



T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MIG/MAG, TIG ve ELEKTRİK ARK KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE
BİRLEŞTİRİLEN AISI1040, AISI316 ve Al5083 MALZEMELERİN
MEKANİK ve MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YALÇIN YAŞAR

HAZİRAN

YALÇIN YAŞAR

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2023

**MIG/MAG, TIG ve ELEKTRİK ARK KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE
BİRLEŞTİRİLEN AISI1040, AISI316 ve AISI5083 MALZEMELERİN
MEKANİK ve MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YALÇIN YAŞAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Harun YAKA

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2023

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Yalçın YAŞAR tarafından hazırlanan “MIG/MAG, TIG ve Elektrik Ark Kaynakları ile Birleştirilen AISI1040, AISI316 ve AISI308 Malzemelerin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerinin Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr.Üyesi Harun YAKA

Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Doç. Dr. Barış ÖZLÜ

Makine ve Metal Teknolojileri Anabilim Dalı, Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Dr. Öğr.Üyesi Mustafa Sami ATA

Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 09/06/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Yalçın YAŞAR
09.06.2023

MIG/MAG, TIG VE ELEKTRİK ARK KAYNAK YÖNTEMLERİ İLE BİRLEŞTİRİLEN
AISI1040, AISI316 VE AISI5083 MALZEMELERİN MEKANİK VE MİKROYAPI
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Yalçın YAŞAR

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2023

ÖZET

Bu çalışmada, sanayide daha geniş kullanım alanına sahip, diğer kaynak yöntemlerinden daha çok kullanılan MIG/MAG, TIG ve elektrik ark kaynak yöntemlerine ait kaynak parametrelerinin optimizasyonu için deneysel çalışmalar yapılarak sonuca varılmaya çalışılmıştır. Kaynak öncesi, kaynak sırasında ve kaynak işlemi sonrasında yapılan çalışmalar kaynağın mekanik ve mikroyapısal olarak kalitesini güçlü yönde etkilemektedir. Seçilen kaynak yöntemi, kullanılan deney malzemesi ve diğer şartlara bağlı olarak akım değeri, manipülasyon açısı, kaynak ağzı biçimi, kaynak hızı, kaynak pozisyonu gibi parametrelerin en iyi düzeyde seçilmesi gerekir. Bu çalışmada en önemli olarak görülen kaynak akımının kaynak kalitesine etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada sanayide en fazla kullanım alanına sahip karbonlu çelik, alüminyum ve paslanmaz çelik; en fazla kullanım alanına sahip MIG, TIG ve elektrik ark kaynak yöntemleri uygulanmıştır. Kaynakla birleştirilen malzemelere çekme deneyi, eğme deneyi, sertlik ölçümü deneyleri uygulanmıştır. Çekme deneyi sonuçlarına göre kırılmalar en çok ITAB bölgesinde olmak üzere kaynak bölgesinde meydana gelmiştir. Düşük karbonlu çeliğin çekme deneyi sonuçları incelendiğinde elektrik ark kaynağı için 80 amperde, MIG kaynağı için 90 amper ve TIG kaynağı için 100 amperde en yüksek mukavemet değerleri ölçülmüştür. 316 serisi paslanmaz çeliğin çekme deneyi sonuçları incelendiğinde elektrik ark kaynağı için 90 amperde, MIG kaynağı için 80 amper ve TIG kaynağı için 80 amperde en yüksek mukavemet değerleri ölçülmüştür. 5083 serisi alüminyum alaşımı için çekme deneyi sonuçları incelendiğinde MIG kaynağı için 90 amperde, TIG kaynağı için 100 amper değerinde maksimum çekme dayanımı elde edilmiştir. Sertlik deneyi sonuçlarına göre, genellikle en yüksek sertlik değeri kaynak metalinde ölçülmüştür. Ana malzemenin ITAB ve kaynak metalinden daha düşük sertlikte olduğu gözlenmiştir. Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde kaynak bölgelerinde az sayıda gözenek olduğu, tane sınırlarında kolonsal bir yapının olduğu gözlenmiştir. 316 paslanmaz çeliğin daha düşük amper değerlerinde kaynağında mekanik ve mikroyapı özelliklerinin iyi çıkması krom-karbür çökmesi diye adlandırdığımız kaynak hatasından olabileceği düşünülmektedir.

Sayfa Adeti : 71
Anahtar Kelimeler : Ark Kaynak Yöntemi, Kaynak Parametreleri, Optimizasyon
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Harun YAKA

INVESTIGATION OF MECHANICAL AND MICROSTRUCTURAL PROPERTIES OF
AISI1140, AISI316 AND Al5083 MATERIALS COMBINED WITH MIG/MAG, TIG
AND ELECTRIC ARC WELDING METHODS

(M. Sc. Thesis)

Yalçın YAŞAR

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2023

ABSTRACT

In this study, it has been tried to reach a conclusion by conducting experimental studies for the optimization of welding parameters of MIG/MAG, TIG and electric arc welding methods, which have a wider usage area in the industry and are used more than other welding methods. Work done before, during and after welding strongly affects the mechanical and microstructural quality of the weld. Depending on the welding method chosen, the test material used, and other conditions, parameters such as current value, manipulation angle, weld edge shape, welding speed, welding position should be selected at the best level. In this study, the effect of welding current, which is seen as the most important, on weld quality has been examined. In this study, carbon steel, aluminum and stainless steel, which have the most usage areas in the industry; MIG, TIG and electric arc welding methods, which have the most usage areas, were applied. Tensile test, bending test and hardness measurement tests were applied to the welded materials. According to the results of the tensile test, the fractures occurred in the weld area, mostly in the ITAB region. When the tensile test results of low carbon steel were examined, the highest strength values were measured at 80 amps for electric arc welding, 90 amps for MIG welding and 100 amps for tig welding. When the tensile test results of 316 series stainless steel were examined, the highest strength values were measured at 90 amps for electric arc welding, 80 amps for MIG welding and 80 amps for TIG welding. When the tensile test results for 5083 series aluminum alloy are examined, a maximum tensile strength of 90 amperes for MIG welding and 100 amperes for TIG welding was obtained. According to the hardness test results, generally the highest hardness value was measured in the weld metal. It has been observed that the base material has lower hardness than the heat and weld metal. When the microstructure images were examined, it was observed that few pores were formed in the source regions and a columnar structure was formed at the grain boundaries. It is thought that the good mechanical and microstructural properties of 316 stainless steel in welding at lower amperage values may be due to the welding fault we call chromium-carbide precipitation.

Page Number : 71
Key Words : Arc Welding Process, Welding Parameters, Optimization
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Harun YAKA

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında gerçekleştirilen bu çalışmada, Ark kaynak yönteminin optimizasyonu sağlanacaktır. Bu çalışma süresince değerli fikir ve yönlendirmeleri ile desteğini esirgemeyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Harun YAKA'ya en içten teşekkürlerimi arz eder, şükranlarımı sunarım. Tez çalışmalarım sürecinde desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Hamide YAŞAR'a, bilgisayarımın başında bekleyen çocuklarım Mihri Nisa YAŞAR ve Aziz Sancar YAŞAR'a teşekkürü borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xvi
1. ARK KAYNAK YÖNTEMLERİ.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Elektrik ark kaynağı	1
1.2.1. Çalışma prensibi	1
1.2.2. Kaynak donanımı	3
1.2.3. Kullanılan elektrotlar.....	4
1.2.4. Elektrik ark kaynak hataları	5
1.3. MIG-MAG kaynağı.....	5
1.3.1. Çalışma prensibi	5
1.3.2. Mig-Mag kaynak donanımı	7
1.3.4. Mig-Mag kaynağında kaynak hataları.....	9
1.4. Tig kaynak yöntemi	10
1.4.1. Çalışma prensibi	10
1.4.2. TIG kaynak donanımı.....	11
1.4.3 Tig kaynağında kullanılan ilave teller	12
2. KAYNAK PARAMETRELERİ	13
2.1. Giriş	13
2.2. Elektrik ark kaynağı için parametreler	13

	Sayfa
2.2.1. Kaynak ağzı formu	13
2.2.2. Elektrotlar	14
2.2.3 Kaynak akımı	17
2.2.5. Isı Dağılımı.....	18
2.2.6. Ark Boyu	19
2.2.7. İlerleme Açısı ve Salınım	20
2.3. MIG-MAG Kaynak Yöntemi için Parametreler	21
2.3.1. Kaynak ağzı formları.....	21
2.3.2. MIG-MAG kaynak tel çapı seçimi	21
2.3.3. Kaynak akımı	21
2.3.4. Kaynak hızı.....	24
2.3.5. Ark boyu (Kaynak Gerilimi)	24
2.3.6. İlerleme Açısı	25
2.4. TIG Kaynağı Parametreleri.....	25
2.4.1. Kaynak ağzı formları.....	25
2.4.2. Tungsten uç çapının seçimi	25
2.4.3. Kaynak akımının belirlenmesi.....	26
2.4.4. Kaynak hızı.....	26
2.4.5. Ark boyu.....	27
2.4.7. Torç ve ilave tel ilerleme açısı	27
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	28
3.1. Genel.....	28
3.2. Deney Malzemesi	28
3.3. Deney Parçalarının Boyutları	29

	Sayfa
3.4. Kaynak Öncesi Yapılan İşlemler	30
3.5. Kaynak İşlemlerinin Yapılışı	30
3.5.1. Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrotlar	30
3.5.2. MIG kaynağında kullanılan elektrotlar	31
3.5.3. TIG kaynağında kullanılan elektrotlar	31
3.5.4. MIG ve TIG Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gaz.....	31
3.5.5. Elektrik ark kaynağında kullanılan kaynak parametreleri.....	32
3.5.7. TIG kaynağında kullanılan kaynak parametreleri	33
3.6. Deneyde kullanılan elektrik ark kaynak makinesi.....	34
3.7. Deneyde kullanılan MIG kaynak makinesi	35
3.8. Deneyde kullanılan TIG kaynak makinesi	35
3.9. Deney Parçalarının Birleştirilmesi.....	36
3.10. Mekanik Deneyler	36
3.10.1. Çekme deneyi.....	36
3.10.2. Eğme deneyi.....	37
3.11. Mikrosertlik Deneyi.....	38
3.12. Makro ve mikro yapı incelemeleri.....	38
4. DENEYSEL SONUÇLAR	40
4.1. Çekme Deneyi Sonuçları	40
4.2. Eğme Deneyi Test Sonuçları	45
4.3. Mikrosertlik Deneyi Sonuçları	47
4.4. Mikroyapı ve Makroyapı Görüntü Analizi	51
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	66
5.1. Sonuçlar	66

	Sayfa
5.2. Öneriler	67
KAYNAKÇA.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	71



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1 Yaygın olarak kullanılan elektrotlar için optimum akım değerleri	5
Çizelge 2.1. Elektrotlar İçin Akım Aralıkları	17
Çizelge 2.2. Örtülü elektrotlar için akım şiddeti hesabı.....	18
Çizelge 3.1. AISI 1040 çeliğinin kimyasal analizi	28
Çizelge 3.2. 316 Serisi Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Analizi	28
Çizelge 3.3. 5083 Serisi Alüminyum Malzemenin Kimyasal Analizi.....	29
Çizelge 3.4. AISI 1040 çeliğinin elektrik ark kaynak parametreleri	32
Çizelge 3.5. Paslanmaz çeliğin elektrik ark kaynak parametreleri	32
Çizelge 3.6. AISI 1040 çeliğinin MIG kaynak parametreleri.....	33
Çizelge 3.7. Paslanmaz çeliğin MIG kaynak parametreleri.....	33
Çizelge 3.8. Alüminyum alaşımının MIG kaynak parametreleri.....	33
Çizelge 3.9. AISI 1040 çeliğinin TIG kaynak parametreleri	34
Çizelge 3.10. Paslanmaz çeliğin TIG kaynak parametreleri.....	34
Çizelge 3.11. Alüminyum alaşımının TIG kaynak parametreleri.....	34
Çizelge 4.1. Çekme deneyi numunelerinin fiziksel durumu.....	40
Çizelge 4.2. Elektrik ark kaynağı sonrası AISI 1040 çelik için çekme deneyi sonuçları	41
Çizelge 4.3. MIG kaynağı sonrası AISI 1040 çelik için çekme deneyi sonuçları	42
Çizelge 4.4. TIG kaynağı sonrası AISI 1040 çelik için çekme deneyi sonuçları	42
Çizelge 4.5. Elektrik ark kaynağı sonrası paslanmaz çelik için çekme deneyi sonuçları	43
Çizelge 4.6. MIG kaynağı sonrası paslanmaz çelik için çekme deneyi sonuçları	43
Çizelge 4.7. TIG kaynağı sonrası paslanmaz çelik için çekme deneyi sonuçları	44
Çizelge 4.8. MIG kaynağı sonrası alüminyum alaşımı için çekme deneyi sonuçları	44
Çizelge 4.9. TIG kaynağı sonrası alüminyum alaşımı için çekme deneyi sonuçları	45

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.10. AISI 1040 çeliğinin Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları	45
Çizelge 4.11. Paslanmaz çeliğin Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları	46
Çizelge 4.12. Alüminyum alaşımının MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları	47



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Elektrik ark kaynak yönteminin şematik gösterimi	2
Şekil 1.2. Elektrik ark kaynak yönteminin şematik gösterimi	4
Şekil 1.3. MIG/MAG (Gazaltı) kaynak yönteminin şematik gösterimi	6
Şekil 1.4. MIG-MAG kaynak donanımı	8
Şekil 1.5. TIG Kaynak yönteminin şematik gösterimi	10
Şekil 1. 6. TIG kaynak donanımı	12
Şekil 2.1. Çeşitli kaynak ağızları	14
Şekil 2.2. Çelik konstrüksiyon üzerinde kaynak uygulaması	16
Şekil 2.3. Isıdan etkilenen bölgenin şematik gösterimi	19
Şekil 2.4. Ark Boyu	20
Şekil 2.5. Alaşımsız Çelik Elektrotlar için Kaynak Akımları	22
Şekil 2.6. ER4043 Alüminyum Elektrotlar İçin Kaynak Akımları ile Elektrot Besleme Hızları Arasındaki İlişki	23
Şekil 2.7. 300 Serisi Paslanmaz çelik Elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki.....	23
Şekil 2.8. Kaynak hızının kaynak dikişine etkisi.....	24
Şekil 3.1. Kaynak edilecek levhaların boyutları.....	29
Şekil 3.2. Boyutları Şekil 3.1’de verilmiş levhaların kaynak edilmiş durumu	30
Şekil 3.3. Tungsten ucun seramik nozul içinde gösterilişi.....	32
Şekil 3.4. Elektrik ark kaynak makinesi	34
Şekil 3.5. Fronius TP330 MIG-MAG kaynak makinesi	35
Şekil 3.6. TIG kaynak makinesi.....	35
Şekil 3. 7. Fırçalama işleminin yapılışı.....	36
Şekil 3.8. TS EN 5789 standartlarına göre çekme numunesi ölçüleri	37

Şekil	Sayfa
Şekil 3.9. Eğme deneyi numunesi.....	38
Şekil 3.10. Nikon Eclipse L 150 A optik mikroskobun görüntüsü.....	39
Şekil 4.1 Sertlik ölçüm bölgeleri	47
Şekil 4.2. Farklı akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikrosertlik ölçüm değerleri.....	48
Şekil 4.3. Farklı akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikrosertlik ölçüm değerleri.....	48
Şekil 4.4. Farklı akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikrosertlik ölçüm değerleri.....	49
Şekil 4.5. Farklı akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikrosertlik ölçüm değerleri.....	49
Şekil 4.6. Farklı akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikrosertlik ölçüm değerleri.....	50
Şekil 4.7. Farklı akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikrosertlik ölçüm değerleri.....	50
Şekil 4.8. 70 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	51
Şekil 4.9. 80 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	52
Şekil 4.10.90 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	53
Şekil 4.11.70 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	54
Şekil 4.12. 80 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	55
Şekil 4.13. 90 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	56
Şekil 4.14. 80 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	57

Şekil	Sayfa
Şekil 4.15. 90 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	58
Şekil 4.16.100 amper değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri	59
Şekil 4.17. 70 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri.....	60
Şekil 4.18. 80 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri.....	60
Şekil 4.19. 90 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri.....	61
Şekil 4.20. 70 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri	62
Şekil 4.21. 80 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri	63
Şekil 4.22. 90 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri	63
Şekil 4.23. 80 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri	64
Şekil 4.24. 90 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri	65
Şekil 4.25. 100 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikro ve makroyapı görüntüleri	65

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
EAK	Elektrik Ark Kaynağı
MIG	Metal İnert Gas
MAG	Metal Aktif Gas
TIG	Tungsten İnert Gas
TS	Türk Standardı
A	Amper
V	Volt
ITAB	Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
d	Elektrod Çapı
W	Wolfram
α	Kaynak ağız açısı
b	İki malzeme arasındaki boşluk
S	Malzeme kalınlığı
I	Akım şiddeti

1. ARK KAYNAK YÖNTEMLERİ

1.1. Giriş

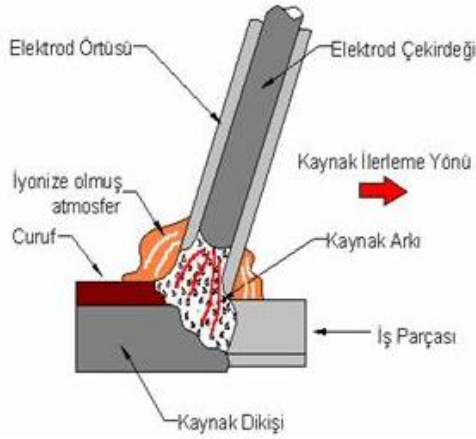
Bu çalışmada paslanmaz çelik, çelik ve alüminyum plakalar kullanılmıştır. Seçilen malzemelerin birleştirilmesinde kullanılan kaynak yöntemleri olarak elektrik ark kaynağı, mig-mag, tig, plazma arkı, nokta direnç, elektron ışın, sürtünme karıştırma, difüzyon ve tozaltı kaynağı sıralanabilir (Ertürk, 1994). Ancak sanayide en fazla kullanım alanına sahip elektrik ark kaynağı, MIG-MAG kaynağı ve TIG kaynağı hakkında bilgi paylaşılacaktır.

1.2. Elektrik ark kaynağı

1.2.1. Çalışma prensibi

Elektrik ark kaynağı, bir elektrik akımının yüksek sıcaklıkta ve yüksek yoğunlukta bulunduğu bir kaynak türüdür. Kaynak, elektrot adı verilen iki metal çubuğun birleştirilmesiyle oluşur. Bir elektrot, negatif (-) yük taşıyan bir kaynak gücüne bağlanırken diğer elektrot pozitif (+) yük taşıyan bir kaynak gücüne bağlanır. Kaynak gücü, elektrotlara yüksek bir gerilim uygular ve bir ark oluşur. Ark, iki elektrot arasındaki mesafede ısı ve ışık yayan bir plazma kütesidir. Bu plazma kütlesi, elektrotlardan gelen metal tel veya çubuk gibi kaynak malzemesine enerji verir ve eritir.

Kaynak işlemi sırasında, erimiş metal kaynak malzemesi, iki elektrot arasındaki boşluğa damlar ve soğuyarak kaynağı oluşturur. Kaynak işlemi sırasında, elektrotların aşınması nedeniyle elektrotlar periyodik olarak değiştirilir. Elektrik ark kaynağı, metal birleştirme işlemi için kullanılan en yaygın kaynak yöntemlerinden biridir ve inşaat, gemi yapımı, otomotiv ve imalat gibi birçok endüstride kullanılır (Ay ve Demircioğlu, 2004).



Şekil 1.1. Elektrik ark kaynak yönteminin şematik gösterimi (Ay ve Demircioğlu, 2004)

Elektrik ark kaynağı, diğer kaynak türleriyle karşılaştırıldığında birçok avantaja sahiptir. Elektrik ark kaynağının bazı avantajları belirtilmiştir.

-Yüksek kaynak verimliliği: Elektrik ark kaynağı, yüksek kaynak verimliliği sağlar. Kaynak işlemi sırasında, elektrot ve iş parçası arasındaki ark, yüksek sıcaklıkta oluşturulur ve bu, malzemenin daha hızlı erimesini ve birleşmesini sağlar.

-Çok yönlülük: Elektrik ark kaynağı, birçok farklı malzemeyi birleştirmek için kullanılabilir. Çelik, alüminyum, bakır ve diğer malzemeler, elektrik ark kaynağı kullanılarak birleştirilebilir.

-Daha az duman: Elektrik ark kaynağı, diğer kaynak türlerine göre daha az duman ve kirlilik üretir. Bu, işçilerin sağlığını korur ve çevreye daha az zarar verir.

-Kolay kullanım: Elektrik ark kaynağı, diğer kaynak türlerine göre daha kolay kullanılır. Operatörlerin daha az eğitim alması gerektiği için, işletme maliyetleri düşer.

-Yüksek kalite: Elektrik ark kaynağı, yüksek kaliteli kaynaklar oluşturur. Bu, kaynakların daha dayanıklı olmasını ve daha az bakım gerektirmesini sağlar.

-Daha düşük maliyet: Elektrik ark kaynağı, diğer kaynak türlerine göre daha düşük maliyetlidir. Elektrotlar ve diğer kaynak malzemeleri daha ucuzdur ve işletme maliyetleri daha düşüktür.

-Esneklik: Elektrik ark kaynağı, esnek bir kaynak yöntemidir. İş parçalarının şekillerine ve boyutlarına uygun olarak uyarlanabilir. Bu, farklı uygulamalarda kullanımını artırır.

-Elektrik ark kaynağı, diğer kaynak yöntemlerine göre birçok avantaja sahip olmasına rağmen, bazı dezavantajları da vardır. İşte elektrik ark kaynağının bazı dezavantajları:

-İşlem sırasında sıcaklık: Elektrik ark kaynağı sırasında, yüksek sıcaklık üretilir. Bu nedenle, işlem sırasında dikkatli olunması gerekir ve uygun güvenlik önlemleri alınmalıdır.

-Kaynak kalitesinin düşmesi: Elektrik ark kaynağı işlemi sırasında, iş parçasının sıcaklığı hızlı bir şekilde artar ve soğutulması da hızlı bir şekilde gerçekleşir. Bu nedenle, kaynak işlemi sonunda, iş parçasının yapısında bozulmalar ve çatlaklar oluşabilir.

-Elektrot tüketimi: Elektrik ark kaynağı işlemi sırasında, elektrotlar tüketilir. Bu, işlem sırasında maliyetlerin artmasına neden olabilir.

Bu nedenlerden dolayı, elektrik ark kaynağı işlemi, bazı dezavantajlara sahip olabilir. Ancak, doğru şekilde kullanıldığında, bu dezavantajlar minimize edilebilir ve kaynak işlemi verimli bir şekilde gerçekleştirilebilir.

1.2.2. Kaynak donanımı

Elektrik ark kaynağı donanımı, kaynak işlemi sırasında kullanılan ekipmanlardan oluşur ve şu bileşenleri içerir:

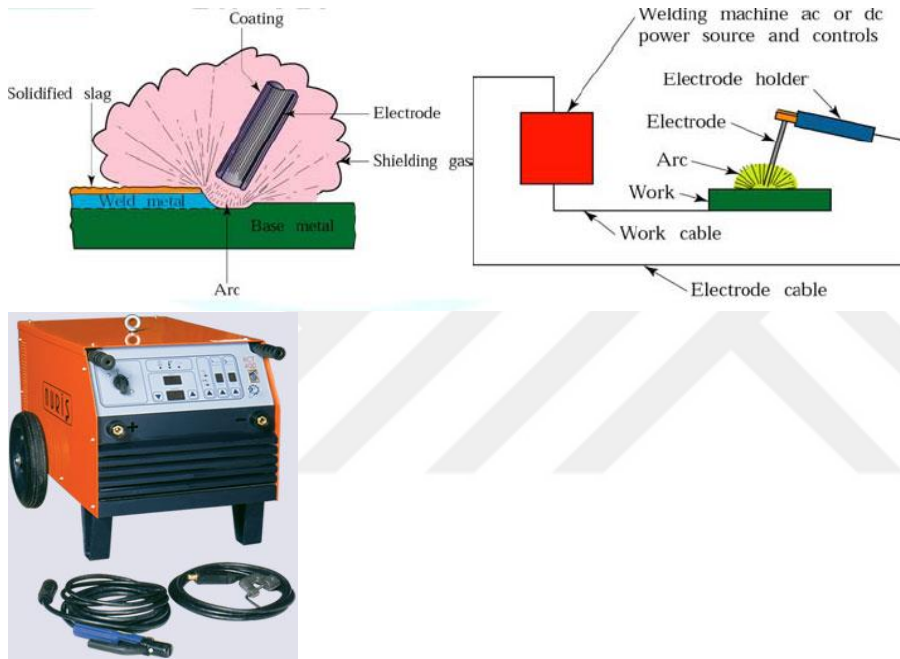
Güç kaynağı: Elektrik ark kaynağı işlemi için güç kaynağı gereklidir. Bu güç kaynağı, alternatif akım (AC) veya doğru akım (DC) şeklinde olabilir.

