



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GAZALTI KAYNAK PARAMETRELERİNİN KAYNAK MUKAVEMETİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ahmet AKIN

YÜKSEK LİSANS

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2015
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

GAZALTI KAYNAK PARAMETRELERİNİN KAYNAK MUKAVEMETİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ahmet AKIN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr Ali Serhat ERSOYOĞLU

2015, 107 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Hüseyin İMREK
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU
Yrd. Doç. Dr. Murat DİLMEÇ

Bu çalışmada, gazaltı kaynak parametrelerinden kaynak akımı, kaynak gerilimi, kaynak hızı ve kaynak yönünün, bağlantı mukavemetine etkileri araştırılmıştır. Kaynak işlemi için ana malzeme olarak S700MC kalite malzeme kullanılmıştır. Kaynak yönü haricindeki parametreler için düşük orta ve yüksek değerler seçilip, birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bu işlemler sağ ve sol kaynak için ayrı olarak yapılmıştır. Elde edilen bağlantıların ultrasonik muayene ile kontrolü yapıldıktan sonra kaynak dikiş profilleri ve nüfuziyetleri incelenmiş, çekme ve eğme deneyleri ile mukavemetleri belirlenmiş ve nedenleri yorumlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaynak Parametreleri, Kaynak Akımı, Kaynak Gerilimi, Kaynak Hızı

ABSTRACT

MS

RESERCHING THE EFFECT OF WELDING PARAMETERS TO WELDING STRENGTH

Ahmet AKIN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Asst. Prof. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU

2015, 107 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Hüseyin İMREK
Advisor Asst. Prof. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU
Asst. Prof. Dr. Murat DİLMEÇ

In this work investigated gas welding parameters as welding current, welding voltage, welding speed and welding directions efects to bond strength. For the connections S700MC quality material choosen. These operations made separatly for right and left welding. After the checking by ultrasonic examinations of the obtained connnections, searched welding seam profiles and dilution, determined resistances with tension and bending test and also expound reasons.

Keywords: Welding Parameters, Welding Current, Welding Voltage, Welding Speed

ÖNSÖZ

Çalışmam boyunca yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Serhat ERSOYOĞLU ’na, deney numunelerinin hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen Hürsan Hidrolik Pres A.Ş. ve MPG A.Ş. çalışanlarına, tez çalışmam boyunca her konuda bilgilerinden faydalandığım ve yardımlarını esirgemeyen Malzeme Mühendisi Kısmet BOZOĞLU’na teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmam sırasında bana her zaman destek olan kıymetli eşim Merve AKIN’a sonsuz teşekkür ederim.

Ahmet AKIN
KONYA-2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **2**

3. KAYNAĞIN TARİFİ VE SINIFLANDIRILMASI **5**

3.1. Kaynağın Tarifi 5
3.2. Kaynağın Sınıflandırılması 5
3.2.1. Tatbik edileceği malzemenin cinsine göre sınıflandırma 5
3.2.2. Kaynak işleminin cinsine göre sınıflandırma 6

4. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI **8**

4.1. Örtülü Ark Kaynağı 8
4.1.1. Tozaltı kaynağı 9
4.1.2. MIG-MAG gazaltı kaynağı 10

5. MATERYAL VE METOD **20**

5.1. Deneysel Plan 20
5.2. İş Parçası Özellikleri ve Şekli 23
5.3. Deneyler Boyunca Sabit Tutulan Gazaltı Kaynak Parametreleri 26
5.4. Çekme Deneyi ve Çekme Deneyi Numunelerinin Hazırlanması 26
5.4.1. Çekme deneyi sonucunda kopmanın kaynak bağlantısından olması için yapılacak ön çalışmalar ve dikkat edilmesi gerekenler 27
5.5. Eğme Deneyi ve Eğme Deneyi Numunelerinin Hazırlanması 32
5.6. Ultrasonik Muayene 33
5.7. Kaynak Nüfuziyeti ve Dikiş Profili 35

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **36**

6.1. 1 Numaralı Parametre Özellikleri 37
6.1.1. 1 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 37
6.1.2. 1 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 38
6.1.3. 1 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 38
6.1.4. 1 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 39
6.2. 2 Numaralı Parametre Özellikleri 40

