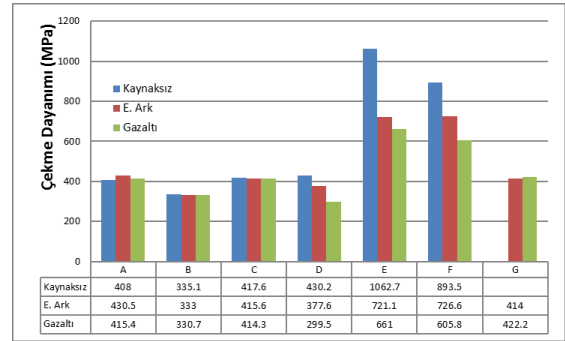
Tablo 5: Uygulanan ısıl işlemler.

A	Isıl İşlemsiz
B	Tam Tavlama
C	Normalizasyon
D	Martenzitik (Suda)
E	Martenzit-Meneviş
F	Yağda Soğutma-Meneviş
G	Gerilim Giderme

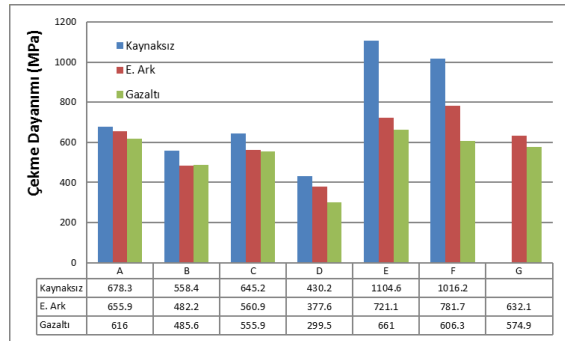
3 Deneysel sonuçlar ve tartışma

Çekme testi sonucunda elde edilen akma, çekme mukavemetleri ve birim şekil değiştirmeleri Şekil 10-11-12'de gösterilmiştir.

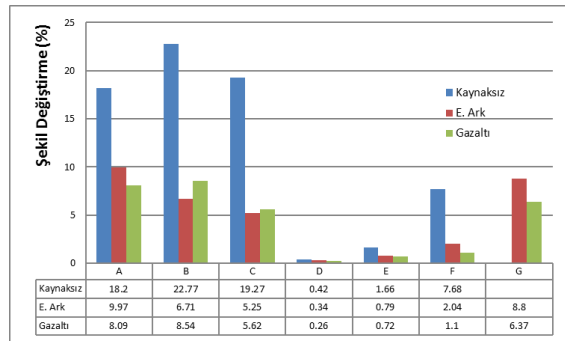
Gerilim giderme işlemi kaynaklı malzemelere uygulanmamıştır.



Şekil 10: Çekme testi sonucu ölçülen akma mukavemetleri.



Şekil 11: Çekme testi sonucu ölçülen çekme mukavemetleri.



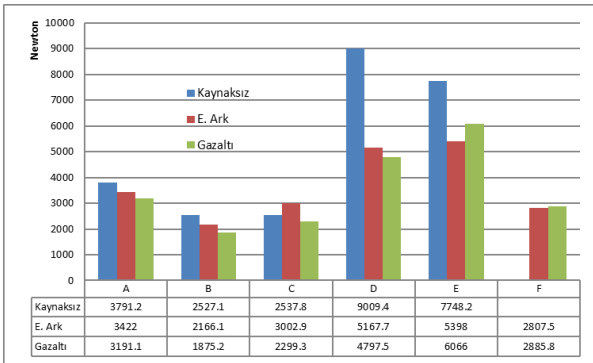
Şekil 12: Çekme testi sonucu birim şekil değiştirmelerin karşılaştırılması.

Elektrik ark kaynağında akma ve çekme mukavemetleri, MIG kaynağına kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi kullanılan MIG telinin karbon eşdeğerliliğinin fazla olması olarak söylenebilir.

Şekil 12' de MIG kaynağının, elektrik ark kaynağına yakın değerlerde çıkma sebebi içinde elektrota nazaran fazla bulunan silisyum elementidir, silisyum elastikiyeti arttırdığı görülmektedir.