Elektrot: Elektrik ark kaynağı işlemi için kullanılan elektrot, iş parçası ile temas eder ve kaynak işlemi sırasında elektrik akımını sağlar. Elektrotlar, farklı malzemelerden yapılır ve kaynak işlemi için uygun olan elektrot seçilir.

Elektrot tutucu: Elektrotun tutulması için elektrot tutucu kullanılır. Elektrot tutucu, elektrotu tutan bir kısmı ve elektrik akımını sağlayan bir kısmı olan bir cihazdır.

Kaynak maskesi: Kaynak işlemi sırasında, işçilerin gözlerini ve yüzünü korumak için kaynak maskesi kullanılır. Kaynak maskesi, ultraviyole (UV) ve kızılötesi (IR) ışınlarına karşı koruma sağlar.

Bu bileşenlerin yanı sıra, elektrik ark kaynağı işlemi sırasında kullanılan diğer ekipmanlar arasında kaynak kablosu, kaynak fırçası ve kaynak işlemi sonrasında iş parçasının temizlenmesi için kullanılan çeşitli araçlar da yer alabilir.



Şekil 1.2. Elektrik ark kaynak yönteminin şematik gösterimi (Ay ve Demircioğlu, 2004)

1.2.3. Kullanılan elektrotlar

Elektrik ark kaynağı işleminde kullanılan elektrotlar, kaynak işleminin tipine ve malzemenin özelliklerine göre değişebilir. Elektrotlar genellikle metal alaşımlarından yapılmıştır ve bir kaplama veya çekirdek elektrottan oluşur. Kaplama elektrotlar, çekirdek elektrotun çevresine kaplama olarak sarılan malzemelerdir. Kaplama malzemeleri, kaynak işlemi sırasında elektrotun erimesini sağlar ve aynı zamanda eriyen metalin oksidasyonunu önlemeye yardımcı olur. Kaplama elektrotlarının kullanımı, yüksek kaliteli kaynaklar için tercih edilir. Çekirdek elektrotlar, sadece bir çekirdekten oluşur ve bu nedenle kaplama elektrotlara göre daha ekonomiktir.

Ancak, çekirdek elektrotlarının kullanımı, kaplama elektrotlara göre daha sınırlıdır ve daha düşük kaliteli kaynaklar için tercih edilir. Çizelge 1.1’de sıklıkla kullanılan bazı elektrotlar ve uygun akım değerleri verilmiştir (Eryürek, 2007).

Çizelge 1.1 Yaygın olarak kullanılan elektrotlar için optimum akım değerleri (Eryürek, 2007)

Elektrot	E7015 E7016	E7018	E8016-C1 E8018-C1	E8016-C3	E8018-C3	E10016-D2 E10018-D2
2.5	65-110	70-100	80-120	70-90	70-95	60-100
3.25	100-150	115-165	100-150	100-130	110-140	85-120
4	140-200	150-220	150-185	130-180	130-200	140-190
5	180-225	200-275	200-250	165-230	165-290	180-250
6	240-320	260-340	240-325	270-300	280-315	-

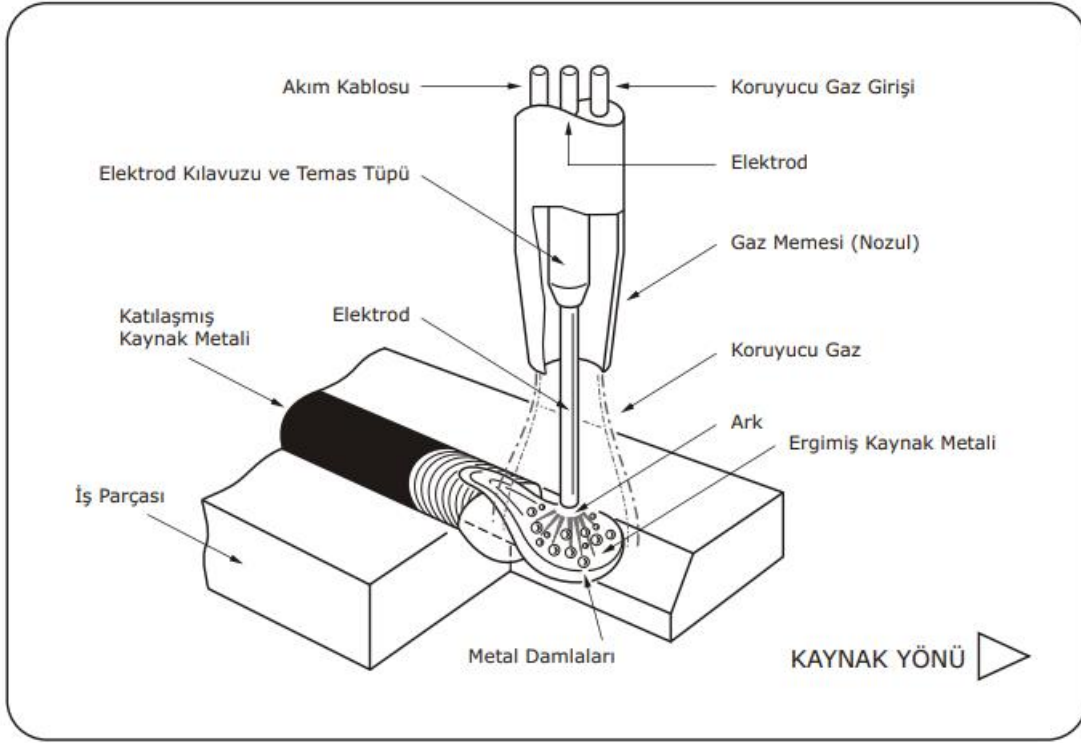
1.2.4. Elektrik ark kaynak hataları

Elektrik ark kaynağında önem arz eden ve sıklıkla görülen kaynak hataları olarak yanma oluşu, cüruf kalıntıları ve gözenek oluşumu gösterilebilir. Kaynakçının el becerisine bağlı olarak yetersiz ergime ve nüfuziyet gibi kaynak hataları oluşabilir. Bunun yanında kaynak işlemi sonrası soğuma şartlarına bağlı olarak kaynak çatlağı meydana gelebilir. Bu durumu da kaynakçı hatası olarak ifade edebiliriz.

1.3. MIG-MAG kaynağı

1.3.1. Çalışma prensibi

Gazaltı kaynağı olarak tanımlanan MIG ve MAG kaynağı, benzer bir prensiple çalışır. Ancak, MIG kaynağı iner gaz olarak Argon veya Argon-Karbondioksit karışımı kullanırken, MAG kaynağı aktif gaz olarak Karbondioksit veya Argon-Karbondioksit karışımı kullanır. MIG-MAG kaynağı, kaynak işlemi sırasında kaynak teli ile kaynak edilecek malzeme arasında bir ark oluşturur. Kaynak teli, bir makaradan beslenir ve kaynak işlemi sırasında malzeme ile birlikte ilerler. Ark, kaynak teli ve kaynak edilecek malzeme arasında oluşturulur ve bu ark, kaynak teli ile malzeme arasındaki bağlantıyı sağlar (Ertemiz, 2005). Şekil 1.3’te MIG-MAG kaynağının şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 1.3. MIG/MAG (Gazaltı) kaynak yönteminin şematik gösterimi (Ekici, 2009)

MIG ve MAG yöntemlerini ayıran özellik koruyucu gazın değişmesidir. Mig kaynağında asal gazlar kullanılırken, mag kaynağında karbondioksit gazı kullanılmaktadır (Eryürek, 2007).

Avantajları :

-Yüksek kaynak hızı: MIG-MAG kaynağı, yüksek hızda kaynak yapma yeteneğine sahiptir, bu da kaynak işleminin verimliliğini artırır.

-Otomatik kaynak yapabilme: MIG-MAG kaynak, otomatik kaynak sistemlerinde kullanılmak için uygun bir yöntemdir. Bu, üretim sürecinin otomatikleştirilmesine olanak tanır ve insan hatasını en aza indirir.

-Az kaynak dumanı: MIG-MAG kaynağı, az miktarda duman üretir, bu da çalışma ortamının daha temiz ve sağlıklı olmasını sağlar.

-Yüksek kaliteli kaynaklar: MIG-MAG kaynağı, yüksek kaliteli kaynaklar yapmak için idealdir. Bu, kaynak işleminin sonunda daha az düzeltme ve işleme işlemi gerektirir.

-Çok yönlülük: MIG-MAG kaynağı, farklı kalınlıklardaki malzemeleri kaynak etmek için uygun bir yöntemdir. Ayrıca, farklı gaz ve elektrotlar kullanarak farklı malzemelerin kaynağını yapmak mümkündür.

-Az artık malzeme: MIG-MAG kaynağı, az miktarda artık malzeme üretir. Bu, malzeme tasarrufu sağlar ve aynı zamanda kaynak işleminin maliyetini düşürür.

-Kolay kullanım: MIG-MAG kaynak, diğer kaynak yöntemlerine kıyasla daha kolay kullanılır. Bu, kaynak işlemi için gerekli eğitim süresini azaltır ve kaynak işleminin daha hızlı gerçekleştirilmesini sağlar (Eryürek, 2007).

Dezavantajları :

-Gaz tüketimi: MIG-MAG kaynağı, gaz kullanımına bağlıdır. Bu, işlem sırasında daha fazla gaz tüketimine neden olabilir ve bu da işlem maliyetlerini arttırabilir.

-İyi havalandırma gereksinimi: MIG-MAG kaynağı sırasında açığa çıkan gazlar, iyi havalandırılmış bir ortamda olmadığında sağlık sorunlarına neden olabilir.

-Hassas ayar gereksinimi: MIG-MAG kaynağı, hassas bir ayar gerektirir. Bu, operatörlerin uygun ayarlamaları yapması gerektiği anlamına gelir. Aksi takdirde, kaynak işlemi kalitesi düşebilir (Eryürek, 2007).

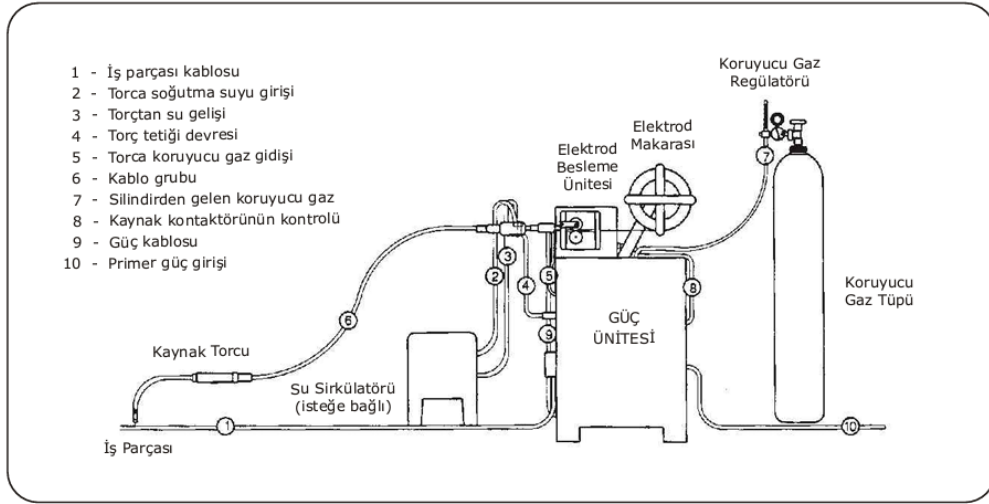
1.3.2. Mig-Mag kaynak donanımı

-Kaynak Makinesi: MIG-MAG kaynak için kullanılacak olan kaynak makinesi, güç kaynağı ve kontrol ünitesini içerir. Bu cihaz, elektrik enerjisini metal tel veya elektrotun erime noktasına getirerek kaynak yapılacak malzemeye aktarır.

-Gaz Besleme Sistemi: MIG-MAG kaynağı sırasında kullanılan gaz, kaynak işleminin kalitesini etkiler. Bu nedenle, gaz besleme sistemi, kaynak sırasında doğru gaz karışımının kaynak bölgesine doğru beslenmesini sağlamak için gereklidir. Bu sistem genellikle basınç regülatörü, gaz kabı, boru hatları ve diğer parçaları içerir.

-Tel Besleme Sistemi: MIG-MAG kaynağı için tel besleme sistemi, telin kaynak makinesine beslenmesini sağlar. Bu sistem, telin kaynak işlemi sırasında sürekli olarak beslenmesini sağlar ve telin doğru hızda kaynak bölgesine ulaşmasını sağlar.

-Koruyucu Ekipmanlar: MIG-MAG kaynağı sırasında kullanılan gazlar, dumanlar ve ışık, operatörlerin sağlığına zarar verebilir. Bu nedenle, operatörlerin gözlerini, yüzlerini ve ellerini korumak için uygun koruyucu ekipmanlar kullanmaları gereklidir. Bu ekipmanlar arasında kaynak maskesi, eldiven, önlük ve koruyucu gözlük gibi parçalar yer alır (Ertemiz, 2005). Şekil 1.4'te MIG-MAG kaynağının donanımları ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.4. MIG-MAG kaynak donanımı (Ekici, 2009)

1.3.3. Kullanılan ilave teller

MIG-MAG kaynağında, kaynak işlemi sırasında kullanılan ilave teller, çeşitli malzemelerin kaynağı için kullanılır. İlave teller, kaynak işleminin yapılacağı malzemenin tipine ve kalınlığına göre seçilir. İlave teller, genellikle bir tel makarasında bulunur ve kaynak makinesinin tel besleme mekanizması aracılığıyla kaynak işlemi sırasında malzemeye beslenir. MIG-MAG kaynakta yaygın olarak kullanılan ilave teller şunlardır:

-ER70S-6: Genel amaçlı bir ilave teldir ve çelik malzemelerin kaynağı için kullanılır. Bu tel, düşük karbonlu çeliklerin kaynağı için uygundur.

-ER308L: Bu tel, paslanmaz çelik malzemelerin kaynağı için kullanılır. Bu tel, paslanmaz çeliklerin kaynağı için mükemmel bir seçimdir.

-ER4043: Bu tel, alüminyum malzemelerin kaynağı için kullanılır. Bu tel, alüminyum malzemelerin kaynağı için idealdir.

-ER5356: Bu tel, yüksek mukavemetli alüminyum malzemelerin kaynağı için kullanılır. Bu tel, denizcilik ve havacılık gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılır.

Bu ilave teller, malzemenin tipine ve kalınlığına göre seçilir. Kaynak işlemi sırasında ilave tel, eriyen elektrotun malzemeye birleşmesi ve kaynak işleminin tamamlanması için kullanılır. İlave teller, kaynak işleminin kalitesi ve mukavemeti için çok önemlidir (Taban ve Kaluç, 2005).

1.3.4. Mig-Mag kaynağında kaynak hataları

MIG-MAG kaynak yöntemi, yüksek kaliteli kaynaklar elde etmek için kullanılan bir yöntemdir. Ancak, kaynak işlemi sırasında çeşitli hatalar oluşabilir. Bazı yaygın MIG-MAG kaynak hataları şunlardır:

-Çatlaklar: Çatlaklar, kaynak işlemi sırasında malzeme sıcaklığına ve soğuma hızına bağlı olarak oluşabilir. Bu genellikle düşük kaliteli kaynak malzemeleri veya uygun kaynak tekniklerinin kullanılmamasından kaynaklanır.

-Gevşek kaynak: Gevşek kaynak, kaynak işlemi sırasında ilave telin yeterince beslenmemesi nedeniyle oluşabilir. Bu genellikle kaynak cihazının tel besleme hızı veya voltaj ayarlarındaki yanlış ayarlardan kaynaklanır.

-Dışarıdan bozulmalar: Dışarıdan bozulmalar, kaynak işlemi sırasında çevresel faktörlerden kaynaklanan hatalardır. Örneğin, hava sirkülasyonu, nem, yağmur veya toz, kaynak işlemi sırasında oluşan hatalara neden olabilir.

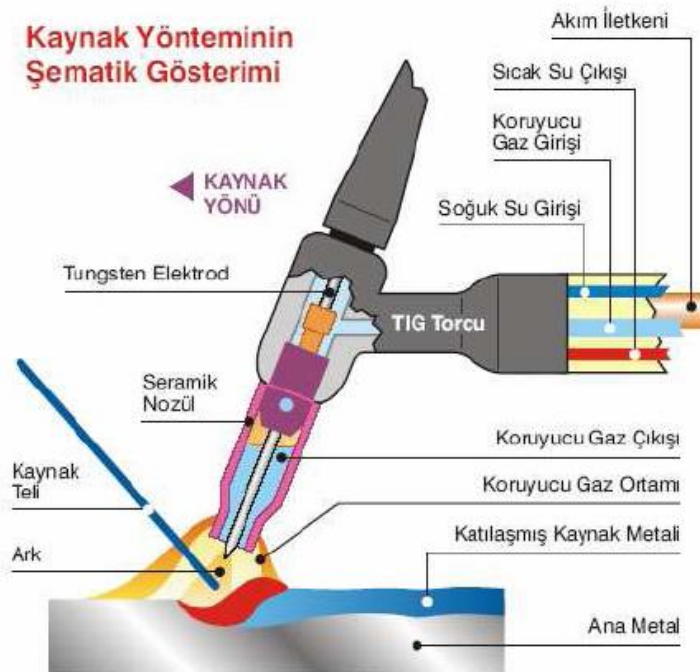
-Sıcak çatlama: Sıcak çatlama, kaynak işlemi sırasında yüksek sıcaklık nedeniyle oluşabilir.

MIG-MAG kaynak işleminde bu hataların oluşmasını önlemek için, uygun kaynak teknikleri kullanılmalı, doğru kaynak malzemeleri seçilmeli ve çevresel faktörlerin kontrol edilmesi sağlanmalıdır (Taban ve Kaluç, 2005).

1.4. Tig kaynak yöntemi

1.4.1. Çalışma prensibi

TIG (Tungsten Inert Gas) kaynak, bir tungsten elektrot ile kaynak edilecek malzeme arasına yerleştirilmiş ince bir metal tel yardımıyla gerçekleştirilen bir kaynak yöntemidir. Bu yöntem, ince ve hassas kaynak işlemleri için idealdir ve yüksek kaliteli kaynaklar elde etmek için kullanılır. TIG kaynak işlemi, yüksek frekanslı bir elektrik kaynağı kullanarak bir ark oluşturmakla başlar. Ark, tungsten elektrot ile kaynak malzemesi arasındaki boşluğa yönlendirilir ve aynı anda bir gaz akışı (genellikle argon) kullanarak kaynak bölgesini korur. Bu gaz akışı, kaynak işlemi sırasında oluşan erimiş metalin havada okside olmasını önleyerek kaynak kalitesini artırır (Anık ve Tülbentçi, 1991).



Şekil 1.5. TIG Kaynak yönteminin şematik gösterimi (Anık, 1991)

TIG (Tungsten Inert Gas) kaynak yöntemi, birçok avantajı nedeniyle endüstride sıklıkla tercih edilmektedir. Bazı TIG kaynağının avantajları şunlardır:

-Yüksek Kalite Kaynaklar: TIG kaynağı, diğer kaynak yöntemlerine kıyasla daha yüksek kaliteli kaynaklar sağlar. Bu nedenle, hassas ve kritik uygulamalarda kullanılır.

-Temiz ve Düzenli Kaynak Yüzeyi: TIG kaynağı sırasında, kaynak bölgesinde gaz akışı kullanıldığı için kaynak işlemi sonrasında temiz bir yüzey bırakır.

-Çok Yönlü: TIG kaynağı, çeşitli metallerin kaynağı için kullanılabilir. Özellikle alüminyum, magnezyum ve titanyum gibi malzemelerin kaynağı için idealdir.

-Kontrollü Isı: TIG kaynağı, düşük ısıda ve düşük bir erime noktasına sahip malzemelerin kaynağı için idealdir. Ayrıca, kaynak işlemi sırasında malzemeye uygulanan ısıyı daha iyi kontrol edebilirsiniz.

-Düşük Duman ve Gürültü: TIG kaynağı, diğer kaynak yöntemleri gibi yüksek seviyelerde duman ve gürültü üretmez. Bu nedenle, TIG kaynağı işlemleri daha temiz ve daha rahat bir çalışma ortamı sağlar (Anık, 1991).

1.4.2. TIG kaynak donanımı

TIG (Tungsten Inert Gas) kaynağı, özel bir donanım gerektirir. Bir TIG kaynak donanımı genellikle aşağıdaki unsurları içerir:

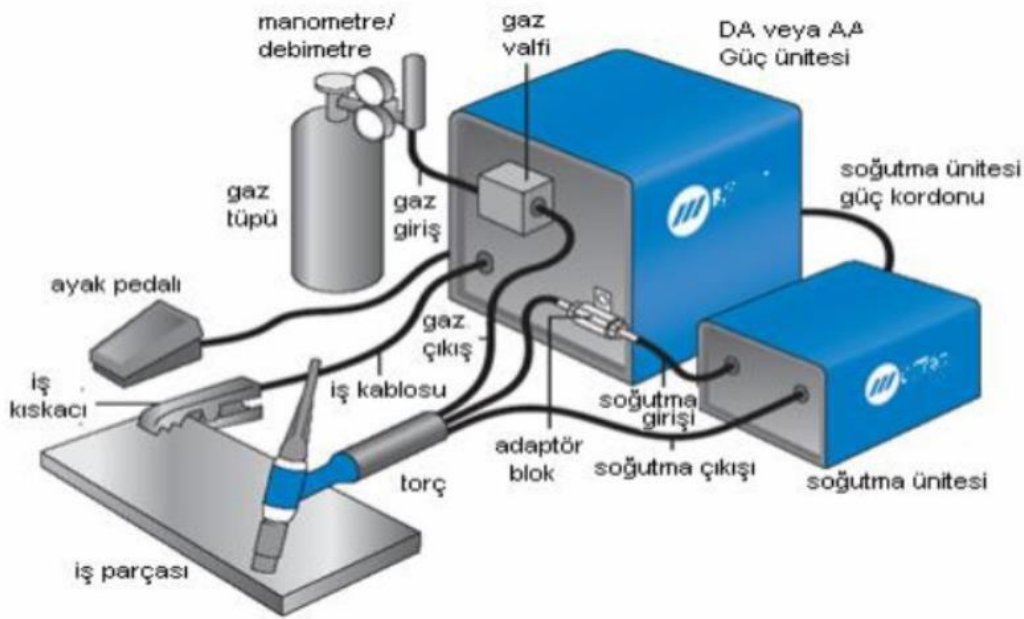
-Güç Kaynağı: TIG kaynağı için kullanılan güç kaynağı, düşük voltaj ve yüksek akım sağlamalıdır. DC (Doğru Akım) ve AC (Değişken Akım) güç kaynakları kullanılabilir. DC güç kaynakları, özellikle paslanmaz çelik, nikel alaşımları, bakır ve alüminyum gibi malzemelerin kaynağı için idealdir. AC güç kaynakları, magnezyum ve alüminyum gibi malzemelerin kaynağı için idealdir.

-Tungsten Elektrot: TIG kaynağı için tungsten elektrot kullanılır. Tungsten, yüksek erime noktasına sahip ve kimyasal olarak reaktif olmayan bir metaldir.

Elektrot, TIG kaynağı işlemi sırasında yüksek sıcaklıklara maruz kalacağından, yüksek sıcaklık dayanımı ve düşük aşınma özelliklerine sahip olmalıdır.