6.2.1. 2 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 40
6.2.2. 2 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 41
6.2.3. 2 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 41
6.2.4. 2 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 42
6.3. 3 Numaralı Parametre Özellikleri 43
6.3.1. 3 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 43
6.3.2. 3 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 44
6.3.3. 3 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 44
6.3.4. 3 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 45
6.4. 4 Numaralı Parametre Özellikleri 46
6.4.1. 4 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 46
6.4.2. 4 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 47
6.4.3. 4 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 47
6.4.4. 4 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 48
6.5. 5 Numaralı Parametre Özellikleri 49
6.5.1. 5 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 49
6.5.2. 5 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 50
6.5.3. 5 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 50
6.5.4. 5 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 51
6.6. 6 Numaralı Parametre Özellikleri 52
6.6.1. 6 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 52
6.6.2. 6 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 53
6.6.3. 6 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 53
6.6.4. 6 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 54
6.7. 7 Numaralı Parametre Özellikleri 55
6.7.1. 7 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 55
6.7.2. 7 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 56
6.7.3. 7 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 56
6.7.4. 7 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 57
6.8. 8 Numaralı Parametre Özellikleri 58
6.8.1. 8 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 58
6.8.2. 8 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 59
6.8.3. 8 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 59
6.8.4. 8 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 60
6.9. 9 Numaralı Parametre Özellikleri 61
6.9.1. 9 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 61
6.9.2. 9 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 62
6.9.3. 9 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 62
6.9.4. 9 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 63
6.10. 10 Numaralı Parametre Özellikleri 64
6.10.1. 10 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 64
6.10.2. 10 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 65
6.10.3. 10 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 65
6.10.4. 10 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 66
6.11. 11 Numaralı Parametre Özellikleri 67
6.11.1. 11 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 67
6.11.2. 11 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 68
6.11.3. 11 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 68
6.11.4. 11 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 69
6.12. 12 Numaralı Parametre Özellikleri 70

6.12.1. 12 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 70
6.12.2. 12 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 71
6.12.3. 12 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 71
6.12.4. 12 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 72
6.13. 13 Numaralı Parametre Özellikleri 73
6.13.1. 13 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 73
6.13.2. 13 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 74
6.13.3. 13 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 74
6.13.4. 13 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 75
6.14. 14 Numaralı Parametre Özellikleri 76
6.14.1. 14 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 76
6.14.2. 14 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 77
6.14.3. 14 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 77
6.14.4. 14 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 78
6.15. 15 Numaralı Parametre Özellikleri 79
6.15.1. 15 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 79
6.15.2. 15 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 80
6.15.3. 15 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 80
6.15.4. 15 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 81
6.16. 16 Numaralı Parametre Özellikleri 82
6.16.1. 16 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 82
6.16.2. 16 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 83
6.16.3. 16 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 83
6.16.4. 16 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 84
6.17. 17 Numaralı Parametre Özellikleri 85
6.17.1. 17 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 85
6.17.2. 17 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 86
6.17.3. 17 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 86
6.17.4. 17 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 87
6.18. 18 Numaralı Parametre Özellikleri 88
6.18.1. 18 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları 88
6.18.2. 18 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili 89
6.18.3. 18 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları 89
6.18.4. 18 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları 90
6.19. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi 91
6.19.1. Kaynak yönü, kaynak gerilimi ve kaynak akımının, kaynak dikiş genişliklerine ve yüksekliklerine etkilerinin değerlendirilmesi 94
6.19.2. Kaynak yönü, kaynak gerilimi ve kaynak akımının, kaynak nüfuziyetine etkilerinin değerlendirilmesi 97
6.19.3. Kaynak yönü, kaynak gerilimi ve kaynak akımının, çekme mukavemetine etkilerinin değerlendirilmesi 98
6.19.4. Deney Sonuçlarının Kaynak Hızı Açısından Değerlendirilmesi 101

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 103

7.1 Sonuçlar 103
7.2 Öneriler 104

KAYNAKLAR 106

ÖZGEÇMİŞ 107

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat Derece
°	: Derece
<	: Küçüktür İşareti
>	: Büyüktür İşareti

Kısaltmalar

MIG	: Metal Soy Gaz
MAG	: Metal Aktif Gaz
ITAB	: Isı Tesiri Altındaki Bölge
CWM	: Hesaplamalı Kaynak Mekaniği
TIG	: Tungsten Soy Gaz
DIN	: Alman Standartlar Enstitüsü
EN	: Avrupa Standartı
Ger.	: Gerilim
Çek.	: Çekme
Kop.	: Kopma
Amp.	: Amper
Kay.	: Kaynak
Gen.	: Genişlik
Ort.	: Ortalama
Dik.	: Dikiş
Yüks.	: Yükseklik
kN	: Kilonewton
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
N	: Newton
lt	: Litre
db	: Desibel
V	: Volt
a	: Amper