Çekme testinde numunelerin kırılma bölgesi genel olarak orta nokta olan kaynak bölgesi ve numunenin kendi orijinal bölgelerinden olmuştur. Kaynaklı ve kaynaklı parça numunelerinde; ısıl işlemsiz, tam tavlama, normalizasyon ve martenzitik dönüşüm yapılmış numunelerde; akma, çekme ve kopma dayanımlarında fazla bir değişiklik gözlemlenmemesine rağmen, martenzit+meneviş, yağda soğutma+meneviş yapılmış kaynaklı numunelerin dayanımının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi olarak kaynak dolgu metalinin sertleşmeye bağlı kırılma eğilimi söylenebilir. Isıl işlemsiz ve elektrik ark kaynağı yapılarak, gerilim giderme işlemi görmüş numunelerin akma ve çekme dayanım değerleri neredeyse aynı değerde ölçülmüştür. Kaynak yapılan parçaların yüzde uzamasına baktığımızda, kaynaklı numuneler; kaynaklı numunelere göre düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Martenzitik dönüşümde şekil değişimi ölçülemediğinden dolayı, numuneler kırılmıştır. Şekil 13' de şekil değişimi için harcanan kuvvetlere göre; kaynaklı malzemenin D ve E numaralı işlemlerin de düşüş gözlemlenmiştir. Gevrekliğe bağlı olarak kırılmasından dolayı yeteri kadar mukavemet gösterememişlerdir.



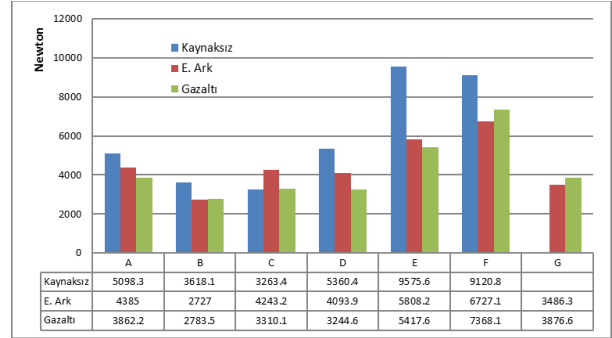
Şekil 13: Eğme testi %0.2 şekil değişimi için harcanan kuvvet.

Şekil 14 incelendiğinde kaynaklı malzeme D, E ve F numaralı işlemler de daha az dayanım gösterdiği gözlemlenmiştir. Buna rağmen Şekil 15' de maksimum yük uygulandığında harcanan enerjileri kıyasladığımızda E numaralı işlemde benzer enerji miktarları karşımıza çıkmaktadır. İç yapının daha tok olmasına bağlı olarak, test esnasında dışarda başlayan bir yırtılma, gevreklikle beraber daha kolay deforme olmaktadır.

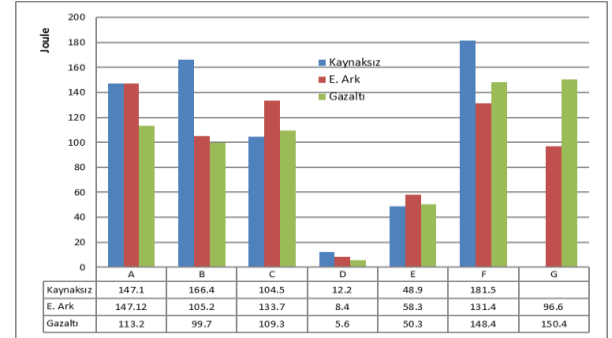
Diğer deneylerde göz önüne alınınca en uygun ısıl işlem olarak C numaralı normalizasyon işlemi gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra istenilen özellikler tasarımlara göre belirlendiğinden dolayı optimum bir ısıl işlem verilmemiştir.