Koruyucu Gaz: TIG kaynağı sırasında, elektrot etrafında gaz akışı sağlanır. Gaz, kaynak işlemi sırasında koruyucu bir atmosfer oluşturarak kaynak bölgesindeki havayı önler ve malzemenin oksitlenmesini engeller. Genellikle argon gazı kullanılır.

Kaynak Torcu: TIG kaynağı işlemi, bir kaynak tabancası veya torc yardımıyla yapılır. Kaynak tabancası, elektrotu tutar ve gaz akışını sağlar. Ayrıca, ilave malzeme de kaynak tabancası ile kontrollü bir şekilde beslenir (Anık, 1991).



Şekil 1. 6. TIG kaynak donanımı (Anık, 1991)

1.4.3 Tig kaynağında kullanılan ilave teller

TIG (Tungsten Inert Gas) kaynağı, genellikle bir ilave tel kullanılmadan yapılır. Ancak bazı durumlarda, daha sağlam bir bağlantı oluşturmak için bir ilave tel kullanılabilir. İlave tel, TIG kaynağı sırasında kaynak bölgesine beslenir. Bu ilave tel, çoğunlukla kaynaklanacak malzemenin aynı malzemedan yapılmış bir telidir. İlave tel, kaynaklı birleşimdeki mukavemeti artırmak ve daha fazla doldurma malzemesi eklemek için kullanılır. Ancak, ilave tel kullanımı, kaynak işleminin daha karmaşık hale gelmesine neden olur ve kaynakta görünür hale gelebilir (Anık ve Tülbentçi, 1991).

2. KAYNAK PARAMETRELERİ

2.1. Giriş

Kaynak parametreleri, yapılan işlemin en iyi kalitede yapılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Kullanılan her malzeme için kullanılan parametreler değişiklik gösterir. Kaynak işlemine başlamadan önce, malzeme özelliklerine en uygun kaynak yöntemi, kullanılacak ilave tel, akım değeri, ark boyu vb. parametreler yayınlardan araştırılmalı ve sonrasında işleme başlanmalıdır. Aksi taktirde tekniğine uygun olmadan yapılan birleştirmelerde istenen sonuçlar elde edilemez. Bu bölümde, çalışmamızda kullanılan her bir kaynak yönteminde kullanılan parametreler irdelenecektir.

2.2. Elektrik ark kaynağı için parametreler

2.2.1. Kaynak ağzı formu

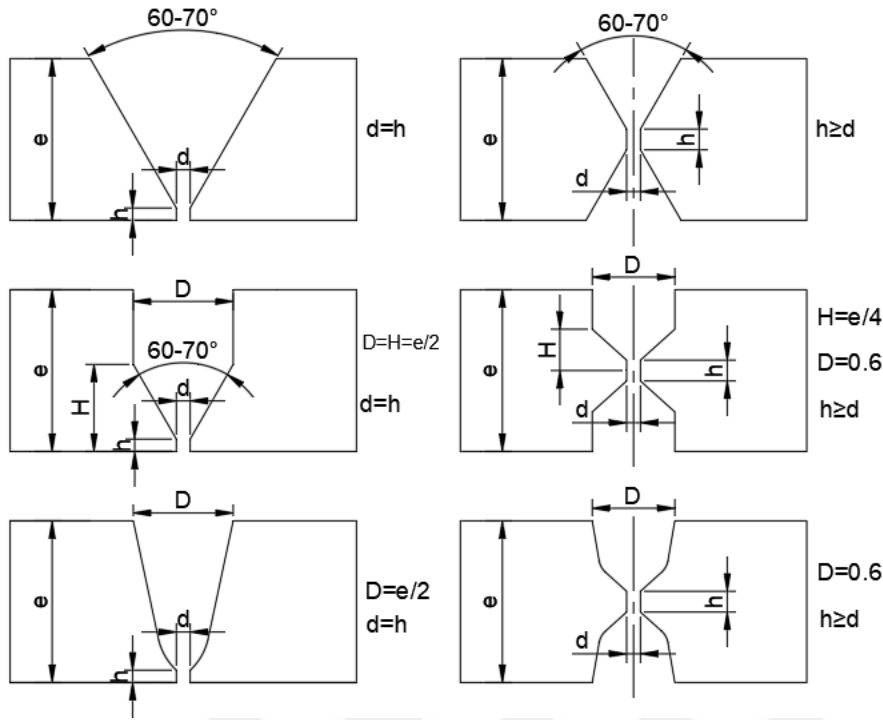
Elektrik ark kaynağı kaynak ağzı formları, kaynak işleminin yapılacağı parçanın şekline, büyüklüğüne, malzemesine ve kaynak işleminin amacına bağlı olarak değişebilir (Oğuz, 1985). Alın kaynağında sıklıkla kullanılan kaynak ağzı formları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

-V kaynak ağzı

-X kaynak ağzı

-Y kaynak ağzı

-K kaynak ağzı



Şekil 2.1. Çeşitli kaynak ağızları (Oğuz, 1985)

2.2.2. Elektrotlar

Elektrik ark kaynağı işleminde kullanılan elektrotlar, kaynak yapılacak parçaların malzeme özelliklerine, kaynak işlemi için gerekli amaca, elektrotun kaplamasına ve çapına göre seçilir. Elektrotların birçok farklı çeşidi vardır ve her biri belirli bir kaynak işlemi için en uygun olanıdır.

Bazı yaygın elektrot türleri şunlardır:

- Rutil elektrotlar
- Bazik elektrotlar
- Selülozik elektrotlar
- Alüminyum elektrotlar
- Paslanmaz çelik elektrotları

Bu bölümde sadece karbonlu çeliklerin kaynağında yaygın olarak kullanılan elektrotlardan bahsedilecektir.

Rutil kaplamalı elektrotlar, en yaygın olarak kullanılan elektrotlardan biridir ve çeşitli kaynak uygulamalarında kullanılır. Bu elektrotlar, rutin kaynak işlemlerinde, özellikle düşük karbonlu çeliklerin, dökme demirin ve paslanmaz çeliklerin kaynağı için uygundur (Ay ve Demircioğlu, 2004).

Selülozik elektrotlar, yüksek akım ve voltaj gerektiren uygulamalarda kullanılan elektrotlardan biridir. Selülozik elektrotların özellikleri şunlardır:

Yüksek kaynak kalitesi: Selülozik elektrotlar, yüksek kaliteli kaynak birleşimleri oluşturmak için tasarlanmıştır. Bu elektrotlar, çoğu durumda, yüksek mukavemetli ve dayanıklı kaynaklar sağlarlar.

İyi akışkanlık: Selülozik elektrotların kaplama malzemesi, kaynak işlemi sırasında eridiğinde akıcı bir formda kalır, böylece kaynak havuzunun şekillenmesine yardımcı olur ve kaynak ağzının tamamını kaplar.

Yüksek kaynak verimliliği: Selülozik elektrotlar, yüksek kaynak verimliliği ile bilinir. Bu, daha hızlı bir kaynak işlemi ve daha az kaynak malzemesi kullanımı anlamına gelir.

Yüksek mukavemet: Selülozik elektrotların kaynakları, yüksek mukavemetli ve dayanıklıdır. Bu nedenle, özellikle boru hatları gibi yüksek mukavemetli uygulamalar için uygun bir seçimdirler.

Düşük hidrojen Emilimi: Selülozik elektrotlar, düşük hidrojen emilimi ile bilinirler. Bu, hidrojen kalıntılarının kaynak birleşiminde birikmesini önler ve kaynak işlemi sonrası oluşabilecek çatlakların önlenmesine yardımcı olur.

Kullanım kolaylığı: Selülozik elektrotlar, kolay kullanımı nedeniyle birçok kaynakçı tarafından tercih edilir.

Selülozik elektrotlar, özellikle yüksek akım ve voltaj gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Bu elektrotlar, boru hatları, gemi yapımı, nükleer santraller ve diğer yüksek mukavemetli uygulamalar gibi birçok farklı sektörde kullanılır (Durgutlu, 1997).



Şekil 2.2. Çelik konstrüksiyon üzerinde kaynak uygulaması (Taban, 2004)

Bazik elektrotlar, elektrik ark kaynağı işleminde yaygın olarak kullanılan elektrotlardan biridir. Bazik elektrotların özellikleri şunlardır:

Yüksek kaynak verimliliği: Bazik elektrotlar, yüksek kaynak verimliliği ile bilinir. Bu, daha hızlı bir kaynak işlemi ve daha az kaynak malzemesi kullanımı anlamına gelir.

İyi akışkanlık: Bazik elektrotların kaplama malzemesi, kaynak işlemi sırasında eridiğinde akıcı bir formda kalır, böylece kaynak havuzunun şekillenmesine yardımcı olur ve kaynak ağzının tamamını kaplar.

Yüksek mukavemet: Bazik elektrotların kaynakları, yüksek mukavemetli ve dayanıklıdır. Bu nedenle, özellikle ağır sanayi uygulamaları gibi yüksek mukavemetli uygulamalar için uygun bir seçimdirler.

Düşük hidrojen Emilimi: Bazik elektrotlar, düşük hidrojen emilimi ile bilinirler. Bu, hidrojen fragmanlarının kaynak birleşiminde birikmesini önler ve kaynak işlemi sonrası oluşabilecek çatlakların önlenmesine yardımcı olur.

Korozyon direnci: Bazik elektrotlar, korozyona karşı dayanıklıdır. Bu, özellikle paslanmaz çeliklerin ve diğer korozyona duyarlı malzemelerin kaynağı için uygun bir seçimdirler.

Uygun fiyat: Bazik elektrotlar, yüksek performanslı elektrotlar olmalarına rağmen diğer elektrotlara göre uygun fiyatlıdır.

Bazik elektrotlar, özellikle ağır sanayi uygulamaları için uygun bir seçimdirler. Paslanmaz çelikler, dökme demirler, nikel alaşımları ve diğer yüksek mukavemetli malzemelerin kaynağı için de uygun olabilirler. Bunun yanı sıra, köprü, gemi yapımı, inşaat ve diğer yapısal uygulamalar gibi birçok farklı sektörde kullanılırlar (Durgutlu, 1997).

2.2.3 Kaynak akımı

Kaynak akımı, kaynak işlemi için uygun bir seviyede olmalıdır. Kaynak akımı seviyesi, kullanılan elektrotun çapına, kaynak yapılacak malzemenin kalınlığına ve diğer faktörlere bağlı olarak belirlenir. Farklı kaynak uygulamaları için farklı kaynak akımı aralıkları kullanılır. Çizelge 2.1'de Elektrot çaplarına göre en düşük ve en yüksek akım şiddetleri verilmiştir (Eryürek, 1990).

Çizelge 2.1. Elektrotlar İçin Akım Aralıkları

Tel kesiti (mm)	Akım (A)	
	En az	En fazla
2,50	50	90
3,25	65	130
4,00	110	185
5,00	150	250
6,00	220	350

Kaynak akımı, kaynak işlemi sırasında sık sık ayarlanmalıdır. Kaynak işlemi boyunca, kaynak akımı seviyesi malzeme kalınlığı, kaynak pozisyonu ve diğer faktörlere göre ayarlanabilir. Çizelge 2.2'de Örtülü elektrotlar için akım şiddeti hesabı görülmektedir (Muzafferoğlu, 2008).

Çizelge 2.2. Örtülü elektrotlar için akım şiddeti hesabı

İnce örtülü elektrotlarda	$I = d \times (40 - 45) \text{ A}$
Kalın örtülü elektrotlarda	$I = d \times (45 - 50) \text{ A}$
Demir tozlu kalın örtülü elektrotlarda	$I = d \times (50 - 60) \text{ A}$

2.2.4. Kaynak hızı

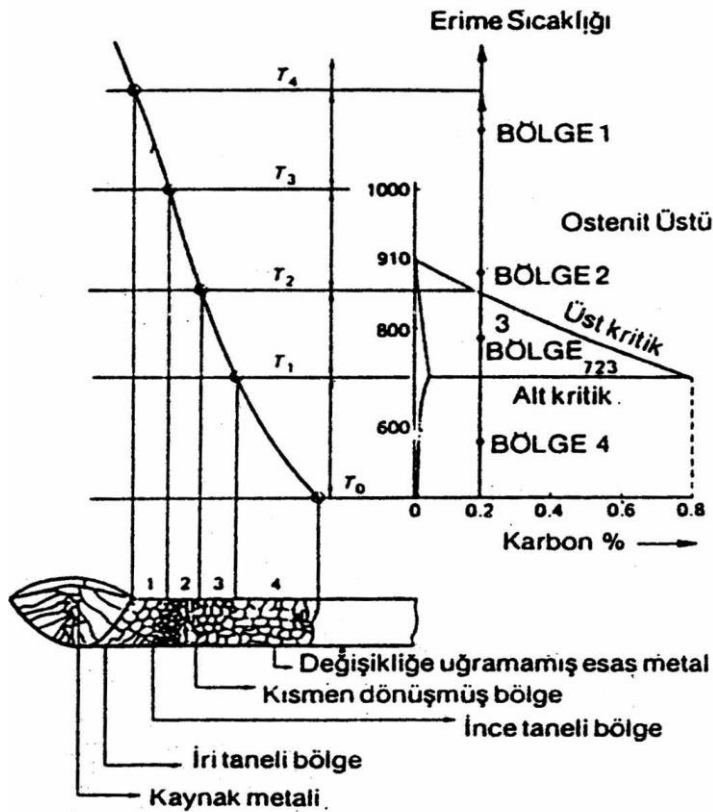
Kaynak hızı, bir kaynak işlemi sırasında iş parçasının birleştirilmesi için kullanılan hızdır. Kaynak hızı, kaynak işlemi sırasında elektrotun hareket hızını belirler ve kaynak havuzunun boyutunu, şeklini ve kalitesini etkiler. Doğru kaynak hızı seviyesi, kaynak birleşiminin kalitesi ve mukavemeti için önemlidir. Kaynak hızı, kaynak işlemi sırasında malzeme kalınlığına, kaynak pozisyonuna ve kaynak uygulamasının amacına bağlı olarak belirlenir. Daha kalın malzemeler için daha yavaş bir kaynak hızı gereklidir, çünkü daha fazla ısı enerjisi ve kaynak malzemesi birleşimi gerektirirler. Diğer yandan, daha ince malzemeler için daha hızlı bir kaynak hızı kullanılabilir, çünkü daha az ısı ve malzeme birleşimi gerektirirler (Anık ve Vural,1991) .

2.2.5. Isı Dağılımı

Kaynak işlemi sırasında ısı, kaynak hattı boyunca dağılır ve kaynak malzemelerinin farklı bölgelerinde farklı sıcaklıklar oluşur. Bu sıcaklık değişimi, kaynak işlemi sonrasında oluşan mikroyapı ve özellikler üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kaynak işlemi sırasında ısı, genellikle elektrot ve iş parçası arasındaki boşlukta meydana gelen ark plazması tarafından üretilir. Isı, bu bölgeden kaynak hattı boyunca kaynak havuzuna doğru ilerler ve malzemelerin erimesine ve birleşmesine neden olur. Kaynak işleminin sırasında oluşan ısı, kaynak havuzunun boyutunu, şeklini ve kalitesini etkiler. Ayrıca, kaynak işlemi sonrasında malzeme üzerinde gerilimler ve deformasyonlar oluşur ve bu, sıcaklıkların farklı bölgelerdeki dağılımından kaynaklanır.

Isı dağılımı, kaynak işlemi sırasında kontrol edilmesi gereken önemli bir parametredir. Kaynak işlemi sırasında malzemelerin aşırı ısınması, deformasyona veya çatlaklara neden olabilir. Isı dağılımını kontrol etmek için, kaynak işlemi sırasında uygun kaynak akımı ve elektrot çapı seçilmelidir.

Ayrıca, kaynak işlemi sırasında malzeme ön ısıtması veya son ısıtması yapılabilir, bu da sıcaklık dağılımını kontrol etmeye yardımcı olur. Kaynak işlemi sonrasında, oluşan kaynak birleşiminin kalitesi ve dayanıklılığı, kaynak işlemi sırasında kontrol edilen ısı dağılımına bağlıdır. Doğru kaynak parametrelerinin seçilmesi ve kaynak işlemi sırasında ısı dağılımının kontrol edilmesi, başarılı bir kaynak birleşimi için önemlidir (Muzafferoğlu, 2008).

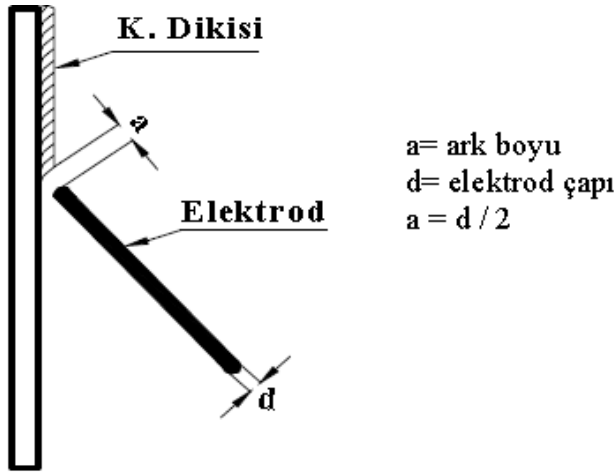


Şekil 2.3. Isıdan etkilenen bölgenin şematik gösterimi (Muzafferoğlu, 2008)

2.2.6. Ark Boyu

Kaynak işlemi sırasında, elektrot ile iş parçası arasındaki mesafe, yani ark boyu, önemli bir parametredir. Ark boyu, elektrot ile iş parçası arasındaki uzaklık olarak tanımlanır. Ark boyu, kaynak işleminin verimliliği, kalitesi ve güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Çok kısa bir ark boyu, kaynak havuzunun yeterince ısınmasına ve malzemelerin birleşmesine izin vermez. Ayrıca, çok kısa bir ark boyu, elektrotun iş parçasına sürtünmesine ve tüketilmesine neden olabilir. Çok uzun bir ark boyu ise, arkın istenmeyen yerlere sıçramasına ve kaynak kalitesinin düşmesine neden olabilir.

Ark boyu, kaynak işlemi sırasında sabit bir şekilde tutulmalıdır. Bu, elektrotun tüketimini kontrol etmek, kaynak havuzunu uygun şekilde ısıtmak ve kaynak birleşiminin kalitesini artırmak için önemlidir. Kaynak işlemi sırasında uygun ark boyu, genellikle elektrot çapına ve kaynak akımına bağlıdır. Kaynak işlemi sırasında ark boyunun kontrol edilmesi, kaynak birleşimi için önemli bir faktördür. Uygun ark boyu, malzemelerin birleşmesi için yeterli ısıyı sağlar ve kaynak birleşiminin kalitesini artırır.



Şekil 2.4. Ark Boyu (Eryürek, 2007)

2.2.7. İlerleme Açısı ve Salınım

İlerleme açısı, kaynak işlemi sırasında elektrotun iş parçasına göre ilerleme yönündeki açısını ifade eder. Bu açı, elektrotun hareket yönündeki hızını etkiler ve kaynak işlemi sırasında malzemelerin erimesine ve birleşmesine neden olur. İlerleme açısı, kaynak işlemi sırasında elektrotun konumunu ve hareketini kontrol etmek için önemlidir. Genellikle, ilerleme açısı, kaynak işlemi sırasında 5 ila 15 derece arasında tutulur.

Salınım ise, elektrotun hareketi sırasında kaynak havuzunu uygun şekilde ısıtmak ve kaynak birleşiminin kalitesini artırmak için kullanılan bir tekniktir. Salınım, elektrotun birkaç milimetre mesafede ileri ve geri hareket etmesini içerir. Bu hareket, kaynak havuzunun boyutunu artırarak, kaynak malzemesinin erimesini sağlar ve kaynak birleşiminin kalitesini artırır.

Salınım, kaynak işlemi sırasında elektrotun hareketini kontrol etmek için önemlidir. Salınımın hızı ve mesafesi, kaynak akımına ve elektrot çapına bağlı olarak değişebilir.

2.3. MIG-MAG Kaynak Yöntemi için Parametreler

2.3.1. Kaynak ağızı formları

MIG/MAG kaynak ağızları, farklı boyut ve şekillerde gelir ve farklı kaynak işlemleri için tasarlanmıştır. Örneğin, ince malzemelerin kaynağı için daha küçük boyutlu ağızlar kullanılırken, kalın malzemelerin kaynağı için daha büyük boyutlu ağızlar kullanılır. Ayrıca, dikey, yatay ve tavan kaynağı gibi farklı konumlarda kullanılmak üzere farklı şekillerde ağızlar da mevcuttur. MIG/MAG kaynak ağızları, kaynak işleminin kalitesi ve verimliliği için önemlidir. Doğru boyutta ve şekilde ağız seçmek, kaynak işleminin güvenliğini sağlar ve malzemelerin birleşmesi için gerekli sıcaklığı ve gaz korumasını sağlar.

2.3.2. MIG-MAG kaynak tel çapı seçimi

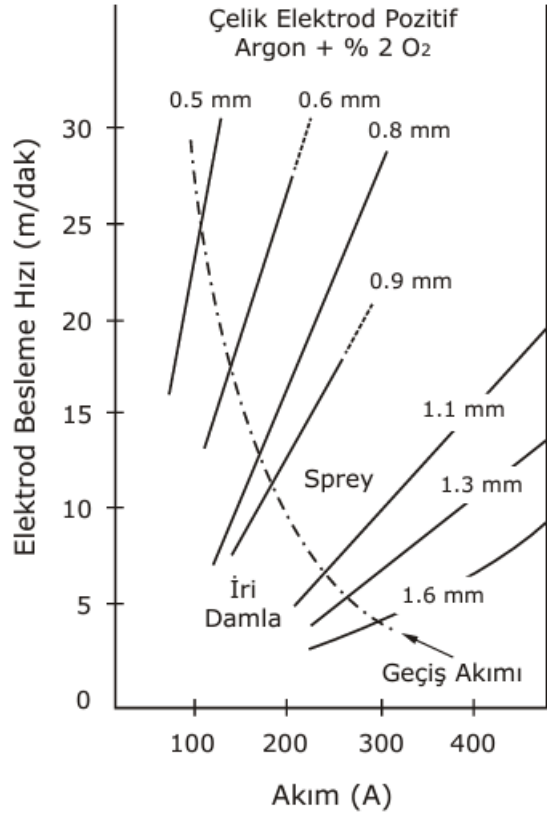
MIG/MAG kaynakta, tel çapı seçimi, kaynak malzemesinin kalınlığına ve kaynak amperine bağlıdır. Doğru tel çapı seçimi, kaynak işleminin kalitesini ve verimliliğini etkileyebilir. Genel olarak, daha ince malzemelerin kaynağı için daha ince tel çapları kullanılır. Örneğin, 0,6 mm'lik bir tel, 1-3 mm kalınlığındaki malzemelerin kaynağı için uygundur. 0,8 mm'lik bir tel, 3-6 mm kalınlığındaki malzemelerin kaynağı için uygundur. Daha kalın malzemelerin kaynağı için, 1,0 mm veya daha kalın tel çapları kullanılabilir. Kaynak amperi de tel çapı seçiminde önemlidir. Daha yüksek bir amperde çalışırken, daha kalın bir tel çapı seçmek gerekebilir. Daha düşük bir amperde çalışırken, daha ince bir tel çapı seçmek gerekebilir.

Tel çapı seçimi, kaynak işleminin malzeme kalınlığına ve amper ayarına göre belirlenirken, ayrıca kullanılan gaz türüne göre de değişebilir. Bu nedenle, kaynak yapmadan önce, kaynak malzemesi, kaynak amperi, gaz türü ve tel çapı gibi faktörlere dikkat edilmesi önemlidir (Megep, 2006).