1. GİRİŞ

Sanayide kullanılan imalat çeliklerinin mekanik özelliklerinden bahsettiğimizde malzeme üzerine gelebilecek çekme, basma ve kesme gerilmelerini karşılayabilme özelliği, sertliği, sünekliği, kırılganlığı, yorulmaya dayanımı gibi özellikler anlaşılmalıdır. İmalat Çelikleri, fiyat, özellik ve bulunabilirlik yönünden uygun olan malzemelerdir. Soğuk ve sıcak şekil vermeye ve kaynağa uygun olan bu malzemenin işleme sıcaklıklarında mekanik özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmez. Öncelikle bir çeliğin sanayide imalat sektöründe kullanılabilmesi için mekanik özelliklerinin iyi olması kadar, işlenebilirliğinin ve kaynak kabiliyetinin de yüksek olması gerekir.

Tersane, Otomotiv, Makine, gibi imalat sektörlerinde sacların birleştirilmesi için çeşitli kaynak yöntemleri kullanılmaktadır. Örtülü elektrodla ark kaynağı ilk kaynak yöntemi olması ve basit kaynak ekipmanları ile tatbik edilebilmesi nedeniyle uzunca bir süre kullanılmıştır. Ancak daha sonra örtülü elektrot kullanılarak el ile yapılan ark kaynağının, güvenilir bir bağlantı için kaynakçının belirli bir düzeyde yetiştirilmiş olması ve kaynak hızının sınırlı olması gibi maliyetli ve olumsuz özelliklerinden dolayı yarı-otomatik bir yöntem olan MIG-MAG kaynağı tercih edilmeye başlanmıştır. Bu kaynak yöntemindeki mantık, çıplak elektrod telini mekanik bir tertibat yardımıyla sürekli olarak ilerletip, akımı, ark bölgesine çok yakın bir yerden vererek telin karşılayabileceği akım şiddetini artırıp erime gücünü yükseltmektir. Burada örtülü elektrod ile yapılan elektrik ark kaynağındaki örtünün görevini koruyucu gaz üstlenmiştir.

Bu çalışmada mobil vinç sektöründe çokça kullanılan S700MC kalite malzeme için kaynak akımı, kaynak voltajı, kaynak hızı ve kaynak yönü değiştirilerek alın kaynağı ile bağlantılar elde edilmiştir. Daha sonra bu bağlantıların kaynak dikiş profilleri ve nüfuziyetleri incelenmiş, tahribatlı muayene yöntemlerinden çekme ve eğme deneyi, tahribatsız muayene yöntemlerinden ise ultrasonik dalgalar ile muayene yöntemleri kullanılarak mekanik özellikleri araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tülbentçi K. (1990), çalışmasında MIG-MAG eriyen elektrod ile gazaltı kaynak yöntemlerini incelemiştir. Özellikle ark türleri ve kaynak hataları üzerine yaptığı çalışmalarda önemli bilgiler vermiştir. Ayrıca MIG-MAG kaynak yönteminin endüstriyel alandaki uygulamalarına da değinmiştir.

Ertürk İ. (1990), bu çalışmasında elektrod ile ark kaynağında, elektrod örtüsünün görevlerini araştırmıştır. Yaptığı araştırmalarda, koruyucu gaz örtüsünün, kaynak banyosunu havadaki oksijen ve azotun olumsuz etkilerinden koruduğunu gözlemlemiştir. Karbondioksit (CO_2) gazı ile Argon (Ar) gazının karıştırılıp kullanıldığında ark bölgesinde sıçramanın azaldığını belirtmiştir.

Aslanlar S. (2009), elektrik ark kaynağının uygulaması konusunda bilgiler vermiştir. Çalışmasında elektrik ark kaynağında, ark boyunun önemini ve torç hareketlerinin, bağlantının geometrisi üzerindeki etkisini vurgulamıştır.

Anık S. ve ark. (1991), örtülü elektrod ile ark kaynağında kaynak parametrelerinin seçimi üzerine çalışmalar yapmışlardır. Farklı parametreler sonucu elde edilen farklı bağlantılara sahip, kaynaklı parçalarda oluşan çekme ve çarpılmaların önlenmesi için bazı teknikler belirlemişlerdir. Ancak bu konuda başarılı bir sonuç için özellikle uygulayıcının deneyiminin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Eryürek İ. (2007), gazaltı ark kaynak yönteminin üstünlükleri ve sınırlılıkları üzerine bilgiler vermiştir. Eryürek İ. bu çalışmasında, gazaltı kaynağının diğer kaynak türlerinden farklı olarak kaynağın her pozisyonda yapılabilmesi ve elektrod beslemesinin sürekli olmasından dolayı, hiç durmadan uzun kaynak dikişleri çekilebilmesi gibi üstünlüklerinin olduğunu belirtmiştir. Eryürek, yöntemin en önemli sınırlılığının ise kaynak alanının açık alanlarda oluşabilecek hava akımlarından korunması zorunluluğu olarak ifade etmiştir.