Şekil 16' da çentik darbe enerjilerini kıyasladığımızda; MIG kaynağı yapılarak B ve C numaralı ısıl işlemlere tabi tutulanlar hariç kaynaklı numunelerin daha yüksek enerji absorbe ettiklerini açıkça görülmektedir. Bunun sebebi darbe testine; elektrot dolgu malzemesinin AISI 1040'dan daha iyi tepki vermesi olarak söylenebilir. Test de darbe olarak direk dolgu

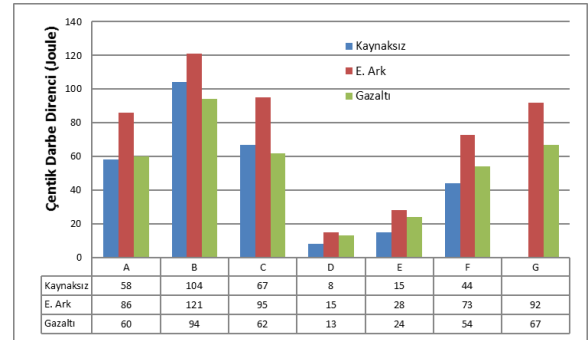
malzemesine uygulandığından dolayı beklenen sonuçlardır. ITAB bölgesi etkilenmeden kırılmalar gerçekleşmiştir.



Şekil 14: Numuneler de ölçülen maksimum eğme yükleri.



Şekil 15: Numunelere maksimum yük uygulandığında harcanan enerji.



Şekil 16: Numunelerden ölçülen çentik darbe enerjileri.

Kaynaksız sertlik ölçüm numunelerinden beşer adet ölçüm alınmış olup, Tablo 6' da ortalamaları da verilerek gösterilmiştir. Kaynaklı numuneler için Şekil 9'da ölçüm alınan noktalar numaralandırılarak Tablo 7 ve Tablo 8'de ölçülen değerler verilmiştir.

Tablo 6: Kaynaksız numunelerin sertlik ölçümleri.

Kaynaksız	1	2	3	4	5	Ort.
Isıl İşlemsiz	190	197	190	190	194	192
Tam Tavlama	128	132	120	117	139	127
Normalizasyon	201	209	205	215	208	208
Martenzitik (Suda)	756	758	753	772	770	762
Martenzit-Meneviş	530	486	532	499	484	506
Yağda Soğutma-Meneviş	317	337	343	353	356	341

Tablo 7 ve 8' e baktığımızda martenzitik yapının dışarıda sert, içeri gittikçe yumuşak bir yapı haline geldiğini 4, 5, 6 numaralı ölçüm noktalarından görüyoruz. Sertlik kaynak dolgu metalinden başlayıp genelde dışarı doğru bir sertleşme

değerleri görülmüştür. Normalizasyon ve gerilim giderme yapılan numunelerde genelde homojen dağılım gözlemlenmiştir. 1 numaralı kısımların 6 numaralı ölçüm noktalarından daha sert olmasını üst pasoların alt pasoları devamlı olarak normalize etmesine bağlanabilir.

Tablo 8' de MIG kaynağından alınan değerleri elektrik ark kaynağı yapılan noktalarla karşılaştırdığımızda MIG kaynağının daha sert olduğunu görmekteyiz. MIG telinde, elektrotla kıyasla daha fazla olan Si ve Mn elementlerinin sertliği artırarak, mukavemeti düşürdüğü açıkça gözlemlenmektedir.

Tablo 7: Elektrik ark kaynaklı numunelerden alınan sertlik ölçümleri.

E. Ark	1	2	3	4	5	6
Isıl İşlemsiz	196	221	220	208	208	173
Tam Tavlama	165	120	127	122	120	119
Normalizasyon	186	168	167	161	155	160
Martenzitik (Suda)	522	825	892	857	850	772
Martenzit-Meneviş	407	547	549	520	531	419
Yağda Soğutma-Meneviş	211	341	332	325	300	222
Gerilim Giderme	198	192	208	215	217	185

Tablo 8: MIG kaynaklı numunelerden alınan sertlik ölçümleri.