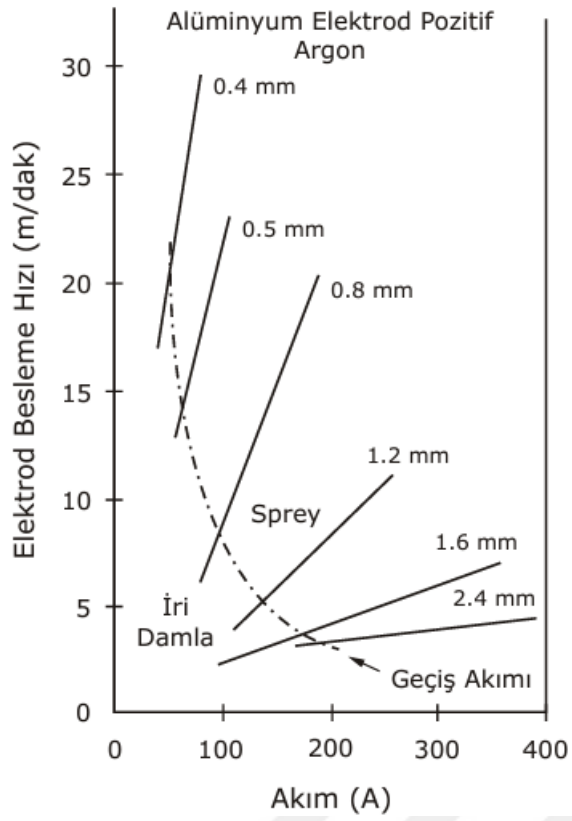
2.3.3. Kaynak akımı

MIG/MAG kaynakta kullanılacak akım, kaynak yapılacak malzemenin türüne ve kalınlığına, kaynak işleminin pozisyonuna, elektrot çapına ve diğer faktörlere bağlıdır.

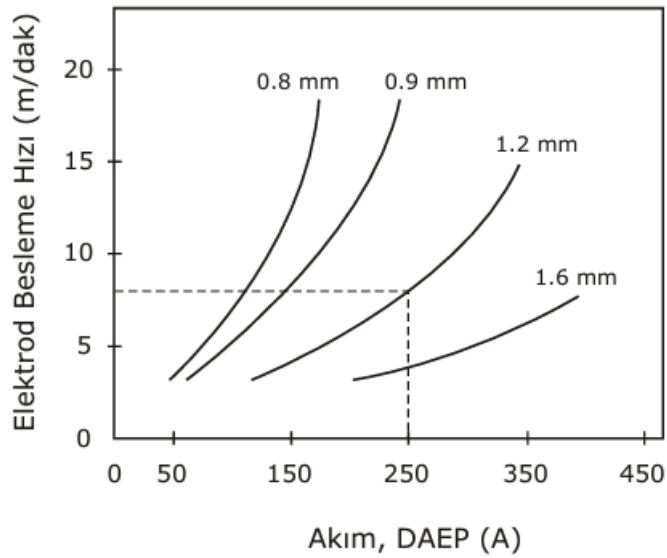
Genel olarak, ince malzemeler için düşük amperli kaynak akımı kullanılırken, kalın malzemeler için yüksek amperli kaynak akımı kullanılması gerekebilir. Bu nedenle, doğru kaynak akımı seçimi, kaynak işleminin kalitesi ve verimliliği için çok önemlidir. MIG/MAG kaynağında kullanılacak akım, kaynak makinesinde ayarlanabilir. Akım ayarlaması, kaynak işlemi öncesinde malzeme kalınlığı, elektrot çapı, gaz türü ve diğer faktörlere göre yapılmalıdır. Doğru kaynak akımı seçmek için, kaynak malzemesinin kalınlığına göre bir amper aralığı belirlenir ve kaynak işlemi sırasında kullanılacak akım bu aralıkta ayarlanır. Kaynak akımı ile elektrot besleme hızı arasındaki bu ilişki çelik elektrotlar için Şekil 2.5'te, alüminyum elektrotlar için 2.6'da, paslanmaz çelik teller için 2.7'de gösterilmiştir (Megep, 2006).



Şekil 2.5. Alaşımsız Çelik Elektrotlar için Kaynak Akımları (Megep, 2006)



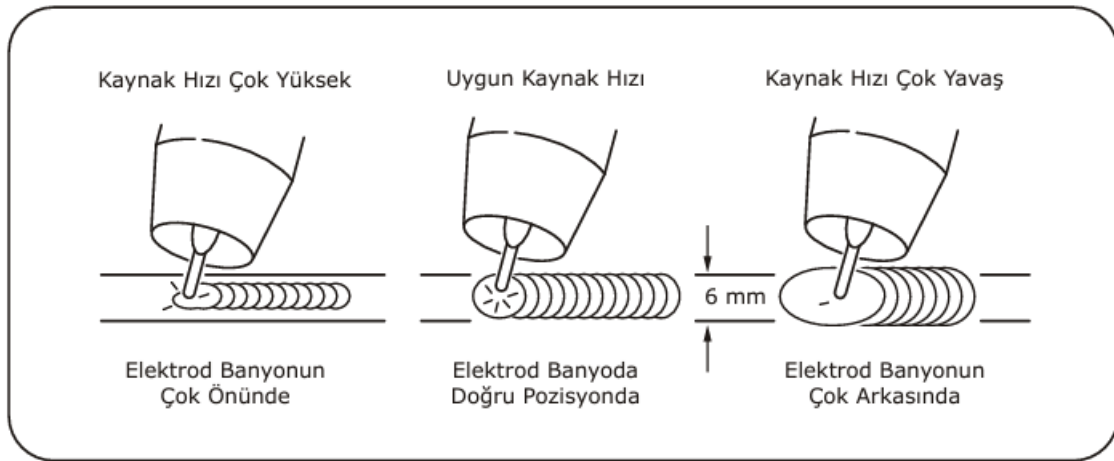
Şekil 2.6. ER4043 Alüminyum Elektrotlar İçin Kaynak Akımları ile Elektrot Besleme Hızları Arasındaki İlişki (Megep, 2006)



Şekil 2.7. 300 Serisi Paslanmaz çelik Elektrotlar için kaynak akımları ile elektrot besleme hızları arasındaki ilişki (Megep, 2006)

2.3.4. Kaynak hızı

MIG/MAG kaynakta kullanılan hız, kaynak yapılacak malzemenin türüne, kalınlığına ve kaynak işleminin pozisyonuna bağlıdır. Genel olarak, ince malzemeler için daha yüksek hızlar kullanılırken, kalın malzemeler için daha düşük hızlar kullanılması gerekebilir. Bunun nedeni, kalın malzemelerin daha fazla ısıya ve dolayısıyla daha uzun bir soğuma süresine ihtiyaç duymasındır. MIG/MAG kaynakta hız, kaynak işlemi sırasında kaynak elektrodu ile malzeme arasındaki mesafe, elektrot hızı, kaynak hızı ve diğer faktörlere bağlıdır. Genel olarak, kaynak elektrodunu malzeme yüzeyine yakın tutmak ve sabit bir hızla kaynak yapmak, iyi bir kaynak hızı sağlar. Kaynak hızının dikiş etkisi şekil 2.8’de gösterilmiştir (Megep, 2006).



Şekil 2.8. Kaynak hızının kaynak dikişine etkisi (Ekici, 2009)

2.3.5. Ark boyu (Kaynak Gerilimi)

Genel olarak, MIG/MAG kaynak işlemi sırasında daha kısa bir ark boyu tercih edilir çünkü daha kısa bir ark boyu daha iyi bir kaynak kontrolü ve daha az sıçrama sağlar. Ancak, çok kısa bir ark boyu, kaynak işlemi sırasında gaz korumasının yeterince etkili olmasına izin vermeyebilir, bu da kaynak işlemi sonrasında daha fazla paslanmaya neden olabilir.

MIG/MAG kaynak işlemi sırasında ark boyu, gaz akış hızı ve kaynak elektrodunun malzeme yüzeyine olan mesafesi gibi faktörlere bağlıdır. Kaynak işlemi sırasında, kaynak elektrodu malzeme yüzeyine yakın tutulmalı ve sabit bir mesafede tutulmalıdır.

Ayrıca, gaz akış hızı da doğru seviyede ayarlanmalıdır. Gaz akışı, ark boyunu etkileyen önemli bir faktördür, çünkü gaz akış hızı az olduğunda, gaz koruması yeterince etkili olmayabilir ve daha uzun bir ark boyu oluşabilir.

2.3.6. İlerleme Açısı

MIG/MAG kaynak işlemi sırasında ilerleme açısı, kaynak elektrodunun yönünü belirler. İlerleme açısı, kaynak işleminin kalitesini, kaynak hızını ve erime hızını etkileyen önemli bir faktördür. Genel olarak, MIG/MAG kaynak işlemi sırasında ortalama bir ilerleme açısı kullanılır. İlerleme açısı, kaynak malzemesinin kalınlığına ve kaynak hızına bağlıdır. İlerleme açısı, malzemenin erime hızını etkileyen bir faktördür. Daha dik bir ilerleme açısı, kaynak işlemi sırasında daha yüksek bir malzeme erime hızı sağlar. Ancak, daha dik bir ilerleme açısı aynı zamanda daha yavaş bir kaynak hızı ve daha sık bir kaynak oluşturur. Daha yatık bir ilerleme açısı, daha yüksek bir kaynak hızı ve daha derin bir kaynak oluşturur. Ancak, daha yatık bir ilerleme açısı, daha yavaş bir malzeme erime hızı ve daha fazla ısıнын malzeme üzerinde birikmesine neden olabilir, bu da malzeme üzerinde çarpıklıklara ve deformasyona neden olabilir.

2.4. TIG Kaynağı Parametreleri

2.4.1. Kaynak ağzı formları

TIG kaynak işlemi, ince ve hassas kaynaklar için idealdir ve birçok farklı kaynak ağzı formu kullanılabilir. Kaynak işlemi sırasında, kaynak ağzı formunun seçimi, malzeme kalınlığı, kaynak pozisyonu ve diğer faktörlere bağlıdır. Kaynak operatörü, doğru kaynak ağzı formunu seçerek, kaliteli bir kaynak oluşturmak için önemli bir adım atabilir (Ekici, 2009).

2.4.2. Tungsten uç çapının seçimi

Tungsten elektrotunun çapı, kaynak işlemi sırasında kullanılan akıma ve malzemenin kalınlığına bağlıdır. Tungsten elektrotunun doğru çapını seçmek, daha iyi bir kaynak kalitesi ve daha uzun ömürlü elektrotlar sağlamak için önemlidir.

Tungsten elektrotların çapı, genellikle 1.0 mm ila 3.2 mm arasında değişir. Daha ince elektrotlar daha keskin bir ark oluşturabilir ve daha hassas kaynak işlemleri için uygundur.

Ancak daha ince elektrotlar, daha çabuk aşınır ve daha az akım taşıyabilir. Daha kalın elektrotlar ise daha fazla akım taşıyabilir ve daha uzun ömürlü olabilirler, ancak daha az keskin bir ark oluştururlar. Tungsten elektrot çapı, ayrıca malzemenin kalınlığına göre de seçilebilir. Kalın malzemeler için daha kalın elektrotlar kullanılabilir, çünkü daha fazla akım taşıyabilirler ve daha iyi bir ark oluşturabilirler. İnce malzemeler için daha ince elektrotlar kullanılabilir, çünkü daha hassas bir kaynak yapılmasına izin verirler (Anık, 1991).

2.4.3. Kaynak akımının belirlenmesi

TIG kaynağı, genellikle düşük akım ile çalışan bir kaynak yöntemidir. Kaynak işlemi sırasında kullanılan akım, tungsten elektrotunun çapı, malzemenin kalınlığı, kaynak hızı ve diğer faktörlere bağlıdır. TIG kaynağında kullanılan akım genellikle 5 ila 200 amper arasında değişir. İnce malzemeler için düşük akım kullanılırken, kalın malzemeler için daha yüksek akımlar gerekebilir. Daha yüksek akımlar, daha derin penetrasyon sağlayabilir ve daha hızlı bir kaynak işlemi yapılmasına olanak tanıyabilir. Ancak, daha yüksek akımların kullanılması, malzeme üzerindeki ısıyı arttırabilir ve deformasyon riskini arttırabilir. TIG kaynağı sırasında, doğru akım seviyesinin seçimi, kaynak işleminin kalitesi için önemlidir. Düşük akımlar, daha hassas bir kaynak yapılmasına izin verirken, daha yüksek akımlar daha hızlı bir kaynak işlemi sağlayabilir. Kaynak işlemi sırasında, akımın doğru ayarlanması, daha iyi bir kaynak sonucu elde etmek için önemlidir. Çelik malzemeler için malzemenin her milimetresi için 45 amper kullanılırken alüminyum malzemeler için bu değer 40 amper olarak kullanılmaktadır (Ekici, 2009).

2.4.4. Kaynak hızı

TIG kaynağı sırasında, kaynak hızı genellikle 5 ila 40 cm/dakika arasında değişir. İnce malzemeler için daha yüksek hızlar kullanılabilirken, kalın malzemeler için daha düşük hızlar gerekebilir. Kaynak hızı, kaynak işlemi sırasında malzeme üzerindeki ısıyı da etkiler. Daha hızlı kaynak yapmak, malzemeyi daha az etkilerken, daha yavaş kaynak yapmak, daha fazla ısı üretebilir ve malzemede deformasyon riskini artırabilir.

TIG kaynağı genellikle yavaş bir kaynak yöntemi olarak kabul edilir, ancak doğru ekipman ve teknikler kullanıldığında, yüksek kaliteli kaynaklar yapılabilir. Doğru kaynak hızı, doğru akım ve diğer faktörlerle birlikte kullanıldığında, istenilen sonuçların elde edilmesine yardımcı olabilir (Anık ve Vural, 1991)

2.4.5. Ark boyu

TIG (Tungsten Inert Gas) kaynağı, genellikle kısa bir ark boyu kullanılarak yapılır. Ark boyu, tungsten elektrotunun uç genişliği ve kaynak işlemi sırasında kullanılan akım gibi faktörlere bağlıdır. TIG kaynağı sırasında, genellikle 1 ila 3 mm arasında bir ark boyu kullanılır. Kısa bir ark boyu, kaynak işlemi sırasında daha hassas kontrol sağlayabilir ve malzeme üzerinde daha az ısı birikmesine neden olabilir. Bununla birlikte, çok kısa bir ark boyu kullanmak, kaynak işlemi sırasında tungsten elektrotunun aşınmasına ve kırılmasına neden olabilir. TIG kaynağı sırasında, ark boyu ayarı, doğru kaynak sonucu elde etmek için önemlidir. Ark boyu ayarı, tungsten elektrotunun çapına, kullanılan akıma ve kaynak işlemi sırasında malzemede oluşabilecek ısı birikimine bağlıdır. Doğru ark boyu ayarı, kaynak işlemi sırasında malzeme üzerinde daha az deformasyon ve daha yüksek bir kaynak kalitesi sağlayabilir (Muzafferoğlu, 2008).

2.4.7. Torç ve ilave tel ilerleme açısı

Torç açısı, tungsten elektrotunun kaynak işlemi sırasında malzeme üzerindeki konumunu ve ilave tel açısı, ilave teli malzemeye nasıl yerleştirdiğinizi belirler. Torç açısı, torcun malzemeye göre ne kadar eğimli olduğunu ifade eder. TIG kaynak işlemi sırasında, torç genellikle 10 ila 15 derece açı ile malzemenin üzerinde tutulur. Bu açı, kaynak işlemi sırasında tungsten elektrotunun doğru konumunu sağlar ve kaynak havasının doğru şekilde korunmasına yardımcı olur.

İlave tel açısı, ilave telin malzeme üzerine ne kadar eğimli bir şekilde yerleştirildiğini ifade eder. TIG kaynağı sırasında, ilave tel genellikle 5 ila 15 derece açı ile malzemenin üzerine yerleştirilir. Bu açı, ilave telin doğru şekilde eritilmesini ve malzemeye doğru şekilde eklenmesini sağlar (Muzafferoğlu, 2008).

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Genel

Bu uygulamada, deneylerde kullanılmak üzere AISI 1040 çeliği, 5083 serisi alüminyum alaşımı ve 316 serisi paslanmaz çelik kullanılmıştır. Her bir malzeme Elektrik ark, MIG-MAG ve TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir.

3.2. Deney Malzemesi

Bu çalışmada, 3 mm kalınlığa sahip, kimyasal analizi Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3'te verilen malzemeler deney malzemesi olarak kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. AISI 1040 çeliğinin kimyasal analizi

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
%	0.0572	0.131	0.5020	0.0159	0.0049	0.0220	0.0257	0.004
	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb
%	0.0289	0.0031	0.0268	0.00064	0.0046	0.0039	<0.050	<0.001
	Sn	As	Zr	Bi	Sb	B	Zn	Fe
%	0.0151	0.002	<0.0005	0.0094	0.172	0.00047	<0.0001	99.1

Çizelge 3.2. 316 Serisi Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Analizi

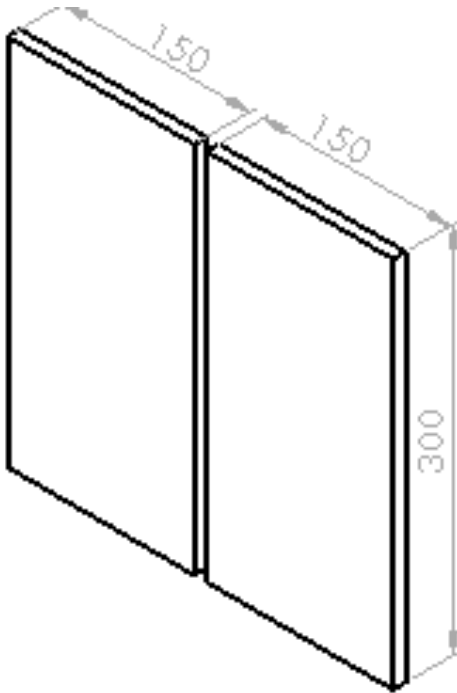
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
%	0.0264	0.435	1.67	0.0299	<0.0002	18.35	8.59	0.412
	Al	Co	Cu	Nb	Ti	V	W	Pb
%	0.0016	0.179	0.536	0.030	0.0301	0.0712	0.0488	0.0021
	Sn	B	Fe					
%	0.0637	0.00081	69.6					

Çizelge 3.3. 5083 Serisi Alüminyum Malzemenin Kimyasal Analizi

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn
%	0.174	0.239	0.0019	0.153	2.93	0.0738	0.0027	0.0023
	Ti	Be	Bi	Pb	Sn	V	Zr	Al
%	0.0176	0.00015	0.0058	<0.0004	0.0024	0.0081	0.0013	96.4

3.3. Deney Parçalarının Boyutları

Kaynak edilecek parçaların boyutları 3x150x 300 mm olup, giyotin makas ile kesilerek alın altına getirilerek kaynak edilecek şekilde hazırlanmışlardır. Şekil 3.1’de kaynak edilecek parçaların boyutları verilmiştir. Şekil 3.2’de ise kaynak edilmiş deney parçasının görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.1. Kaynak edilecek levhaların boyutları



Şekil 3.2. Boyutları Şekil 3.1’de verilmiş levhaların kaynak edilmiş durumu

3.4. Kaynak Öncesi Yapılan İşlemler

Kaynak öncesi temizlik işlemi, malzemenin türüne, boyutuna ve kullanılacak kaynak yöntemine göre değişebilir. Genel olarak, temizleme işlemi, malzemenin yüzeyindeki kirleri ve pasları çıkarmayı içerir.

Bu işlem, malzemenin kaynak öncesinde temiz ve düzgün bir yüzeye sahip olmasını sağlar ve kaynak sonrasında daha yüksek bir kalite elde etmenizi sağlar.

3.5. Kaynak İşlemlerinin Yapılışı

3.5.1. Elektrik ark kaynağında kullanılan elektrotlar

Düşük karbonlu çeliğin elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinde 3,25 çapında rutil elektrot kullanılmıştır. Paslanmaz çeliğin Elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinde 3,25 çapında Cr-Ni içeren elektrot kullanılmıştır. Alüminyum alaşımının Elektrik ark kaynağı metal sektöründe yaygın olarak kullanılmadığından çalışma içerisinde değerlendirilmemiştir. Ancak MIG-MAG ve TIG kaynak yöntemleri uygulanmıştır.

3.5.2. MIG kaynağında kullanılan elektrotlar

Düşük karbonlu çeliğin MIG kaynağında 1 mm çapında SG3 kaynak teli kullanılmıştır. İçerisinde 0,08 C, 1,00 Si, 1,70 Mn elementi ihtiva eder.

Paslanmaz çeliğin MIG kaynağında 0,8mm çapında 308LSi teli kullanılmıştır. İçerisinde 0,03'ten az C, 0,85 Si, 1,70 Mn, 20Cr, 10 Ni, 0,15 Mo elementi içerir.

Alüminyum alaşımının MIG kaynağında 1,00mm çapında AlMg5 teli kullanılmıştır. Bileşiminde 0,15 Si, 4,50Mg elementi içerirler.

3.5.3. TIG kaynağında kullanılan elektrotlar

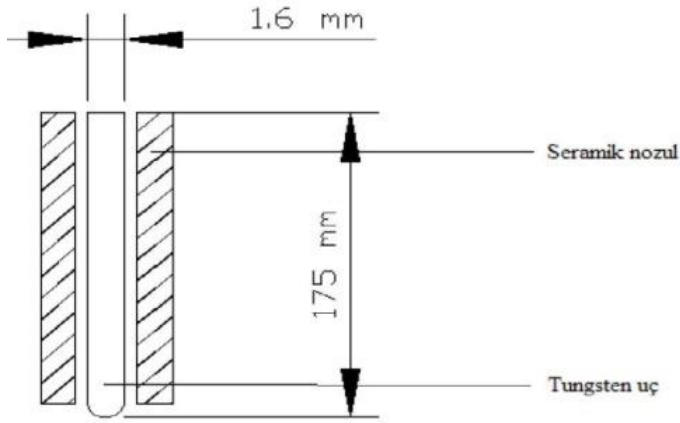
Düşük karbonlu çeliğin TIG kaynağında 1,6mm çapında Mo70 ilave teli kullanılmıştır.

Paslanmaz çeliğin TIG kaynağında TW308L teli kullanılmıştır. Kimyasal bileşimi 0,45 Si, 1,70 Mn, 20 Cr, 10 Ni, 0,15 Mo şeklindedir.

Alüminyum alaşımının TIG kaynağında AlMg5 ilave teli kullanılmıştır. Kimyasal bileşimi 4,5 Mg ihtiva etmektedir.