Nalbant Ç. (2009), çalışmasında servo pnömatik bir düzenek ile gazaltı kaynak yönteminin yapılabilirliğini incelemiştir. Deney sonuçlarını PCL 812 PG veri edinim kartı ve VISIDAQ yazılım programı ile grafiksel olarak kaydetmiştir. Elde edilen veriler, kaynak hızının kaynak kalitesine olan etkileri referans alınarak değerlendirilmiştir. Çalışmalarında sonuç olarak, servo pnömatik sistem ile maksimum kaynak hızının 114 cm/dk olduğunu belirlemiştir. Ayrıca kullanılan parametreler dahilinde nüfuziyet açısından en ideal kaynak dikişinin 40 cm/dk ve 45 cm/dk kaynak hızlarında elde edildiğini tespit etmiştir.

Kul A. (2009), çalışmasında endüstriyel kaynak robotlarında kullanılan kaynak parametrelerinin kaynak kalitesine ve nüfuziyetine etkisini araştırmıştır. Bu inceleme ile kaynak akım değerinin değişimini sağlayan asıl faktörün tel sürme hızı olduğunu görmüştür. Kaynak hızının değiştirilmesinin ise uygulanan kaynak akımına etkisinin olmadığını gözlemlemiştir. Ayrıca Kul A. bu çalışmasında, tel besleme hızının artmasıyla kaynak akımının ve kaynak banyosu sıcaklığının da arttığını tespit etmiştir. Bu da gereğinden fazla erime durumlarına ve hatta ana metalin delinip (kalınlığa bağlı olarak) kök taşması denilen kaynak akması olayının gerçekleştiği sonucuna ulaşmıştır. Tel besleme hızının azalmasıyla da, azalan akım miktarı sonucu kaynak banyosuna yeterli ısı geçişi olmamasını ve bu nedenle erime azlığından dolayı nüfuziyet problemlerinin olduğunu bulmuştur.

Süzen A. (2009), çalışmasında çeşitli kaynak yöntemlerini kullanarak kaynak edilmiş parçaların, ITAB (ısı tesiri altındaki bölge) ve esas metal bölgelerinin mekanik özelliklerini araştırmıştır. Numuneler üzerinde yaptığı çekme deneylerinde en yüksek akma mukavemetinin, toz altı kaynağa uygulanmış numunelerde olduğunu gözlemlemiştir. Toz altı kaynak ile birleştirilen numunelerin hiç birinin, çekme deneyinde kaynak bölgesinden kopmadığı tespit edilmiştir. Bu da yapılan kaynak işlemleri sonucunda meydana gelen ısı girdisinin, ana malzemede kritik bir yapı değişikliğine sebep olmadığını göstermektedir.

Anık S. (1969), bu çalışmasında kaynak tekniklerinden oksi-asetilen ve elektrik ark kaynağını incelemiştir. Gaz eritme kaynağı olarak da bilinen oksi-asetilen kaynağı ve elektrik ark kaynağının tatbiki konusunda önemli teknik bilgiler vermiştir.

Anık S. (1972), çalışmasında kaynak tekniklerinden toz altı kaynağı ve koruyucu gazla kaynağı incelemiştir. Bu incelemesinde, söz konusu kaynak tekniklerinin uygulaması konusunda yetmişli yıllar göz önüne alındığında önemli bilgiler vermiş ve bu konunun ülkemizde gelişimine temel sağlamıştır. Özellikle toz altı kaynağının hangi alanlarda kullanılması gerektiği hususunda aydınlatıcı bilgiler sunan Anık, ayrıca bu yöntemin üstün ve zayıf noktalarını gözler önüne sermiştir.

Lindgren L.E (2006), kaynağın sonlu malzemeler üzerindeki termal ve mekanik etkilerini incelemiştir. En yaygın kullanılan hesaplamalı kaynak mekaniği CWM ile farklı modelleme yönlerine odaklanılmıştır. En önemli modelleme sorunları ısı girişi ve malzeme davranışı için modellerdir.