	1	2	3	4	5	6
Isıl İşlemsiz	201	211	219	221	237	190
Tam Tavlama	171	122	126	132	137	131
Normalizasyon	185	158	159	162	163	185
Martenzitik (Suda)	475	827	903	803	795	772
Martenzit-Meneviş	360	548	555	540	538	472
Yağda Soğutma-Meneviş	220	353	350	340	321	230
Gerilim Giderme	164	201	200	205	208	146

4 Sonuçlar

- Daha önce yapılan çalışmalarda normalizasyon ısı işlemi görmüş AISI 1040 çeliğinin, akma mukavemeti 406 MPa civarı çıkarken, elde ettiğimiz sonuçlar 417 Mpa civarında ölçülerek yakın değerler elde edilmiştir,
- Yapılan çekme testlerinde kaynaklı ve kaynaklı olmayan parçaların akma ve çekme mukavemetleri tam tavlama, normalizasyon ve martenzitik (suda) işlemlerinden sonra değerler birbirine çok yakın elde edilmiştir,
- Çekme testi sonucunda kaynaklı ve kaynaklı olmayan parçaların yüzde uzamaları yalnızca martenzitik (suda ve yağda) işlem yapılan numunelerde birbirine yakın elde edilmiştir,
- Eğme testinde ki %0.2'lik şekil değişimi için harcanan kuvvetlere baktığımızda, kaynaklı ve kaynaklı olmayan numunelerin tam tavlama ve normalizasyondan sonra değerlerinin yaklaştığı görülmektedir,

- Eğme testinde de normalizasyon yapılmış kaynaklı numunenin, AISI 1040 malzemenin daha mukavim hale geldiğini söylenebilir.
- Çentik darbe testlerinde elektrik kaynağı yapıp, ısı işlemlerden geçtikten sonra tüm ısı işlemler de darbeye daha dayanıklı olduğu gözlenmiştir. Kaynak dolgu malzemesinin darbeye daha dayanıklı olduğu görülmüştür.
- MIG kaynağı bilindiği üzere elektrik ark kaynağından daha hızlı bir metottur. Genel sonuçlara göre elektrik ark kaynağı daha mukavemetli bir metottur. Devamlı elektrot değişimi olduğundan dolayı, MIG kaynağına kıyasla hataların daha kısa ve süresiz olduğu da söylenebilir.

5 Kaynaklar

- [1] Kalite Metalurji. "1040 İmalat Çeliği". <http://kalitemetalurji.com.tr/urunlerimiz/imalat-celikleri/1040-imalat-celigi/> (15.03.2015).
- [2] Köse S, Sakin R. "AISI-1040 ve AISI-P20 Çeliklerde Alaşım Oranları ve Mikro Yapının Sertleşme Kabiliyetine Etkisi". 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, Balıkesir, Türkiye, 11-12 Kasım 2010.
- [3] Köksal NS, Uzkut M, Ünlü BS. "Farklı Karbon İçerikli Çeliklerin Mekanik Özellikleri". Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 6(2), 95-100, 2004.
- [4] AWS/Reinhold V. VI, "Friction welding of metals", NewYork, 42-51, 1962.
- [5] Tylecote R.Y, "The solid phase welding of metals", Edward Arnold (Publisher) Ltd, London, 1-150 1968.
- [6] Jennings. P., "Some properties of dissimilar metal joints made by friction welding, advances in welding processes, solid phase joining processes" Solid Phase Joining Processes, Proceeding of Conference, The Welding Institute, Abington Hall, Cambridge, 147-152, 1971.
- [7] Kinley W, "Inertia welding: simple in principle and application" Weld Met, 585-589, 1979.
- [8] Sahin M, Akata HE, Gulmez T. "Characterization of Mechanical Properties in AISI 1040 Parts Welded by Friction Welding". Materials Characterization, 58(10), 1033-1038, 2007.
- [9] Metalurji Akdağ Isıl İşlem. "Isıl İşlem ve Uygun Malzeme Seçimi" <http://www.metalurjiakdag.com.tr/dosya/seminer-notlari-2013.pdf>. (07.06.2015).
- [10] AS B-248. "Askaynak". <http://www.askaynak.com.tr/urunler/kaynak-elektrodlari-ve-telleri/ortulu-kaynak-elektrodlari/as-b-248> (16.06.2015).
- [11] AS MIG SG2. "Alaşımız Çelikler için MIG/MAG Kaynak Teli". http://www.askaynak.com.tr/contents/268/20150625092602_askaynak-as-mig-sg2.pdf (22.06.2015).