3.5.4. MIG ve TIG Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gaz

MIG ve TIG kaynak yöntemi kullanılarak parçaların birleştirilmesinde %99,99 saflıkta Argon gazı kullanılmıştır. Gazın debisi dakikada 10 lt olarak seçilmiştir. Tungsten kaynak elektrotu çapı 1,6 mm olarak kullanılmıştır. Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Tungsten ucun seramik nozul içinde gösterilişi

3.5.5. Elektrik ark kaynağında kullanılan kaynak parametreleri

Elektrik ark kaynağı ile birleştirme işleminde farklı akım değerleri kullanılmıştır. Düşük karbonlu çelik ve paslanmaz çelik için üç farklı akım değeri kullanılmış olup, her bir parçanın kaynak parametreleri Çizelge 3.4 ve 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. AISI 1040 çeliğinin elektrik ark kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
EAK70C	70	3,25	100	DC
EAK80C	80	3,25	90	DC
EAK90C	90	3,25	85	DC

Çizelge 3.5. Paslanmaz çeliğin elektrik ark kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
EAK70P	70	3,25	100	DC
EAK80P	80	3,25	90	DC
EAK90P	90	3,25	87	DC

3.5.6. MIG kaynağında kullanılan kaynak parametreleri

MIG kaynağı ile birleştirme işleminde farklı akım değerleri kullanılmıştır. Düşük karbonlu çelik, Paslanmaz çelik ve Alüminyum alaşımı için üç farklı akım değeri kullanılmış olup, her bir parçanın kaynak parametreleri Çizelge 3.6, 3.7 ve 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.6. AISI 1040 çeliğinin MIG kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
MIG70C	70	1,00	98	DC
MIG80C	80	1,00	93	DC
MIG90C	90	1,00	84	DC

Çizelge 3.7. Paslanmaz çeliğin MIG kaynak parametreleri

	Amper	Volt	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
MIG70P	70	16	0,8	100	DC
MIG80P	80	16,8	0,8	95	DC
MIG90P	90	17,2	0,8	87	DC

Çizelge 3.8. Alüminyum alaşımının MIG kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
MIG70A	70	1,00	53	AC
MIG80A	80	1,00	45	AC
MIG90A	90	1,00	43	AC

3.5.7. TIG kaynağında kullanılan kaynak parametreleri

TIG kaynağı ile birleştirme işleminde farklı akım değerleri kullanılmıştır. Düşük karbonlu çelik, Paslanmaz çelik ve Alüminyum alaşımı için üç farklı akım değeri kullanılmış olup, her bir parçanın kaynak parametreleri Çizelge 3.9, 3.10 ve 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.9. AISI 1040 çeliğinin TIG kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
TIG80C	80	1,60	245	DC
TIG90C	90	1,60	240	DC
TIG100C	100	1,60	237	DC

Çizelge 3.10. Paslanmaz çeliğin TIG kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
TIG80P	80	2,00	246	DC
TIG90P	90	2,00	242	DC
TIG100P	100	2,00	236	DC

Çizelge 3.11. Alüminyum alaşımının TIG kaynak parametreleri

	Amper	Elektrot Çapı (mm)	Süre (sn)	Akım Türü
TIG80A	80	2,00	224	AC
TIG90A	90	2,00	219	AC
TIG100A	100	2,00	208	AC

3.6. Deneyde kullanılan elektrik ark kaynak makinesi

Birleştirme işleminde Askaynak tarafından üretilen LINC 635-SA tip kaynak makinesi kullanılmıştır. LINC 635-SA Elektrik ark kaynak makinesi Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Elektrik ark kaynak makinesi

3.7. Deneyde kullanılan MIG kaynak makinesi

Parçaların MIG kaynak uygulamasında Fronius tarafından imal edilen TP330 kaynak makinesi kullanılmıştır. Fronius TP330 MIG-MAG kaynak makinesi Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Fronius TP330 MIG-MAG kaynak makinesi

3.8. Deneyde kullanılan TIG kaynak makinesi

Malzemelerin TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde ESAB tarafından imal edilen DTG 253 AC/DC kaynak makinesi kullanılmıştır. ESAB DTG 253 TIG kaynak makinesi Şekil 3.6 'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. TIG kaynak makinesi

3.9. Deney Parçalarının Birleştirilmesi

Deney malzemeleri kaynak masasına tespit edildikten sonra makasla kesilen küt alınlar karşılıklı bir araya getirildi. Alın altına getirilen malzemeler birleştirmeden önce, tel fırça ile temizlenmiştir. Şekil 3.7'de temizleme işleminde kullanılan tel fırça ve altlıklar gösterilmiştir. Alüminyum malzemede çarpılmalar fazlaca oluşabileceğinden parçalar mengene ile tezgâha sabitlenerek işlem yapılmıştır. Paslanmaz çeliğin kaynağında ise, yüksek ısı girdisinin dezavantajı olan krom karbür çökmesini önlemek amaçlı, kaynatılan parça işlemin hemen ardından hızlıca soğutuldu.



Şekil 3. 7. Fırçalama işleminin yapılışı

3.10. Mekanik Deneyler

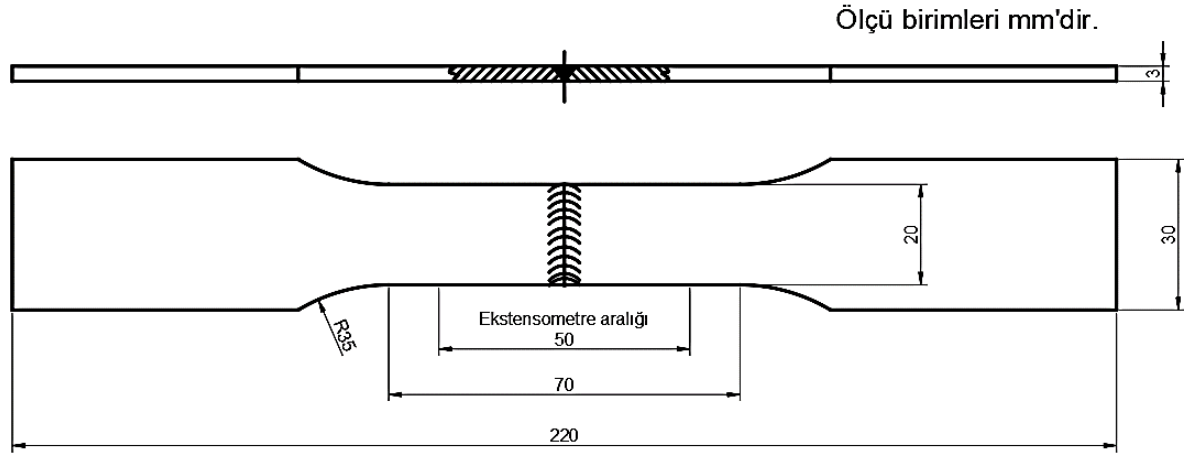
Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemi ile küt ek kaynağı pozisyonunda birleştirilen düşük karbonlu çelik, paslanmaz çelik, alüminyum alaşımı levhalara çekme, eğme, mikrosertlik, makroyapı ve mikro yapı inceleme deneyleri uygulanmıştır.

Her bir kaynak parametresinde birleştirilen levhalardan birer numune alınarak toplam 24 kaynaklı bileştirmeden mikro ve makro yapı incelemeleri yapılmıştır.

3.10.1. Çekme deneyi

Üç farklı kaynak yöntemiyle birleştirilen çelik, paslanmaz malzeme ve alüminyum alaşımı için çekme deneyi numuneleri TS 5789 standartlarında lazer kesim ünitesinde hazırlanmıştır. Şekil 3.8'de belirtilen ölçülerde numune hazırlığı yapılmıştır.

Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle birleştirilen her bir levhadan 3 adet çekme numunesi çıkarılmıştır. Alınan 3 adet çekme numunesi test edilmiş ve ortalama değerleri belirlenmiştir.

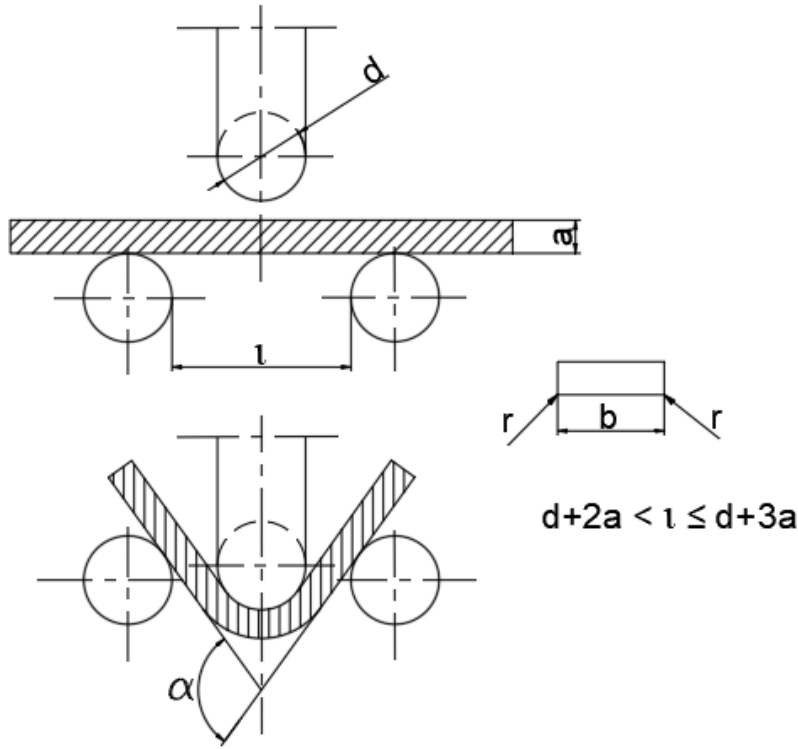


Şekil 3.8. TS EN 5789 standartlarına göre çekme numunesi ölçüleri

Çekme numunelerinin parametrik değerlerine bağlı kalınarak çekme – uzama diyagramları çizilmiştir. Çekme deneyi, alın altına birleştirilen malzemelerin mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Kaynak akımının birleşme özelliklerini nasıl etkilediği tespit edilmeye çalışılmıştır.

3.10.2. Eğme deneyi

Eğme testinde belirlenen parametrelerde birleştirilen her malzemeden numuneler alınarak eğme deneyi cihazına yerleştirildi. Eğme deneyi ve çekme deneyi aynı cihazda yapılmaktadır. Çekme işleminde alt çene yukarı doğru çıkarken, eğme deneyine üst çene yukarı çıkıyor ve mesnetler arasına yerleştirilen numuneyi mandrele doğru kuvvet uyguluyor.



Şekil 3.9. Eğme deneyi numunesi

3.11. Mikrosertlik Deneyi

Tüm kaynaklı parçalardan alınan numunelere vickers mikrosertlik cihazı kullanılarak sertlik taraması yapılmıştır. Sertlik ölçümleri, ana malzemeden başlanarak 0.5mm aralıklarla sırasıyla ITAB ve kaynak metali üzerinde yapılmıştır. Sertlik ölçümünde deney yükü 50gr (HV 0.05) seçilmiştir.

3.12. Makro ve mikro yapı incelemeleri

Kaynak işlemi ile birleştirilen malzemelerden alınan numuneler kolay işlem yapılabilmesi amacıyla bakalıte alınmıştır. Daha sonrasında her kademedan zımpara yönü değiştirmek suretiyle sırayla 60, 200, 400, 600, 800, 1200, numaralı zımparalar ile su altında zımparalanmıştır. Bu işlem sonrasında iyi görüntü alabilmek için keçe kumaş üzerine alümina tozu atılarak parlatma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Parlatılan numuneler su ile yıkandıktan sonra; düşük karbonlu çelik için %96 etanol 90mL, 10mL nitrik asit ile paslanmaz çelik için: 15mL Klorik Asit, 5mL Nitrik Asit, 10 gr Okzalit

Asit ile 100mL su çözeltisi 15 Volt akımda elektrolitik dağlama ile, alüminyum alaşıımı için %3 HNO₃, %2 HCl, %1 HF, %94 H₂O ile dağlama işlemi yapılmıştır. Dađlama yapılmış numunelerin mikro yapıları Nikon Eclipse L 150 A optik mikroskobunda çekilmiştir. Mikroskobun görüntüsü Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.10. Nikon Eclipse L 150 A optik mikroskobun görüntüsü

4. DENEYSEL SONUÇLAR

4.1. Çekme Deneyi Sonuçları

Çekme deneyi, TIG kaynak yöntemiyle birleştirilen düşük karbonlu çelik, paslanmaz çelik ve alüminyum alaşımlı malzemenin mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla yapılmıştır. Çekme deneyi farklı akım değerleri kullanılarak alın altına birleştirilen 24 adet kaynaklı levhaya uygulanmıştır. Böylece Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak parametrelerinin birleştirme özelliklerini nasıl etkilediği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çekme deneyleri sonunda numunelerin kopma bölgeleri Çizelge 4.1’de ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1. Çekme deneyi numunelerinin fiziksel durumu

Kullanılan Malzeme	Deney parçası	Kopma durumu
AISI 1040 Çeliği	EAK70C	Kaynaktan kopmuştur.
	EAK80C	ITAB'dan kopmuştur.
	EAK90C	ITAB'dan kopmuştur.
316 Serisi Paslanmaz Çelik	EAK70P	Kaynaktan kopmuştur.
	EAK80P	Kaynaktan kopmuştur.
	EAK90P	Kaynaktan kopmuştur.
AISI 1040 Çeliği	MIG70C	Kaynaktan kopmuştur.
	MIG80C	Kaynaktan kopmuştur.
	MIG90C	ITAB'dan kopmuştur.
316 Serisi Paslanmaz Çelik	MIG70P	ITAB'dan kopmuştur.
	MIG80P	ITAB'da yırtılma olmuştur.
	MIG90P	Kaynaktan kopmuştur.
5083 Serisi Alüminyum	MIG70A	ITAB'dan kopmuştur.
	MIG80A	Kaynakta çatlak oluşmuştur.
	MIG90A	ITAB'dan kopmuştur.
AISI 1040 Çeliği	TIG80C	Kaynakta yırtılma olmuştur.
	TIG90C	Kaynaktan kopmuştur.
	TIG100C	ITAB'dan kopmuştur.
316 Serisi Paslanmaz Çelik	TIG80P	Kaynaktan kopmuştur.

Çizelge 4.1. devamı

316 Serisi Paslanmaz Çelik	TIG90P	ITAB'dan kopmuştur.
	TIG100P	Kaynaktan kopmuştur.
5083 Serisi Alüminyum	TIG80A	Kaynaktan kopmuştur.
	TIG90A	ITAB'dan kopmuştur.
	TIG100	ITAB'dan kopmuştur.

Çekme deneyinde kullanılan numuneler farklı kaynak akımlarına sahip oldukları için değişik mekanik ve uzama değerleri elde edilmiştir. Yapılan çalışmalarda düşük karbonlu çeliğin 70 amper, 100 saniye süren elektrik ark kaynağı, ısı girdisi yeterli seviyede olmadığından yeterli ergime sağlanamamış ve kaynak bölgesinden kopmuştur. Aynı kaynak yönteminde 80 ve 90 amper değerlerine gelindiğinde ergime daha kolay sağlanmıştır. Fakat kıyaslandığında, düşük karbonlu çeliğin 80 amperde birleştirilmesinden elde edilen numunenin çekme mukavemeti daha yüksek çıkmıştır. Düşük karbonlu çeliğin elektrik ark kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Elektrik ark kaynağı sonrası AISI 1040 çeliği için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
EAK 70C	220	450	16
EAK 80C	298	533	20
EAK 90C	295	525	19

Düşük karbonlu çeliğin 70 amper, 98 saniye süren MIG kaynağı, ısı girdisi yeterli seviyede olmadığından yeterli ergime sağlanamamış ve kaynak bölgesinden kopmuştur. Aynı kaynak yönteminde 80 amper değerinde birleştirilen numunede de aynı sonuç alınmıştır. Fakat; 90 amper ve 84 saniyede birleştirilen numuneye bakıldığında ergime daha kolay sağlanmıştır. Böylece çekme mukavemeti daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Düşük karbonlu çeliğin MIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. MIG kaynağı sonrası AISI 1040 çeliği için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
MIG 70C	221	430	12
MIG 80C	245	460	14
MIG 90C	302	535	18

Düşük karbonlu çeliğin 80 amper, 245 saniye süren TIG kaynağı, ısı girdisi yeterli seviyede olmadığından yeterli ergime sağlanamamış ve kaynak bölgesinde yırtılma meydana gelmiştir. Aynı kaynak yönteminde 90 amper değerinde birleştirilen numune kaynak bölgesinden kopmuştur. Fakat; 100 amper ve 237 saniyede birleştirilen numuneye bakıldığında ergime daha kolay sağlanmıştır. Böylece çekme mukavemeti daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Düşük karbonlu çeliğin TIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. TIG kaynağı sonrası düşük AISI 1040 çeliği için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
TIG 80C	247	425	14
TIG 90C	292	535	18
TIG 100C	306	543	22

316 serisi paslanmaz çeliğin 70 amper ve 100 saniye süren elektrik ark kaynağı, ısı girdisi yeterli seviyede olmadığından yeterli ergime sağlanamamış ve kaynak bölgesinde kopma meydana gelmiştir. Aynı kaynak yönteminde 80 ve 90 amper değerinde birleştirilen numunelerde kaynak bölgesinden kopmuştur. Fakat; 80 ve 90 amper değerlerinde birleştirilen numuneye bakıldığında çekme mukavemeti daha yüksek çıkmıştır. Düşük karbonlu çeliğin TIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Elektrik ark kaynağı sonrası paslanmaz çelik için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
EAK 70P	142	442	22
EAK 80P	182	470	25
EAK 90P	195	490	27

316 serisi paslanmaz çeliğin 70 amper ve 100 saniye süren MIG kaynağı, daha yüksek akım değerlerinde birleştirilen numunelere göre çekme mukavemeti daha yüksek çıkmıştır. Akım değerinin artmasıyla daha kolay bir ergime sağlanmasına rağmen, kopmanın daha düşük değerlerde olması krom karbür çökmesinden kaynaklanabilir. Kaynak işleminin yapılış sırasında bu konuda gerekli önlemler alınmıştır. Paslanmaz çeliğin MIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme-uzama deneyi sonuçları Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. MIG kaynağı sonrası paslanmaz çelik için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
MIG 70P	200	490	28
MIG 80P	192	465	24
MIG 90P	190	455	21

316 serisi paslanmaz çeliğin 80 amper ve 246 saniye süren TIG kaynağı, daha yüksek akım değerlerinde birleştirilen numunelere göre çekme mukavemeti daha yüksek çıkmıştır. Akım değerinin artmasıyla daha kolay bir ergime sağlanmasına rağmen, kopmanın daha düşük değerlerde olması krom karbür çökmesinden kaynaklanabilir. Kaynak işleminin yapılışı ardından hızlı soğuma ile krom-karbür çökmesinin önlenebileceğinden dolayı gerekli önlemler alınarak kaynatılan malzeme oda sıcaklığındaki suya sokularak soğutma işlemi yapılmıştır. Paslanmaz çeliğin MIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.7’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.7. TIG kaynağı sonrası paslanmaz çelik için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
TIG 80P	195	480	26
TIG 90P	190	458	23
TIG 100P	181	450	22

5083 serisi Alüminyum alaşımının 70 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden oluşan çekme mukavemeti en fazla 60 MPa değerlerine ulaşmıştır. Aynı kaynak yöntemiyle 80 amperde birleştirilen numunede de farklı bir değer elde edilememiştir. Bu durum Alüminyumun ısıyı fazlaca iletmesinden ve böylece arkta ısı kaybına sebep vererek, yeterli ergime sağlayamamasından kaynaklanmaktadır. Ancak akım değeri 90 amper seviyelerine gelindiğinde ortalama 3 kat daha fazla dayanım ve daha fazla uzama değerleri elde edilmiştir. Alüminyum alaşımının MIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. MIG kaynağı sonrası alüminyum alaşımı için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
MIG 70A	40	60	4
MIG 80A	50	80	6
MIG 90A	100	205	24

5083 serisi Alüminyum alaşımının 80 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden oluşan çekme mukavemeti en fazla 40 MPa değerlerine ulaşmıştır. Aynı kaynak yöntemiyle 100 amperde birleştirilen numunede 80 MPa değerlerine ulaşılmıştır. 90 amper değerlerinde ise maksimum olarak 60 MPa'a ulaşmıştır. TIG kaynağındaki bu değişim ise alüminyumun 100 amper değerinde kaynatılmasında yüksek ısı girdisi ve buna bağlı olarak mikroyapıdaki değişimler sebep olabilir. Alüminyum alaşımının TIG kaynağı ile farklı amper değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen çekme deneyi sonuçları Çizelge 4.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. TIG kaynağı sonrası alüminyum alaşımı için çekme deneyi sonuçları

Malzeme	Akma Mukavvemeti (MPa)	Çekme Mukavvemeti (MPa)	Uzama Yüzdesi (%)
TIG 80A	20	40	3
TIG 90A	30	60	4
TIG 100A	60	80	6

4.2. Eğme Deneyi Test Sonuçları

Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle üç değişik kaynak akımında birleştirilen düşük karbonlu çeliğin eğme deneyi sonuçları sırasıyla gösterilecektir. Basma kuvveti ve maksimum gerilme değerlerine bakıldığında elektrik ark kaynağı için en yüksek dayanım 80 amperde kaynatılan malzemeden elde edilmiştir. Bu durum MIG kaynağında 90 amperde, TIG kaynağında 100 amperde sağlanmıştır. Düşük karbonlu çeliğin Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. AISI 1040 çeliğinin Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları

Deney Numunesi	Eğme (Yüzey)		
	Basma Kuvveti (N/mm ²)	Maksimum Gerilme (N/mm ²)	% Şekil Değiştirme
EAK70C	75	140	10.7
EAK80C	85	152	10,9
EAK90C	80	145	11
MIG70C	80	142	10,5
MIG80C	83	150	10,8
MIG90C	90	148	11.5
TIG80C	83	149	9,57
TIG90C	88	152	10.8
TIG100C	97	181	12,52

Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle üç değişik kaynak akımında birleştirilen paslanmaz çelik malzemenin eğme deneyi sonuçları sırasıyla gösterilecektir. Basma kuvveti ve maksimum gerilme değerlerine bakıldığında elektrik ark kaynağı için en yüksek dayanım 90 amperde kaynatılan malzemedan elde edilmiştir. Bu durum MIG kaynağında 80 amperde, TIG kaynağında 90 amperde sağlanmıştır. Paslanmaz çeliğin Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Paslanmaz çeliğin Elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları

Deney Numunesi	Eğme (Yüzey)		
	Basma Kuvveti (N/mm ²)	Maksimum Gerilme (N/mm ²)	% Şekil Değiştirme
EAK70P	80	141	9,52
EAK 80P	83	143	10,9
EAK 90P	89	150	11,1
MIG70P	77	133	10,5
MIG80P	94	140	11,6
MIG90P	83	137	9,57
TIG80P	86	131	9,54
TIG90P	92	135	12
TIG100P	90	132	10,9

MIG ve TIG kaynak yöntemiyle üç değişik kaynak akımında birleştirilen Alüminyum alaşımı malzemenin eğme deneyi sonuçları sırasıyla gösterilecektir. Basma kuvveti ve maksimum gerilme değerlerine bakıldığında MIG kaynak yöntemi için en yüksek dayanım 90 amperde kaynatılan malzemedan elde edilmiştir.

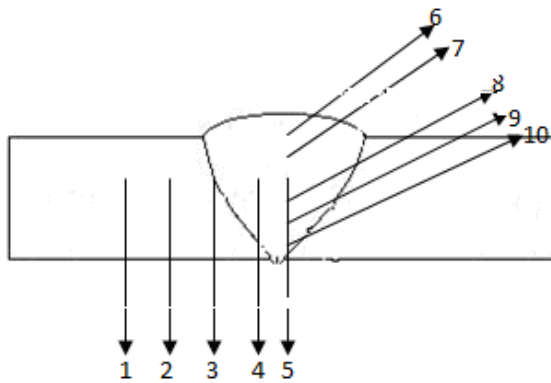
Bu durum TIG kaynağında 90 amperde sağlanmıştır. Alüminyum alaşımının MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Alüminyum alaşımının MIG ve TIG kaynak yöntemiyle değişik amperlerde birleştirilmesinden elde edilen eğme deneyi sonuçları

Deney Numunesi	Eğme (Yüzey)		
	Basma Kuvveti (N/mm ²)	Maksimum Gerilme (N/mm ²)	% Uzama
MIG70A	40	100	4,01
MIG80A	50	95	4,24
MIG90A	52	100	4,9
TIG80A	42	93	4,45
TIG90A	58	106	4,63
TIG100A	55	102	4,36

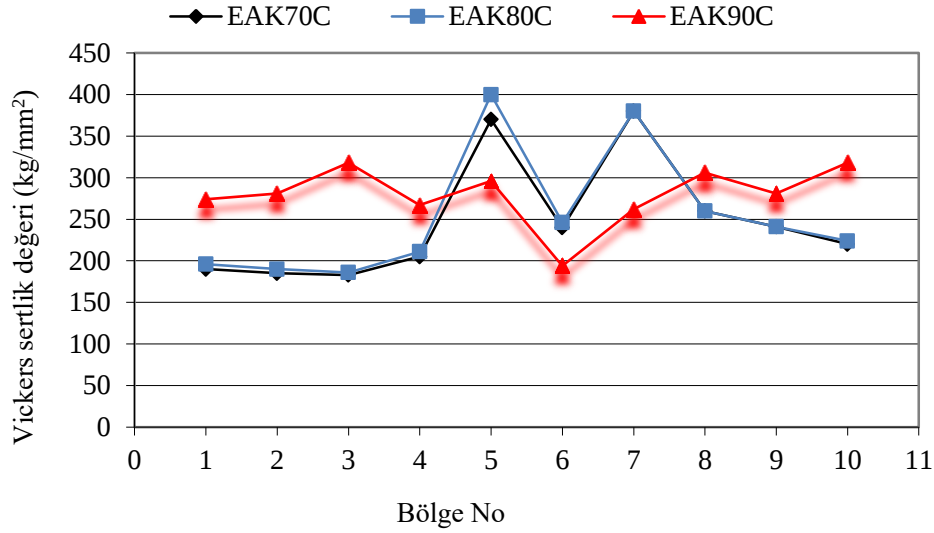
4.3. Mikrosertlik Deneyi Sonuçları

Sertlik ölçüm bölgeleri şekil 4.1’de gösterilmiştir. Düşük karbonlu çeliğin elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemleri ile farklı akım değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen sertlik değerleri sırasıyla şekil 4.2, 4.3 ve 4.4’te verilmiştir. Sertlik ölçümü sonuçlarına bakıldığında esas metalin sertlik değerinin ıtab ve kaynak metalin sertlik değerinden düşük olduğu gözlenmiştir.