Ericsson M., Sandström R. (2003), kaynak hızına bağlı olarak sürtünme kaynağında yorulma dayanımı belirlemiş ve geleneksel ark kaynak yöntemleri sonuçları

ile yorgunluk sonuçlarını karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, düşük ve yüksek kaynak hızı sürtünme kaynaklarının mekanik ve yorulma özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Önemli ölçüde daha düşük kaynak hızı, yorulma performansını geliştirmiştir. MIG ve TIG kaynaklar sürtünme kaynaklara göre daha düşük statik ve dinamik dayanım göstermiştir.

Atasoy Ö. Aydın, Tülbentçi Kutsal, Karagöz Şadi (1995), darbeli aşınma ortamlarında kullanılan Hadfield ostenitik mangan çeliğinin alaşımlama ve ısıl işlem yoluyla geliştirilmesini ve kaynak kabiliyetinin artırılması için çalışmışlardır.

Kaçar Ramazan, Gündüz Süleyman ve ark. (2008), çalışmalarında AISI 304 kalite ostenitik paslanmaz çelik saclar, mukayese yapabilmek amacıyla ticari olarak temin edildiği gibi ve %5, %10 ve %20 soğuk deforme edildikten sonra üç farklı kaynak zamanında (20, 30 ve 40 çevrim) sabit elektrot baskı kuvveti uygulanarak birleştirmişlerdir. Bağlantının kaynak kalitesini belirlemek amacıyla birleştirmenin mikroyapısı incelenerek sertlik ve çekme yükü taşıma kapasitesi belirlenmiştir. Sonuç olarak; ostenitik paslanmaz çelikler endüstride belirli soğuk deformasyon işlemine tabi tutulduktan sonra direnç kaynaklı işlemlere maruz kalacaksa istenilen yeterli bağlantı dayanımı sağlayan en düşük ısı girdisi ile birleştirilmesini önermişlerdir.

3. KAYNAĞIN TARİFİ VE SINIFLANDIRILMASI

3.1. Kaynağın Tarifi

Metal veya plastik malzemeleri aynı cinsten ya da ergime aralığı yakın başka bir malzeme katarak veya katmadan ısı, basınç ya da her ikisini de kullanarak birleştirmeye kaynak adı verilir. Kaynak, diğer birleştirme şekilleri olan perçin, cıvata, işlemlerine nazaran ağırlık, işçilik, sızdırmazlık, ucuzluk, imalat kolaylığı gibi üstünlükleri olan ve şekil sürekliliği gösteren bir birleştirme usulüdür.

3.2. Kaynağın Sınıflandırılması

Kaynak işlemini çeşitli bakımlardan sınıflandırmak mümkündür. Bu sınıflandırma temel olarak tatbik edileceği malzemenin cinsine göre ve kaynak işleminin cinsine göre yapılır (Aslanlar, 2009).

3.2.1. Tatbik edileceği malzemenin cinsine göre sınıflandırma

3.2.1.1. Metal kaynağı

Metalik malzemeyi ısı, basınç veya her ikisini birden kullanarak ve aynı cinsten ve erime aralığı aynı veya yaklaşık bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye metal kaynağı adı verilir.

3.2.1.2. Plastik malzeme kaynağı

Aynı veya farklı cinsten termoplastik (sertleşmeyen plastik) malzemeyi ısı, basınç kullanarak ve aynı cinsten bir plastik ilave bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye plastik malzeme kaynağı adı verilir.