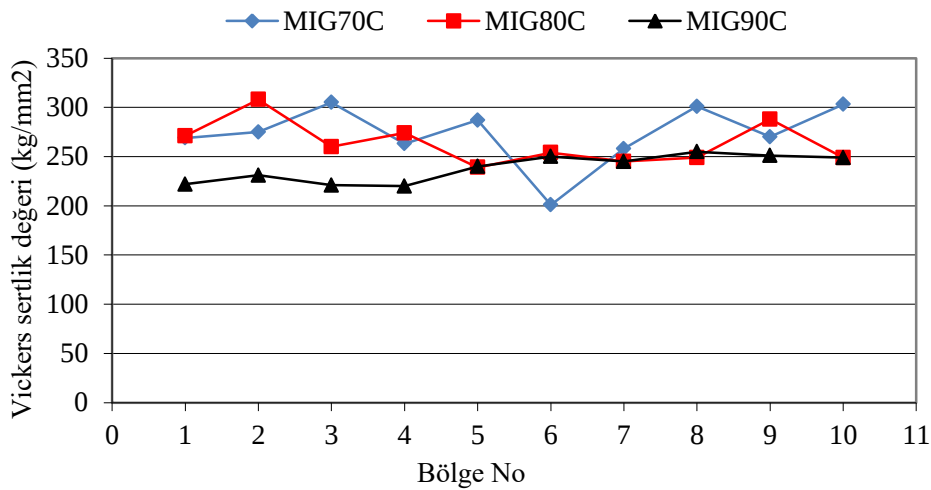
Şekil 4.1 Sertlik ölçüm bölgeleri

Elektrik ark kaynak değerleri incelendiğinde en yüksek 400kg/mm^2 sertlik değeri ile 80 amperde birleştirilen numuneye aittir.



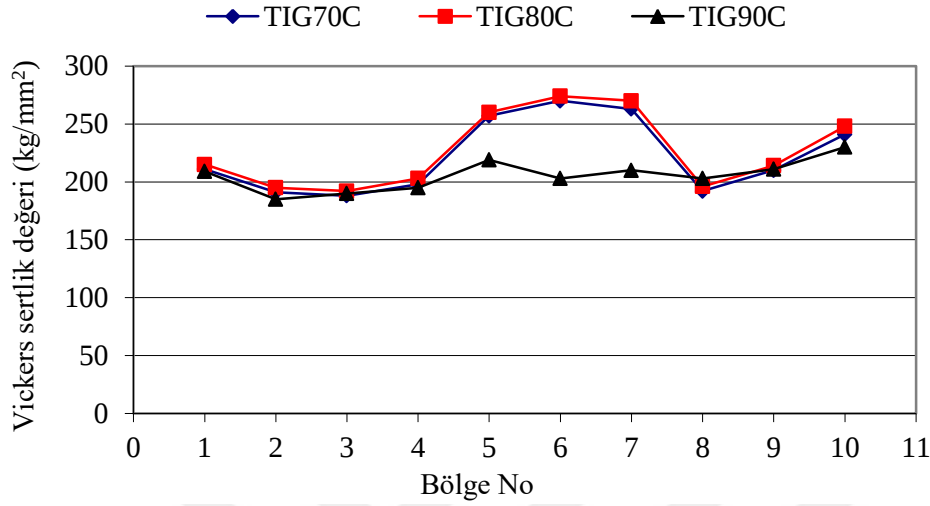
Şekil 4.2. Farklı akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikrosertlik ölçüm değerleri

MIG kaynağı için değerlere incelendiğinde en yüksek 300kg/mm^2 sertlik değeri ile 70 amperde birleştirilen numuneye aittir



Şekil 4.3. Farklı akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikrosertlik ölçüm değerleri

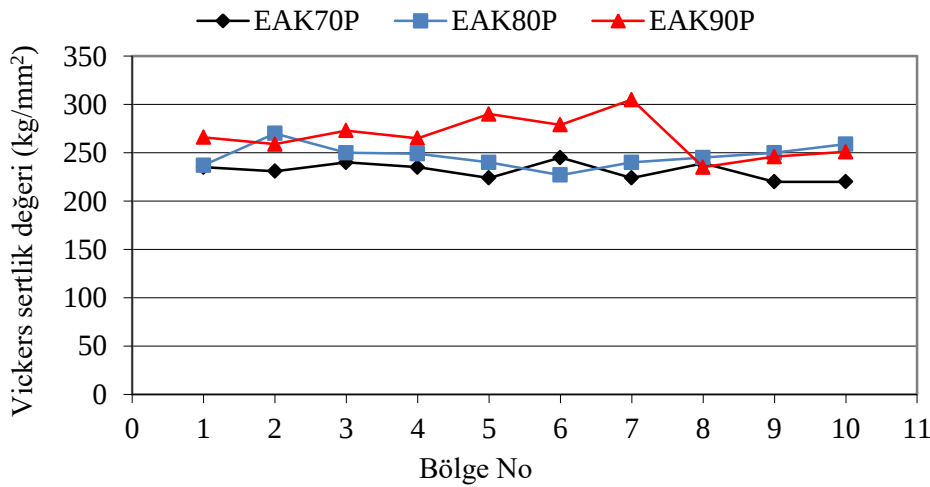
TIG kaynağı için değerlere incelendiğinde en yüksek 275kg/mm^2 sertlik değeri ile 80 amperde birleştirilen numuneye aittir.



Şekil 4.4. Farklı akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikrosertlik ölçüm değerleri

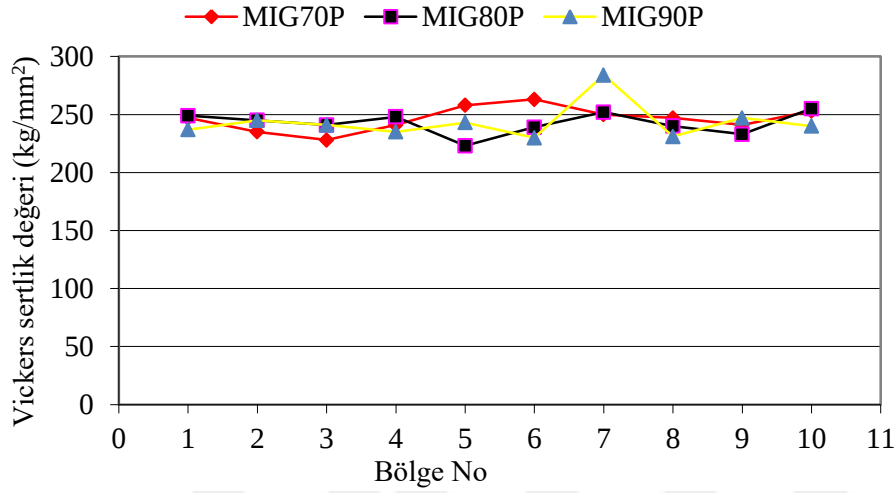
Paslanmaz çeliğin elektrik ark, MIG ve TIG kaynak yöntemleri ile farklı akım değerlerinde birleştirilmesinden elde edilen sertlik değerleri sırasıyla Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7’de verilmiştir.

Elektrik ark kaynağı için mikrosertlik değerlerinde bakıldığında en yüksek 300 kg/mm^2 sertlik değeri ile 90 amperde kaynatılan numune öne çıkmaktadır.



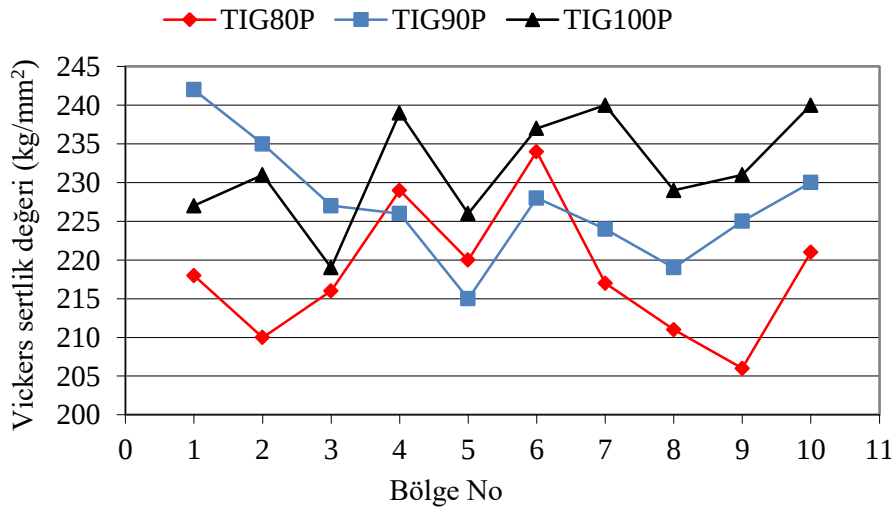
Şekil 4.5. Farklı akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikrosertlik ölçüm değerleri

MIG kaynağı için mikrosertlik değerlerinde bakıldığında en yüksek 280 kg/mm^2 sertlik değeri ile 90 amperde kaynatılan numune öne çıkmaktadır.



Şekil 4.6. Farklı akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikrosertlik ölçüm değerleri

TIG kaynağı için mikrosertlik değerlerinde bakıldığında en yüksek 240 kg/mm^2 sertlik değeri ile 100 amperde kaynatılan numune öne çıkmaktadır. Fakat; 90 amperde kaynatılan numunenin sertlik değeri yaklaşık 245 kg/mm^2 değerlerine ulaşmıştır. Bu değişimin kaynak işleminden sonra yapılan ani soğutmadaki şartlardan meydana geldiği düşünülmektedir.

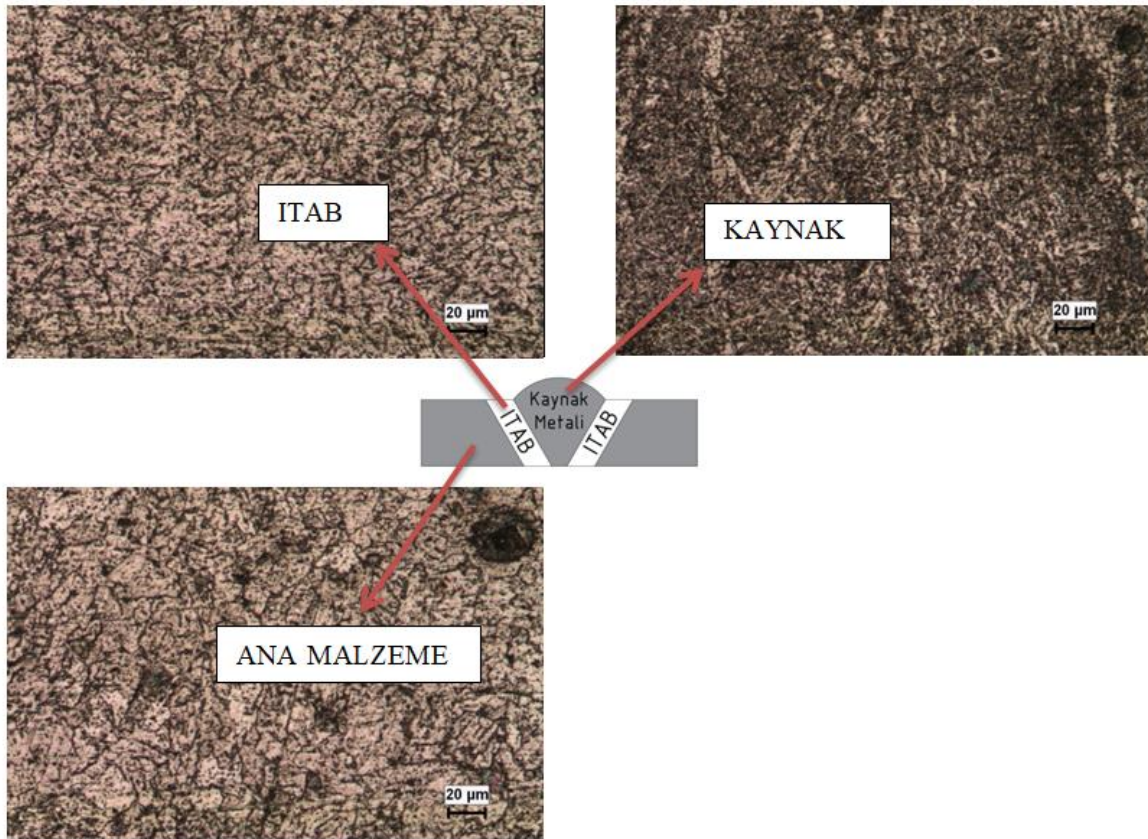


Şekil 4.7. Farklı akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikrosertlik ölçüm değerleri

4.4. Mikroyapı ve Makroyapı Görüntü Analizi

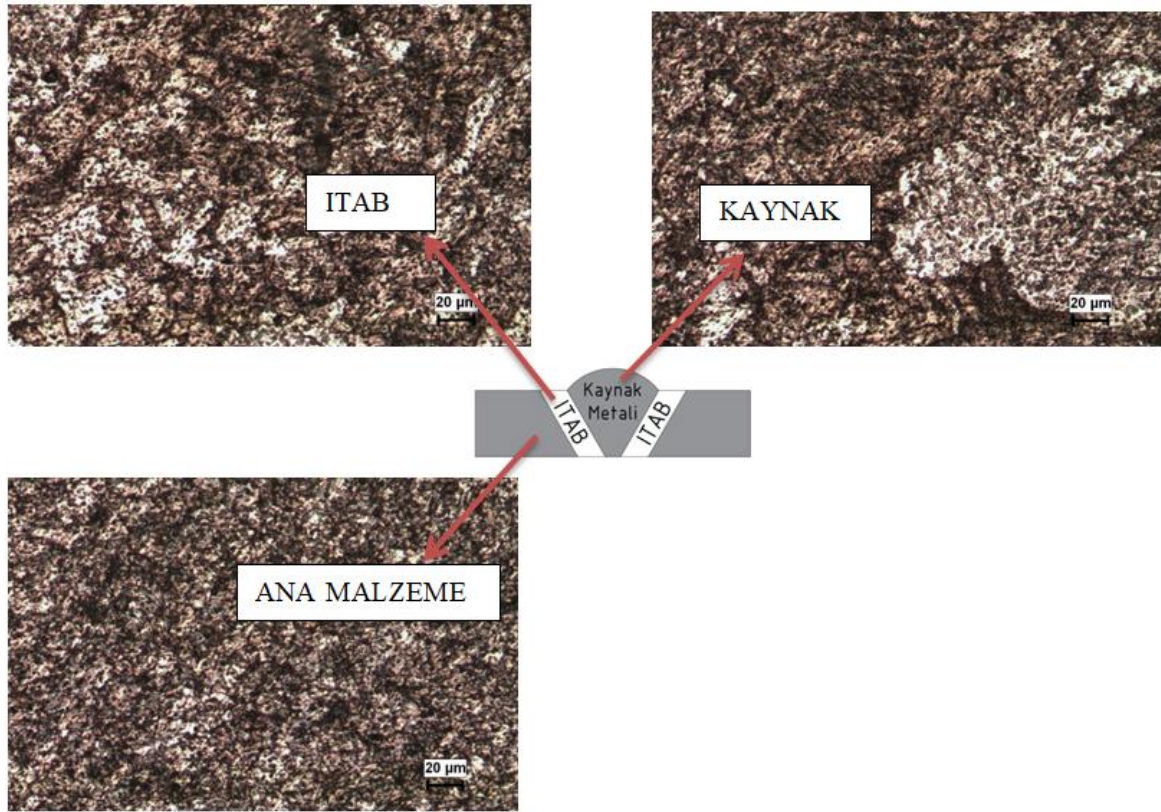
Üç farklı malzeme ve üç farklı kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilen malzemelerden alınan numuneler tane yapıları tane sınırları, boşluk, kalıntı gibi parametreler olarak detaylı bir biçimde gözlenmiştir. Mikroyapı ve makroyapı görüntüleri her bir malzemeye uygulanan farklı kaynak yöntemleri için ayrı ayrı gösterilecektir.

AISI 1040 çeliğinin 70 amper ve 100 saniye süren elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Bu birleştirmede parçaların arasında 0,5 mm aralık ve 2,5 mm çapında rutil elektrot kullanılmıştır. Görüntüler incelendiğinde kaynak metalindeki tanelerin oldukça küçük olduğu, sırasıyla ısı tesiri altında kalan bölge ve ana metale doğru büyüme gösterdiği görülmektedir. Mikroyapılardaki bu değişim ısının malzeme yapısına etkisinden kaynaklanmaktadır. Çünkü ısı birleştirme noktasından ana metale doğru yol almaktadır.



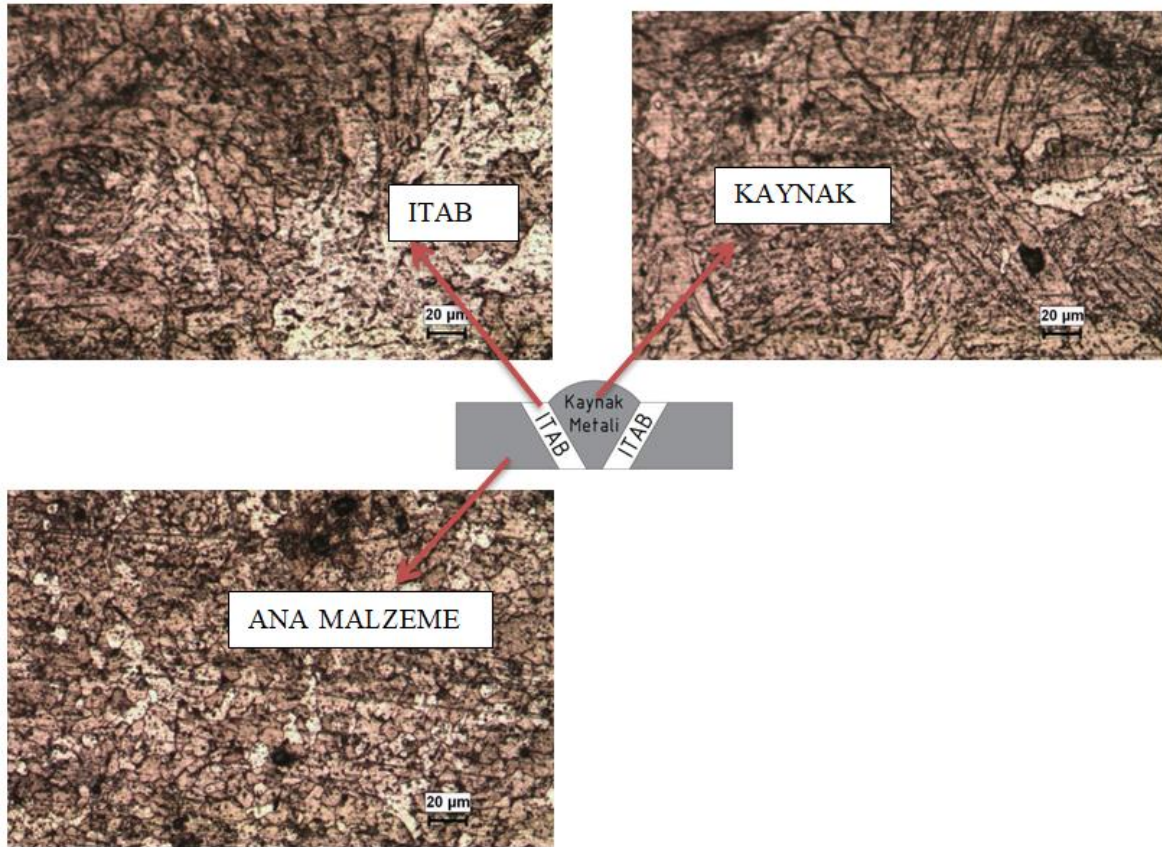
Şekil 4.8. 70 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 80 amper ve 90 saniye süren elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Bu birleştirmede parçaların arasında 0,5 mm aralık ve 2,5 mm çapında rutil elektrot kullanılmıştır. Görüntüler incelendiğinde kaynak metalindeki tanelerin oldukça küçük olduğu, sırasıyla ısı tesiri altında kalan bölge ve ana metale doğru büyüme gösterdiği görülmektedir. Mikroyapılardaki bu değişim ısının malzeme yapısına etkisinden kaynaklanmaktadır. Çünkü ısı birleştirme noktasından ana metale doğru yol almaktadır.



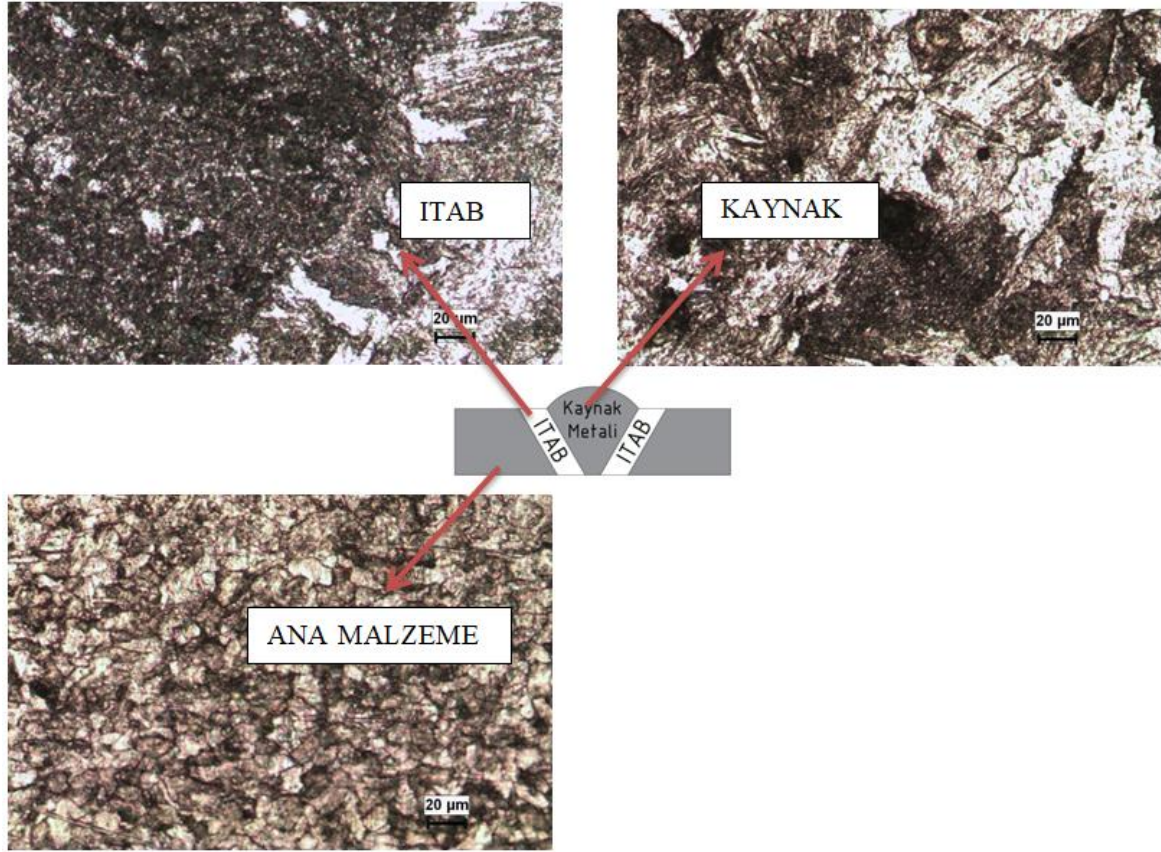
Şekil 4.9. 80 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 90 amper ve 85 saniye süren elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Bu birleştirmede parçaların arasında 0,5 mm aralık ve 2,5 mm çapında rutil elektrot kullanılmıştır. Görüntüler incelendiğinde ana malzemedeki tanelerin daha ince bir yapıda olduğu görülmektedir. Kaynak metalinde ise dentritler oluştuğu gözlenmektedir. Bu birleştirmedeki değişim ise hızlı soğumadan kaynaklanmıştır. Fakat; düşük karbonlu çeliklerin soğuma şartları sabit tutulmuştur.



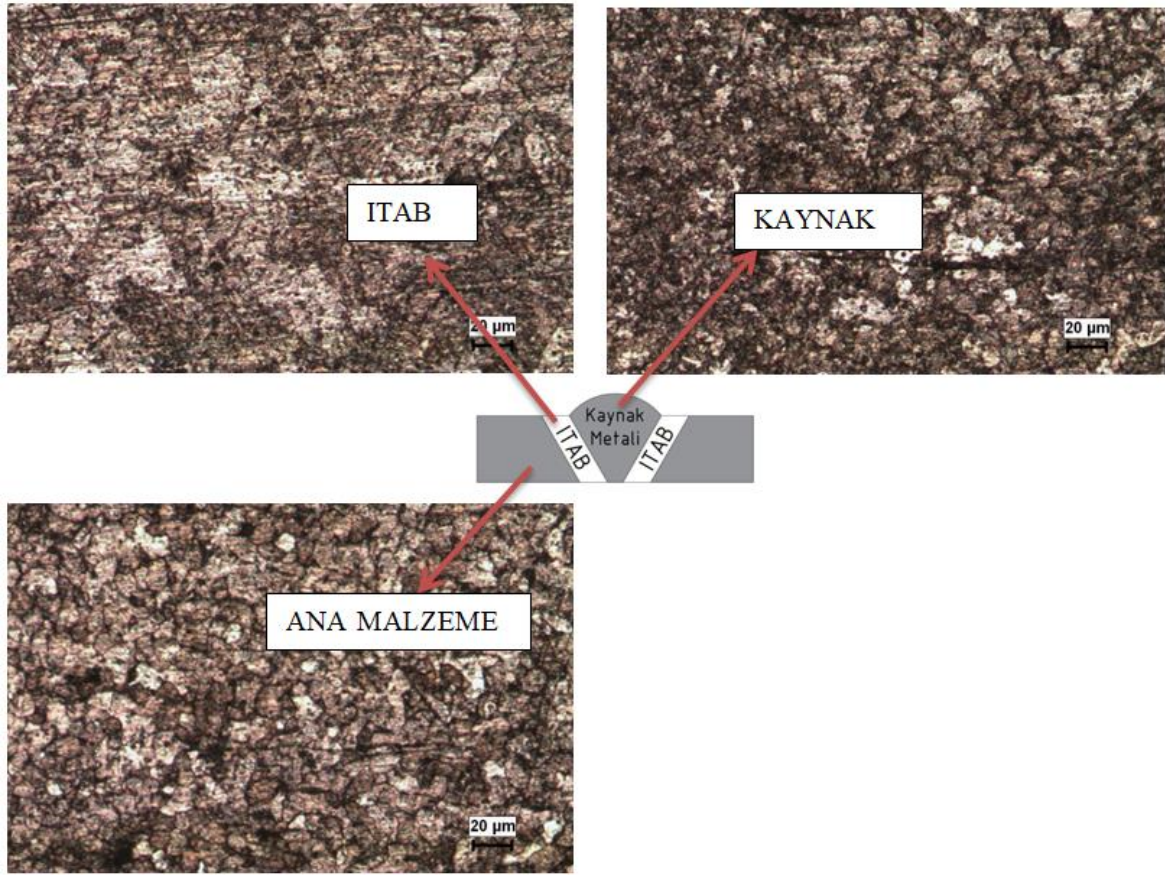
Şekil 4.10. 90 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 70 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Bu birleştirmede parçaların arasında 0,5 mm aralık ve 1 mm çapında ilave tel kullanılmıştır. Görüntüler incelendiğinde ana malzemedeki tanelerin daha ince bir yapıda olduğu görülmektedir. Kaynak metalinde ise dentritler oluştuğu gözlenmektedir. Bu birleştirmedeki değişim ise hızlı soğumadan kaynaklanmıştır. Fakat; düşük karbonlu çeliklerin soğuma şartları sabit tutulmuştur.



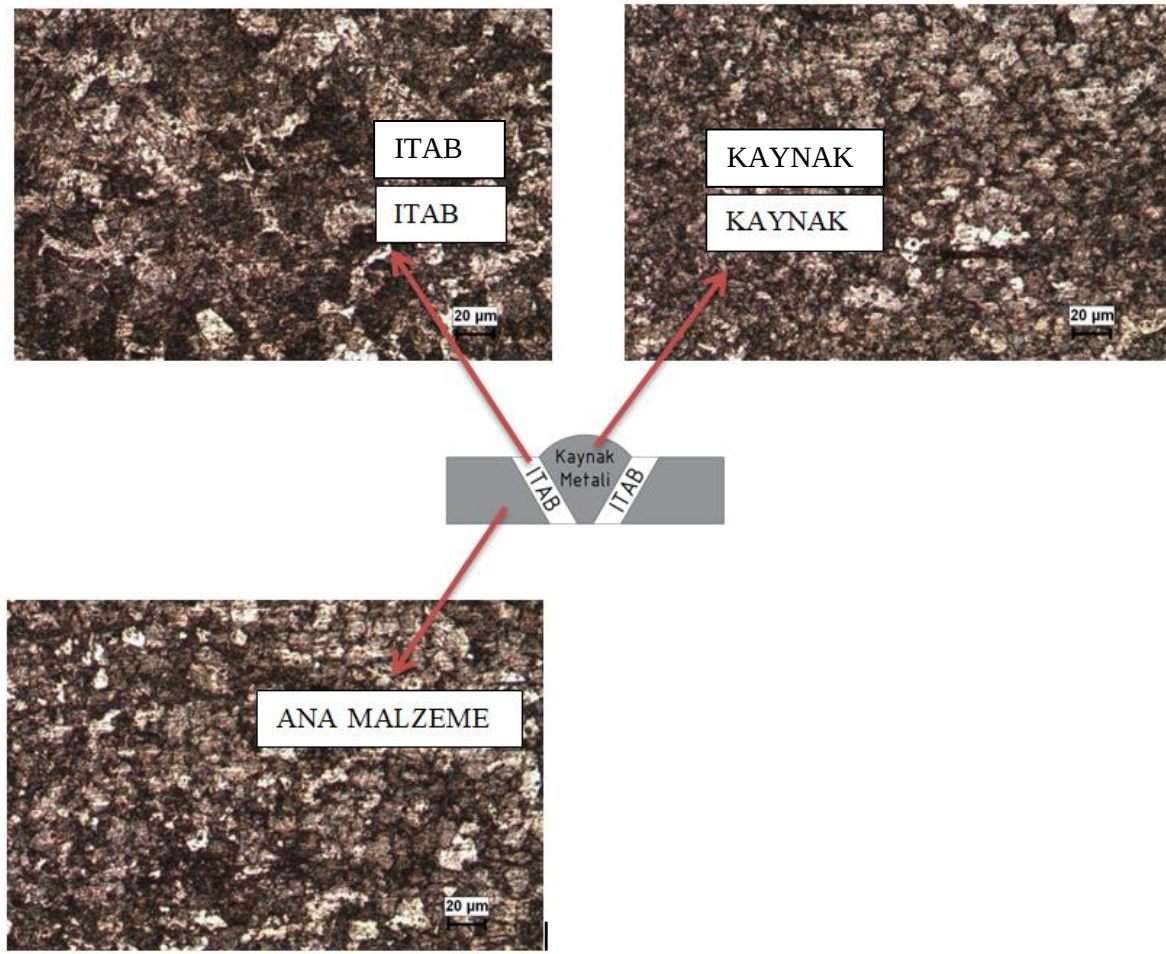
Şekil 4.11. 70 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 80 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Bu birleştirmede parçaların arasında 0,5 mm aralık ve 1 mm çapında ilave tel kullanılmıştır. Görüntüler incelendiğinde kaynak metalindeki tanelerin oldukça küçük olduğu, sırasıyla ısı tesiri altında kalan bölge ve ana metale doğru büyüme gösterdiği görülmektedir. Mikroyapılardaki bu değişim ısıнын malzeme yapısına etkisinden kaynaklanmaktadır. Çünkü ısı, birleştirme noktasından ana metale doğru yol almaktadır.



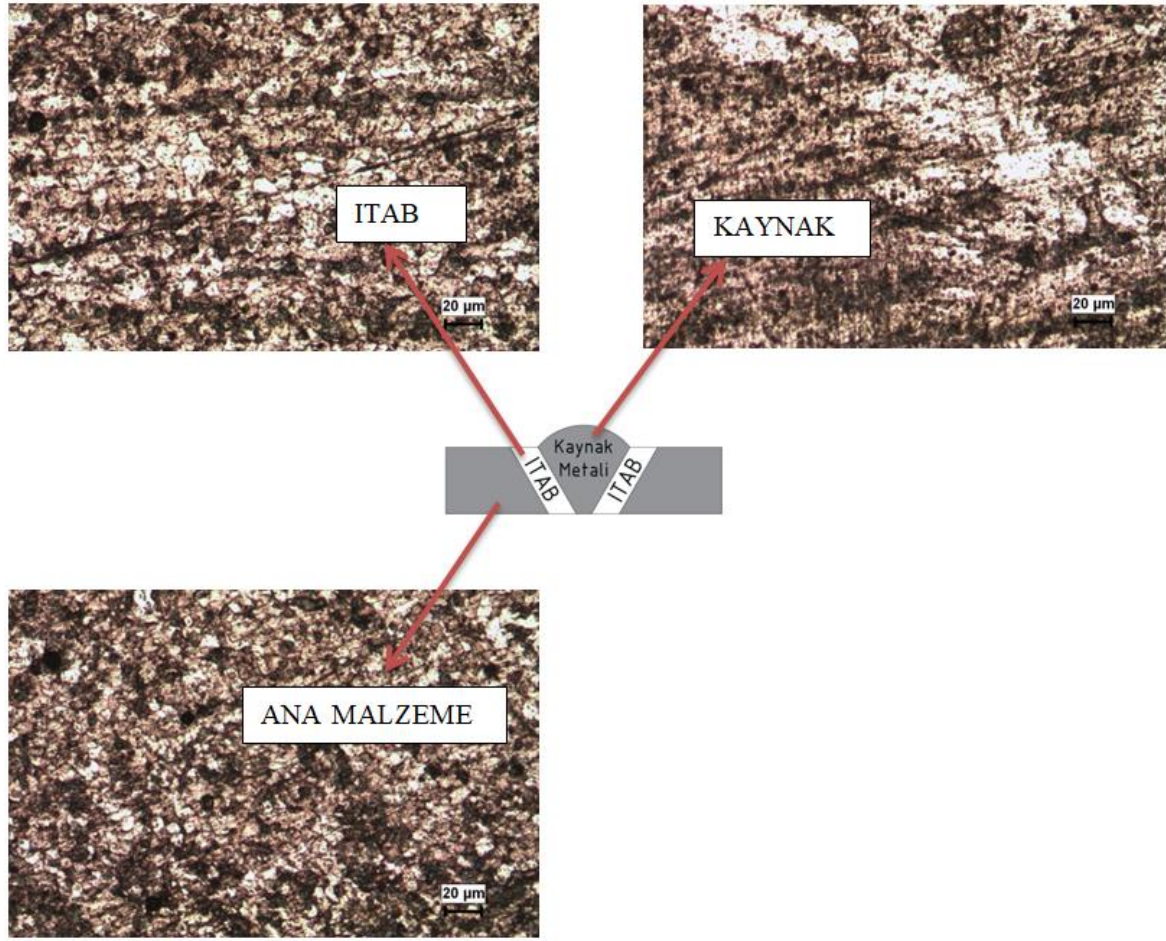
Şekil 4.12. 80 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 90 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Bu birleştirmede parçaların arasında 0,5mm aralık ve 1 mm çapında ilave tel kullanılmıştır. Görüntüler incelendiğinde kaynak metalindeki tanelerin ana metale göre daha büyüğü görülmektedir.



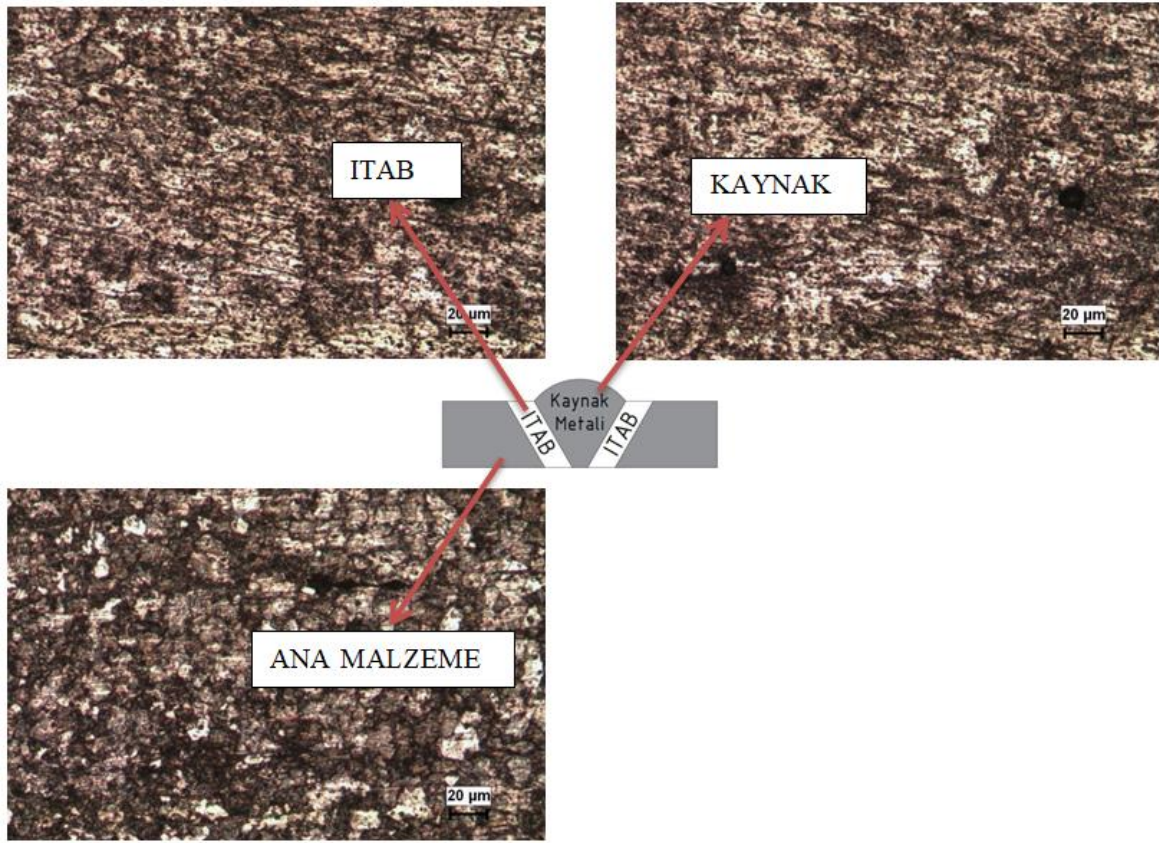
Şekil 4.13. 90 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 80 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Ana metaldeki tanelerin aynı boyutta ve düzenli dağıldığı görülmektedir. Kaynak metaline doğru tanelerde büyüme gözlenmiştir.



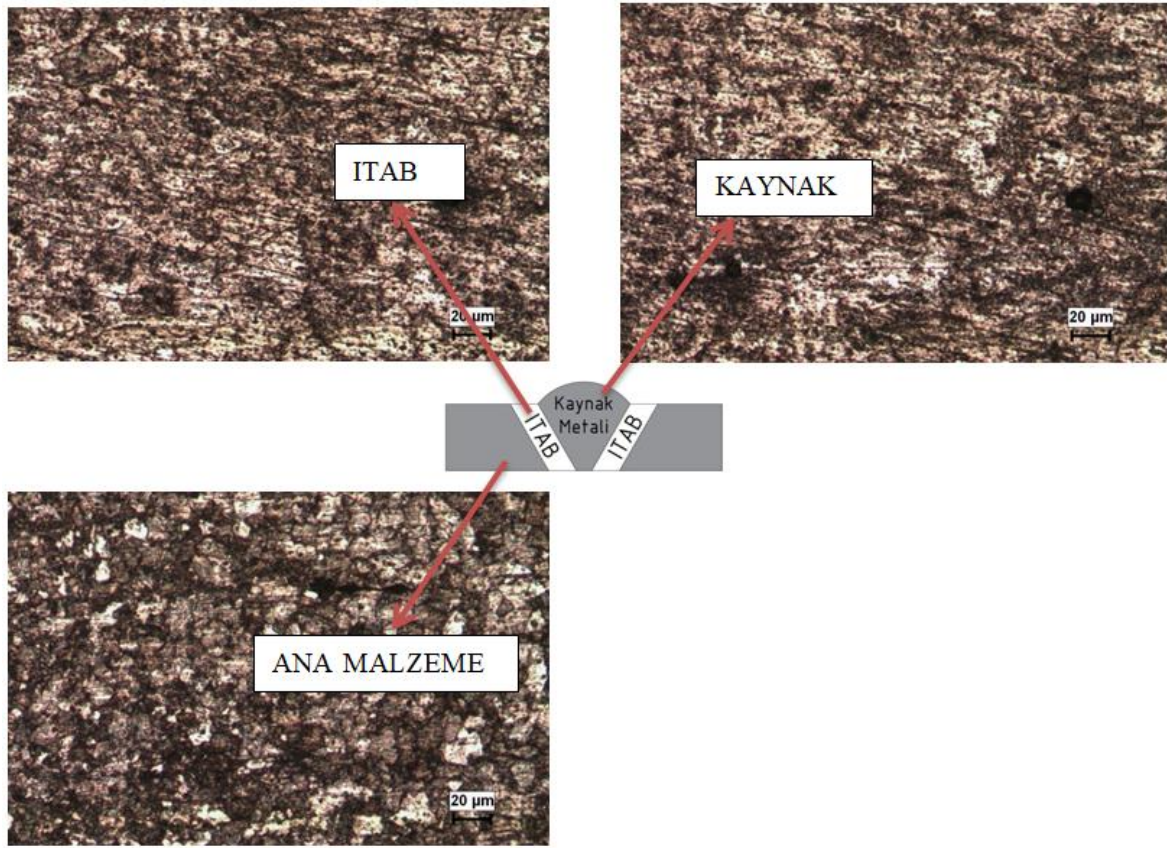
Şekil 4.14. 80 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 90 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.14'te gösterilmiştir. Ana metaldeki tanelerin aynı boyutta ve düzenli dağıldığı görülmektedir. Kaynak metaline doğru tanelerde büyüme gözlenmiştir. Genel olarak, TIG kaynağında gaz boşlukları olduğu gözlenmiştir.



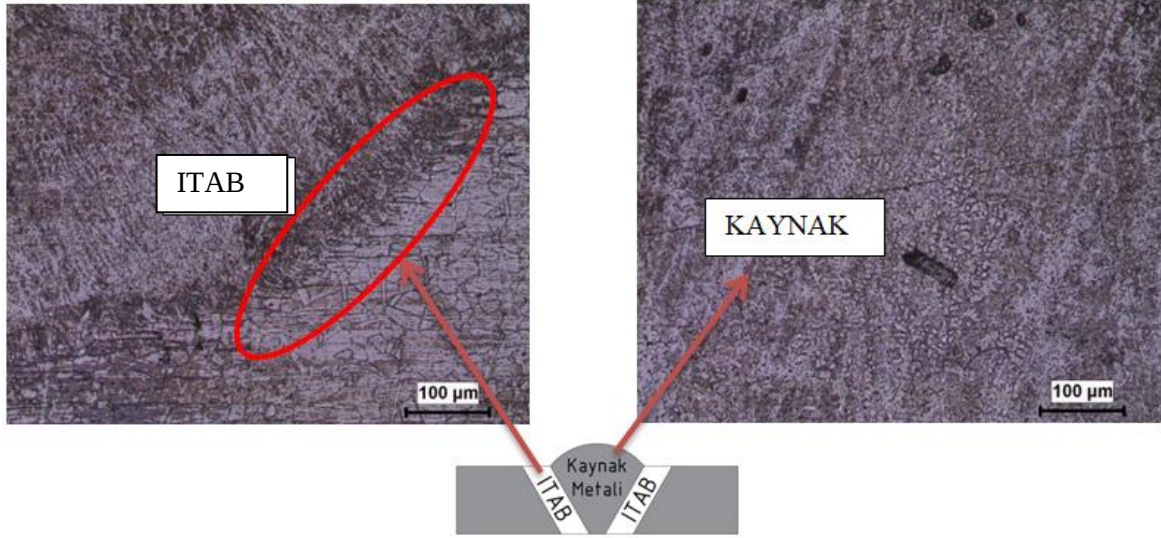
Şekil 4.15. 90 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

AISI 1040 çeliğinin 100 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Kaynak metalinde, diğerlerine oranla daha iyi bir soğuma ve buna bağlı olarak daha ince yapıda taneler oluşmuştur. Fakat; kaynak bölgesinde bazı bölgelerde dentritler oluşmasında rağmen daha iyi dayanım gösterdiği (Şekil 4.3) görülmüştür.



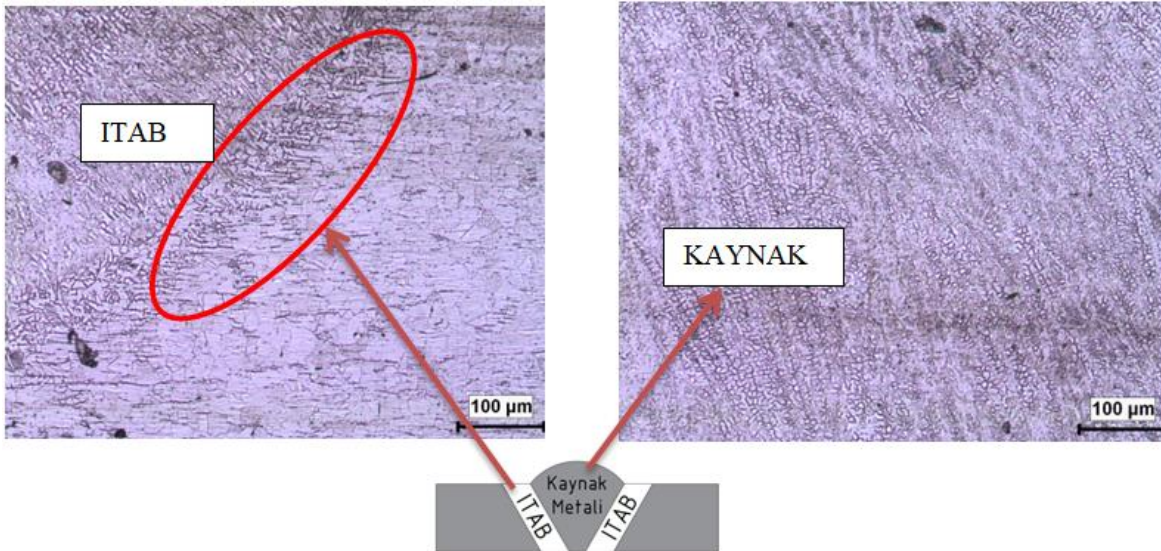
Şekil 4.0.16. 100 amper değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen AISI 1040 çeliğinin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 70 amper değerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Görüntüler incelendiğinde kaynak metalinde iki farklı bölge oluşmuştur. Isı tesiri altında kalan bölgeye yakın tarafta daha dik tane yapısı gözlenirken, kaynak metaline doğru daha homojen tane yapısının olduğu gözlenmiştir. Birleştirmede kaynak metali mikroyapısının, östenit oranının fazla olduğu, östenit+ferritten oluştuğu görülmektedir.