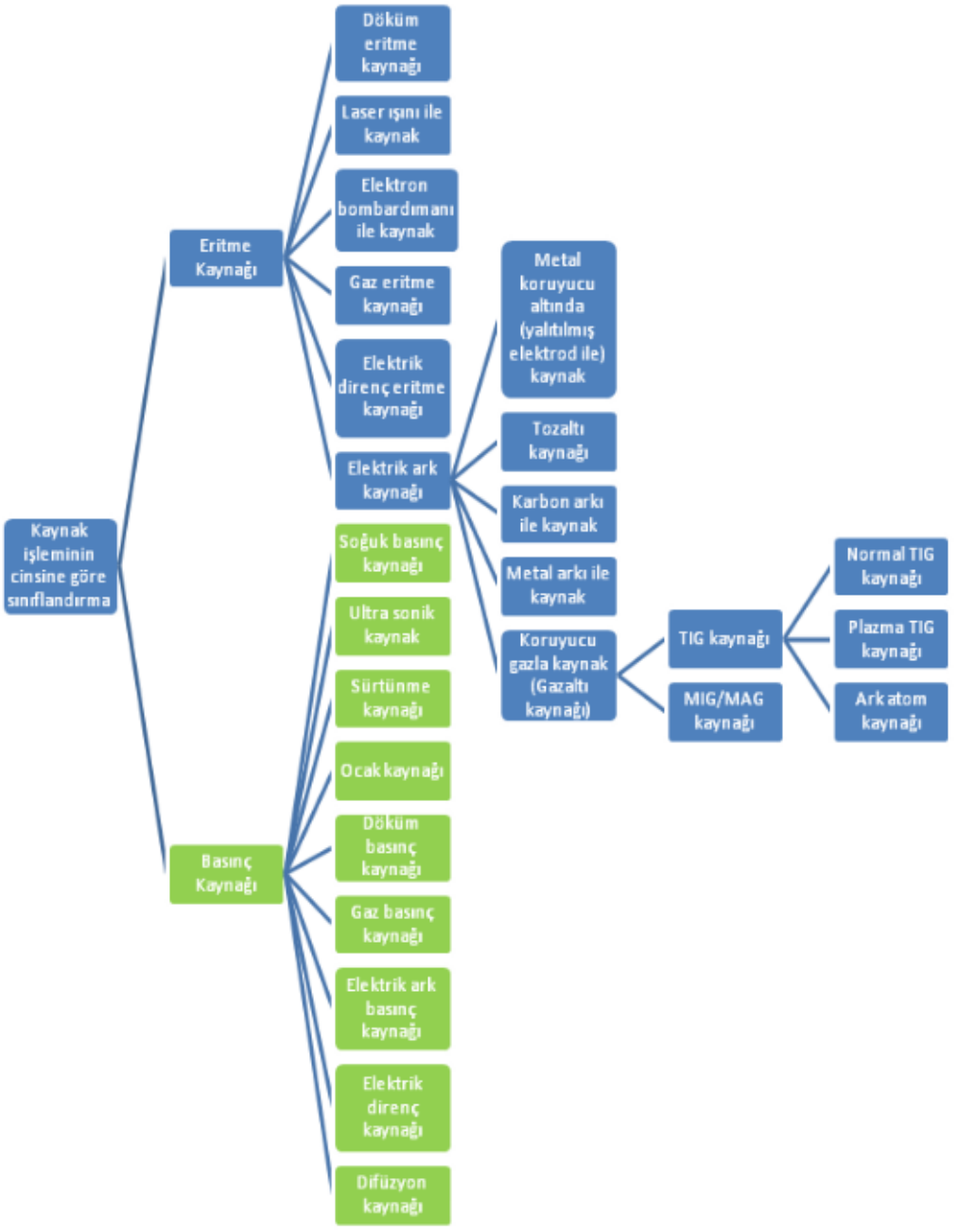
3.2.2. Kaynak işleminin cinsine göre sınıflandırma

3.2.2.1. Eritme kaynağı

Eritme kaynağı, metalik malzemeyi yalnız sıcaklığın tesiri ile mahalli olarak eritip ilave metali eritmek veya eritmemek suretiyle birleştirmektir. Isıtmanın (tavlamanın) şekline, cinsine ve kaynak yerinin korunma tarzına göre çeşitli eritme kaynağı usulleri kullanılmaktadır.

3.2.2.2. Basınç kaynağı

Malzemeyi dışarıdan ısı uygulayarak veya uygulamadan, genellikle ilave metal kullanmaksızın basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektir.



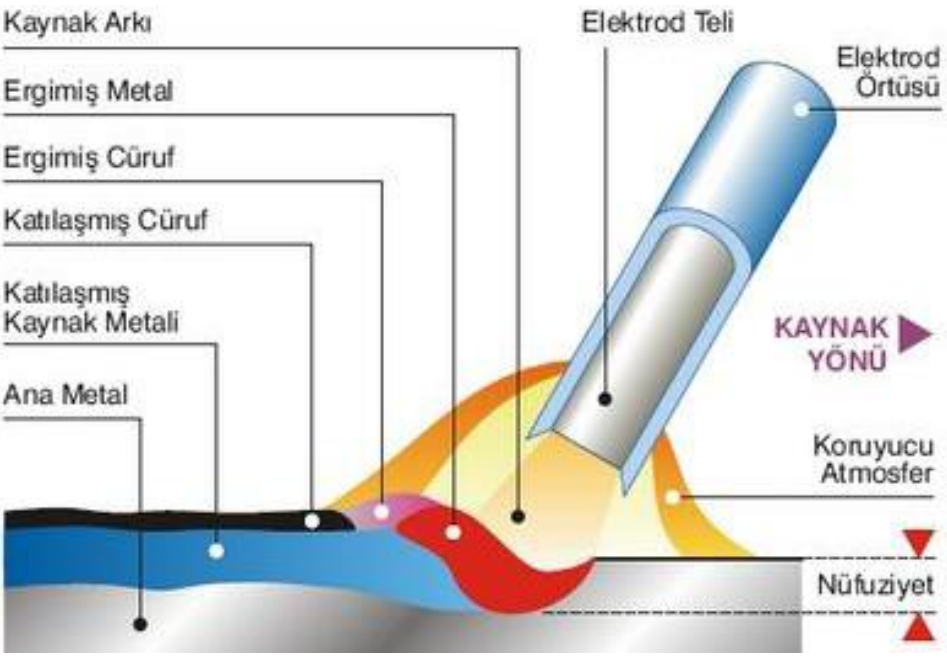
Şekil 3.1. Kaynak işleminin cinsine göre sınıflandırma

4. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI

Erime, doğrudan doğruya bir elektrik arkının mahalli tesiriyle meydana gelir. Bu yöntemde kaynak yapmak için, kaynak elektrodu ve ana malzeme arasında bir güç kaynağı kullanılarak elektrik arkı yaratılır (Ericsson ve ark., 2003). Elektrik ark kaynağında doğru veya alternatif akım çeşitlerinin her ikisi de kullanılabilir. Elektrik ark kaynağında kaynak için gerekli ısı, elektrik arkı tarafından sağlanmaktadır (Anık, 1969). Kaynak ağzını doldurmak için gerekli ek kaynak metalinin katılma biçimi ve kaynak bölgesinin havanın olumsuz etkilerinden korunma biçimine göre çok çeşitli ark kaynak yöntemleri geliştirilmiştir.

4.1. Örtülü Ark Kaynağı

Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında ark, iş parçası ve eriyen elektrod arasında yanar ve bu şekilde eriyen elektrod aynı zamanda kaynak metali haline geçer. Elektrod örtüsü de aynı anda yanarak erir. Bu esnada açığa çıkan gaz ark bölgesini korur ve oluşan cürufta kaynak dikişini örterek kaynak bölgesinin korunmasını sağlar.

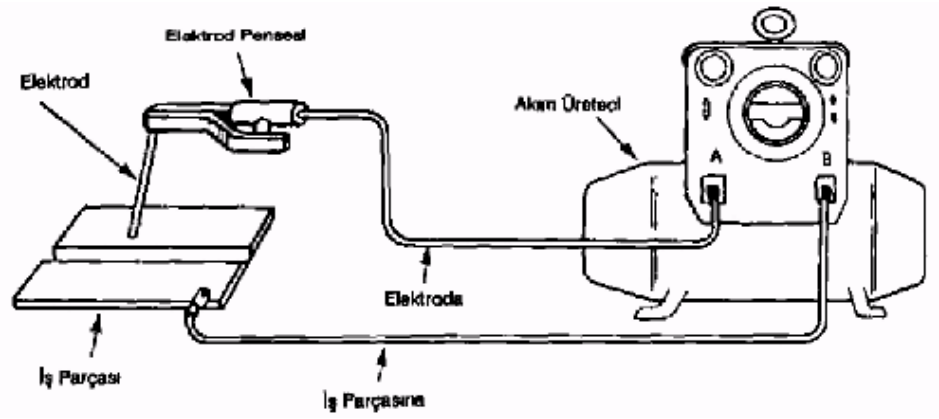


Şekil 4.1. Örtülü elektrod ile ark kaynağında kaynak bölgesi

Kaynak için gerekli koşullardaki elektrik akımı, bu iş için geliştirilmiş bir

kaynak akım üreteci tarafından sağlanır; akım kablolar yardımı ile iş parçası ve elektrod pensesine iletilir. Kaynakçı elektrodu penseye takar ve iş parçasına değdirerek arkı oluşturur. Arkın başlatılması, yanması, boyunun ayarı, söndürülmesi, kaynak hızı ve eriyen elektrod metalinin kaynak ağzını doldurması için gerekli manipülasyonlar tamamen kaynakçı tarafından yapılır; bu yöntemde kaynağın kalitesine kaynakçının el işçiliğinin etkisi çok önemlidir.

Kaynak işlemini hızlandırmak, kaynakçının dikişin kalitesine etkisini ortadan kaldırabilmek konusunda çalışmalar sonucunda iki ayrı yoldan gidilerek, bugün tozaltı ve gazaltı diye adlandırdığımız kaynak yöntemleri geliştirilmiştir (Anık ve ark, 1991).