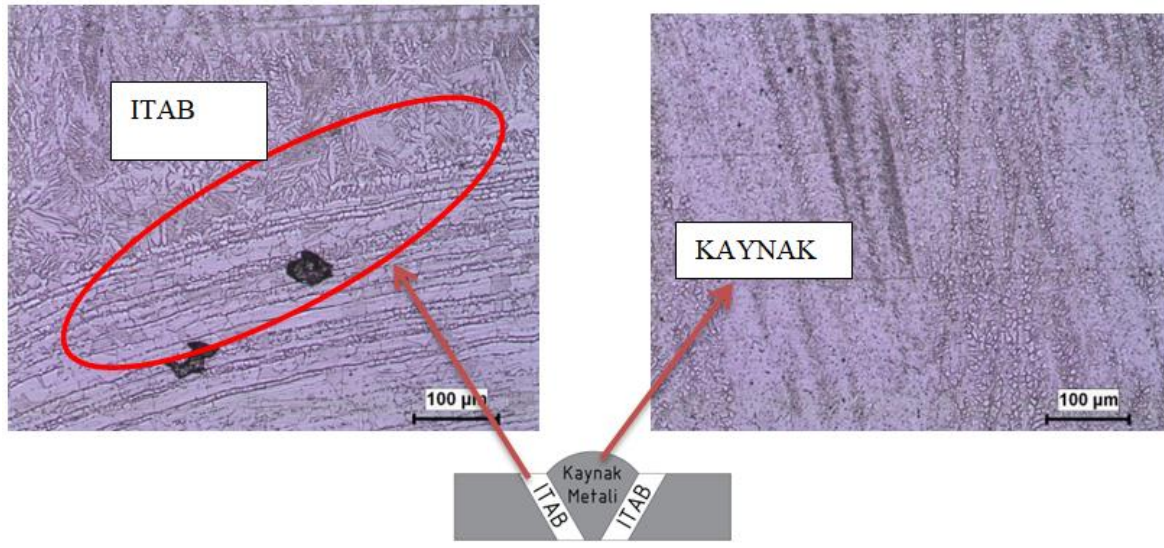
Şekil 4.17. 70 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 80 amper değerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.17’de gösterilmiştir. Görüntülere bakıldığında, kaynak metalinde iki farklı tane dizilişi olduğu gözlenmiştir. Itab bölgesine yakın kısımda kolonsal tane yapısının olduğu görülmektedir.



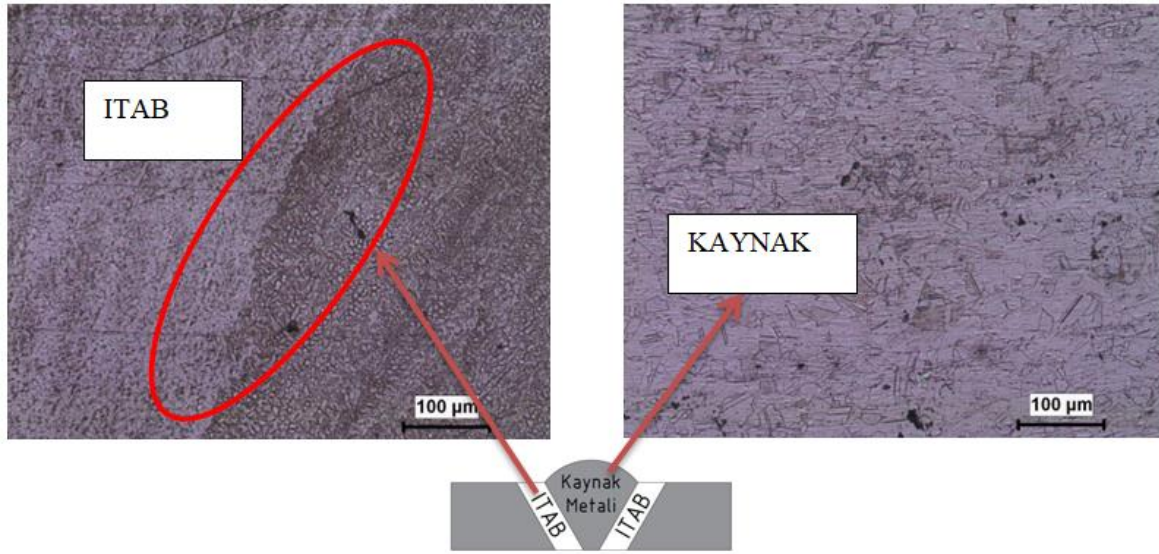
Şekil 4.18. 80 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 90 amper değerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.18’de gösterilmiştir. Görüntülerde kaynak metalinde tanelerin iki farklı bölgeden oluştuğu gözlenmiştir. Bölgeler arasında tane diziliş şekli diğer parametrelerdekinden farklı olarak ayrı yönde diziliş gözlenmiştir. Birleştirmede kaynak metalin, östenit fazlaca görülmekle birlikte östenit+ferritten oluştuğu gözlenmiştir.



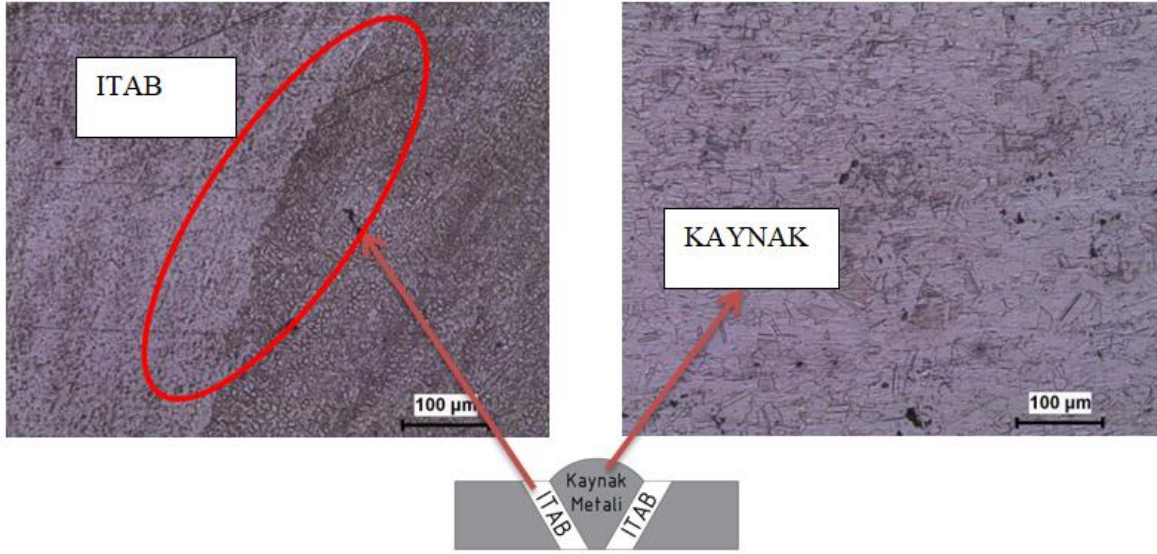
Şekil 4.19. 90 amper akım değerlerinde elektrik ark kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 70 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.19’da gösterilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranda östenitten oluştuğu gözlenmiştir. Bölge sınırlarında ise, tanelerin diziliş yönüyle farklı bir görüntü oluşmuştur. Paslanmaz çeliğin MIG kaynağında elektrik ark kaynağına oranla daha dik bir sınır çizgisi oluşmuştur.



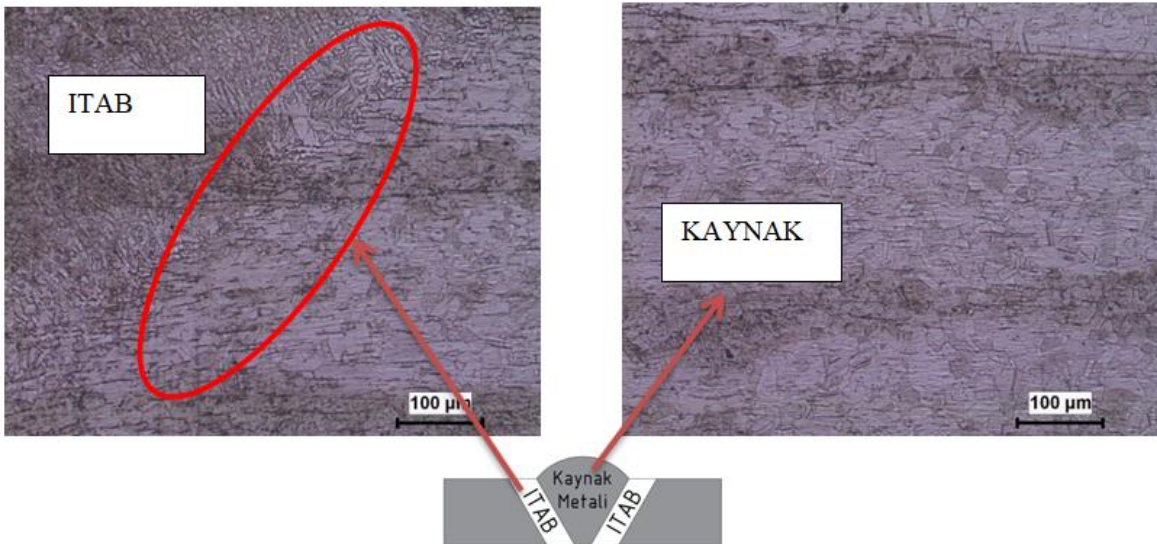
Şekil 4.20. 70 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 80 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri şekil 4.20'da gösterilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranda östenitten oluştuğu gözlenmiştir. Bölge sınırlarında ise, kolonsal olmayan bir diziliş oluşmuştur.



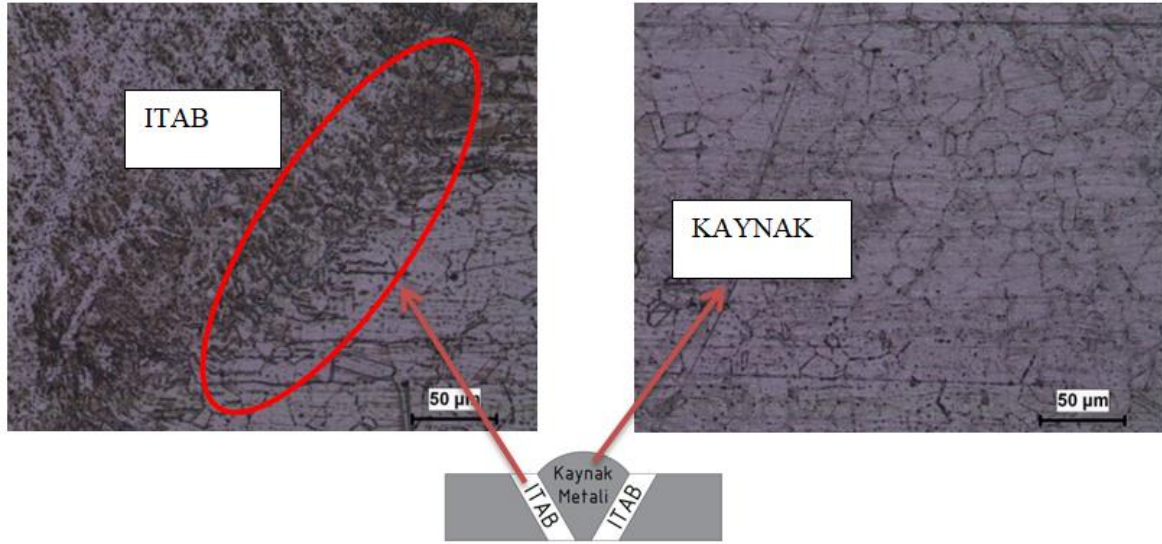
Şekil 4.21. 80 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 90 amper değerinde MIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.21’de gösterilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranda östenitten oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca, paslanmaz çeliğin 70 ve 80 amper değerindeki birleştirmelere nazaran daha iri taneler oluştuğu gözlenmiştir. Bölge sınırlarında ise çok farklı bir tane yapısı oluşmamıştır.



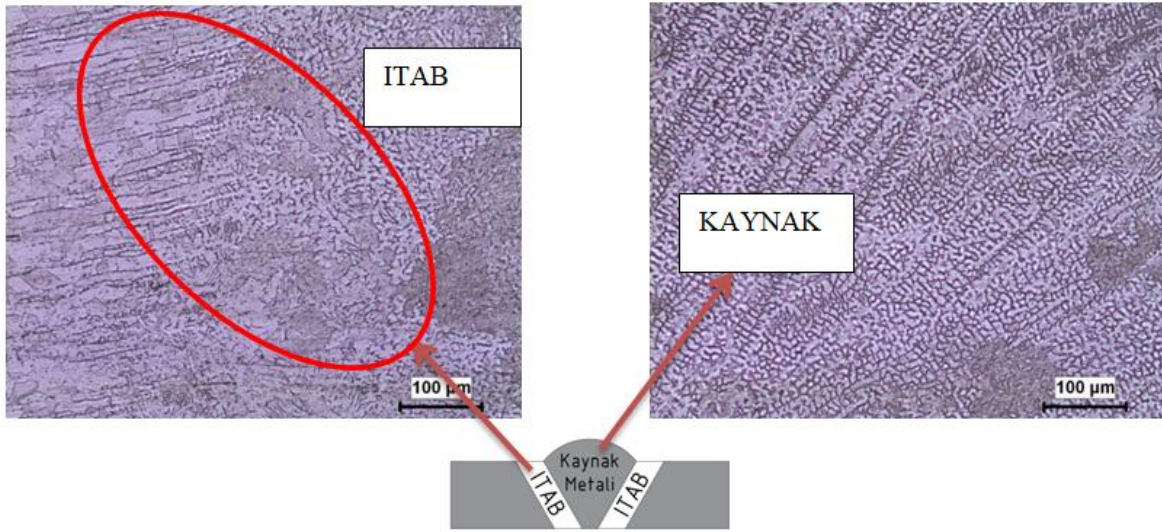
Şekil 4.22. 90 amper akım değerlerinde MIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 80 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.22’de gösterilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranda östenitten oluştuğu ve iri yapıda tanelere sahip olduğu gözlenmiştir.



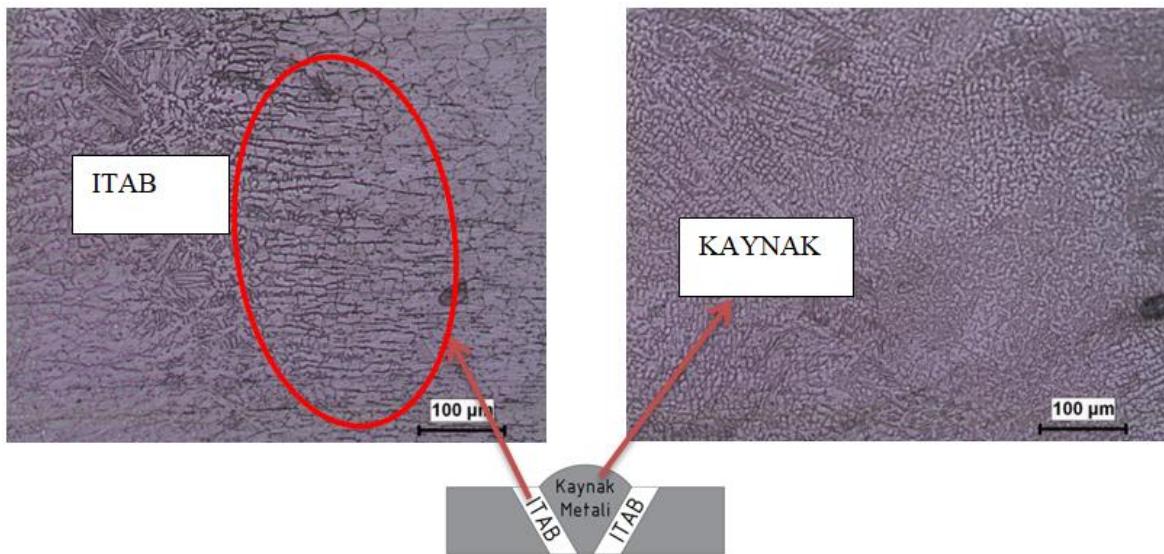
Şekil 4.23. 80 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 90 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri Şekil 4.23’te gösterilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranda östenitten oluştuğu ve kolonsal bir yapıda olduğu gözlenmiştir. Ayrıca kaynak metalinde hızlı soğumadan ötürü dentrit yapısı oluşmuştur. Bölge sınırlarında ise, tanelerin diziliş yönüyle farklı bir görüntü oluşmuştur. ITAB bölgesinde ise daha çok östenit yapıya rastlanmıştır.



Şekil 4.24. 90 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikroyapı görüntüleri

Paslanmaz çeliğin 100 amper değerinde TIG kaynağı ile birleştirilmesinden elde edilen görüntüleri şekil 4.24'te gösterilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde kaynak metalinin yüksek oranda östenit ve ferrit'den oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca kaynak metalinde hızlı soğumadan ötürü az miktarda dentrit yapısı oluşmuştur. Bölge sınırlarında ise, tanelerin diziliş yönüyle farklı bir görüntü oluşmuştur. ITAB bölgesinde ise daha çok östenit yapıya rastlanmıştır. Bölge sınırı ise diğer akım değerlerine göre daha geniş alana yayılmıştır.



Şekil 4.25. 100 amper akım değerlerinde TIG kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliğin mikro ve makroyapı görüntüleri

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada düşük karbonlu çelik, 316 serisi paslanmaz çelik ve 5083 serisi alüminyum alaşımına elektrik ark, MIG ile TIG kaynak yöntemleri uygulanmıştır. Kaynaklı bağlantılara çekme, eğme, mikrosertlik deneyleri yapılmış, mikroyapı ve makroyapı görüntü analizleri yapılmıştır. Böylece seçilen malzeme için hangi kaynak akımının en iyi sonuç verdiği veya hangi kaynak yönteminin daha uygun olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda:

- 1- Çekme testi sonrası alın birleştirmelerinde kopma, ITAB'da veya kaynak bölgesinde meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, bazı kaynak dikişlerinin güvenli, bazılarının da güvenli olmadığını göstermektedir.
- 2- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre düşük karbonlu çeliğin elektrik ark kaynağında 80 amper değerindeki birleştirmenin mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 3- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre düşük karbonlu çeliğin MIG kaynağında 90 amper değerindeki birleştirmenin mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 4- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre düşük karbonlu çeliğin TIG kaynağında 100 amper değerindeki birleştirmenin mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 5- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre 316 serisi paslanmaz çeliğin elektrik ark kaynağında 90 amper değerindeki birleştirmenin mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Fakat; 80 amperde birleştirilen parçanın çekme mukavemetinin 90 ampere yakınlığı gözlenmiştir.
- 6- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre 316 serisi paslanmaz çeliğin MIG kaynağında 80 amper değerindeki birleştirmenin çekme mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

- 7- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre 316 serisi paslanmaz çeliğin TIG kaynağında 80 amper değerindeki birleştirmenin çekme mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Daha yüksek amper değerlerinde daha düşük dayanım göstermesinin sebebi olarak soğumanın etkisiyle krom-karbür çökmesi olabileceği düşünülmektedir.
- 8- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre 5083 serisi alüminyum alaşımının MIG kaynağında 90 amper değerindeki birleştirmenin çekme mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 9- Yapılan çekme deneyi sonuçlarına göre 5083 serisi alüminyum alaşımının TIG kaynağında 100 amper değerindeki birleştirmenin çekme mukavemetinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.
- 10- Yapılan eğme deneyi sonuçlarına göre birçok deney parçasının kaynak bölgesinden kırıldığını görmekteyiz. Akım değerlerinin artırılarak birleştirme yapılması daha sağlıklı olacaktır.
- 11- Sertlik ölçümlerine bakıldığında kaynak metalindeki sertlik ölçümleri ITAB ve ana malzemeden daha yüksek çıkmıştır.
- 12- Tane yapıları incelendiğinde genel olarak taneler ısı akışı yönüne doğru diziliş göstermişlerdir.
- 13- Mikroyapılar incelendiğinde kaynak metali ısrının dağılımındaki düzensizlikten dolayı iki farklı bölgeden oluştuğu gözlenmiştir. Bölge sınırlarında ısı tesiri altında kalan bölgede kolonsal yapı oluştuğu gözlenmiştir.

5.2. Öneriler

- 1- Bu çalışma, kaynak akımlarının deneysel olarak değerlendirilmesi amacı ile yapılmıştır. Ancak; bazı akım değerlerinin yeterli olmadığı, akımın artırılarak yapılan çalışmalar verimli olacaktır.
- 2- İleriki çalışmalarda koruyucu gaz türü, ilave tel cinsi gibi parametreler üzerine çalışmalar yapılabilir.

- 3- Farklı metallerin birleştirilmesinde kaynak yöntemlerinin verimlilikleri üzerine çalışmalar yapılabilir.
- 4- Birleştirme işlemlerinin optimum değerleri verebilmesi için otomatik kaynak yöntemi seçilmelidir.



KAYNAKÇA

- Anık, S. (1991). *Kaynak tekniği el kitabı*. İstanbul: Gedik Eğitim Vakfı.
- Anık, S. ve Tülbentçi, K. (1991). *Örtülü elektrot ile ark kaynağı*. İstanbul: Gedik Holding Yayınları
- Anık, S. ve Vural, M. (1991). *Gazaltı ark kaynağı*. İstanbul: GEV Yayını.
- Anık, S., (1972). *Kaynak tekniği cilt 2 tozaltı kaynağı ve koruyucu gazla kaynak*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Ay, İ. ve Demircioğlu, T.K. (2004). *İmalat yöntemleri*. Balıkesir Üniversitesi: Ders Notu.
- Durgutlu, A. (1997). *Ark kaynağı yöntemlerinde kaynak hızının mikroyapı ve nufuziyete etkisinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Durmuşoğlu, Ş. (2006). *Gazaltı kaynağında kaynak kalitesine tesir eden parametrelerin mekanik özelliklere etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Ekici, M. (2009). *MIG-MAG ve elektrik ark kaynağı ile birleştirilmiş mikro alaşımlı çeliklerin mekanik özellikleri*. Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ertemiz, M. (2005). *Östenitik paslanmaz çeliklerin TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve mekanik özelliklerinin incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Ertürk, İ. (1994). *MIG-MAG kaynak yönteminde kaynak parametrelerinin sıçrama kayıplarına etkilerinin incelenmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Eryürek, İ. (1990). *MIG-MAG eriyen elektrot ile gazaltı kaynağı*. İstanbul: Gedik Holding.
- Eryürek, İ. B. (2007). *Gazaltı ark kaynağı*. İstanbul: Askaynak Yayınları.
- Eryürek, İ., (2004). *Gazaltı kaynağı*. İstanbul: As Kaynak.
- Eryürek, İ. (2007). *Çelikler için elektrod seçimi*. İstanbul: As Kaynak.
- Gözütok, E. (2009) *Paslanmaz çeliklerin TIG kaynağında argon-hidrojen gaz karışımının birleştirmelerin mekanik ve mikroyapı özelliklerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Kaluç, E. (2004). *Kaynak teknolojisi el kitabı cilt 1*. Kocaeli: TMMOB Makina Müh. Odası.

MEGEP, (2006). *Pozisyon kaynakları*. Ankara: MEB.

MEGEP, (2006). *Selülozik ve bazik elektrotla kaynak*. Ankara: MEB.

Muzafferoğlu, F. (2008). *Darbeli akımla MIG/MAG kaynağında darbe parametrelerinin dikiş geometrisine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Oğuz, B. (1985). *Karbonlu ve alaşımlı çeliklerin kaynağı*. İstanbul: Oerlikon Yayını

Öz, C., Fındık, F., İyibilgin, O., Soy U., Kıyan, Y., Serttaş, S., Ayar, K., Uslu, S. ve Yaşar, Y. (2010). *Sanal kaynak simülatörleri tasarımı*. TÜBİTAK projesi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Taban, E. ve Kaluç, E. (2005). EN AW-5083-H321 alüminyum alaşımının MIG, TIG ve sürtünen eleman ile birleştirme (FSW) kaynaklı bağlantılarının mekanik ve mikroyapısal özellikleri. *Mühendis ve Makina*, 46(541), 40-51.

Taban, E. (2004). *5083 serisi alüminyum alaşımlarının TIG, MIG ve sürtünen eleman ile birleştirme kaynaklı bağlantılarının mekanik ve mikroyapısal özelliklerinin incelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.

Yumuşak, D.M. (2008). *Gaz altı kaynak yöntemi ile kaynatılan ferritik paslanmaz çeliklerde argon ve helyum gazlarının kaynak parametrelerine etkisinin incelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Yalçın YAŞAR

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1-) Yaşar, Y., Yaka, H. “The Effect of Welding Parameters on Mechanical Properties in Joining Materials with Different Properties with Mig Method Panels”. *5th International Conference on Advances in Natural & Applied Science Engineering (ICANAS 2021)*, pp:88, 21-23 September 2021, Ağrı, Turkey.