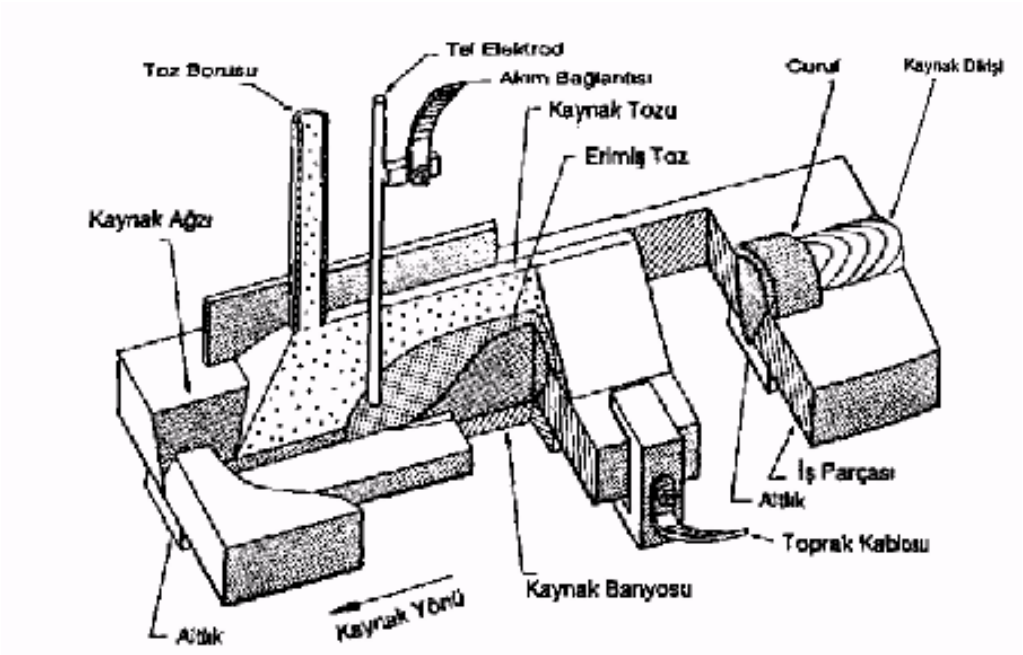
Şekil 4.2. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynak donanımı blok şeması

4.1.1. Tozaltı kaynağı

Bu kaynak yönteminde ark, bir mekanizma tarafından otomatik olarak kaynak bölgesine gönderilen çıplak tel ile iş parçası arasında oluşur ve bir kanaldan devamlı olarak üzerine gelen, özel bir toz altında yanar (Anık, 1972). Ark, bir toz örtüsü altında kaldığından etrafa ışınım yapmaz ve bu şekilde ark enerjisinin büyük bir kısmı (yaklaşık % 64'ü) doğrudan doğruya kaynak için sarf edilmiş olur ve toz örtüsü kaynak banyosunu atmosferin olumsuz etkilerinden korur.

Tozaltı kaynak yönteminde, tel elektroda, uç kısmına yakın bir yerden ve özel bir bakır kontakt tarafından akım verildiğinden, çok yüksek akım şiddetlerine çıkmak mümkündür. Bu bakımdan, tozaltı kaynak yöntemi çok güçlü bir kaynak yöntemidir ve bir paso ile takriben 85 ve iki paso ile 180 mm.'ye kadar kaynak yapabilme olanağı sağlar. Akım şiddetinin yüksekliği büyük bir kaynak banyosu oluşturur ve derin bir nüfuziyet sağlar.

Bu önemli avantajlara sahip tozaltı kaynak tekniğinin de bazı dezavantajları vardır ki, bunlar uygulama alanını sınırlandırmaktadırlar: bu yöntem ince saclar, için elverişli değildir; el ile kullanılmak üzere geliştirilmiş donanım iyi sonuç vermemiştir; bu bakımdan otomatik kullanımı gerekli olduğundan parçanın şekli, ilerletme tertibatının yörüngesine uygun olmalıdır. Tozaltı kaynak tekniği, ancak yatay kaynak dikişleri için uygundur, tavan kaynaklarını bu yöntem ile birleştirebilme olanağı yoktur; boru kaynağında ancak boru döndürüldüğünde bu yöntemle kaynak yapmak mümkün olmaktadır ve kısa dikişler halinde makinenin ayarlanması için kaybedilen zaman göz önüne alındığında, sonuç ekonomik olmamaktadır (Anık ve ark, 1991).



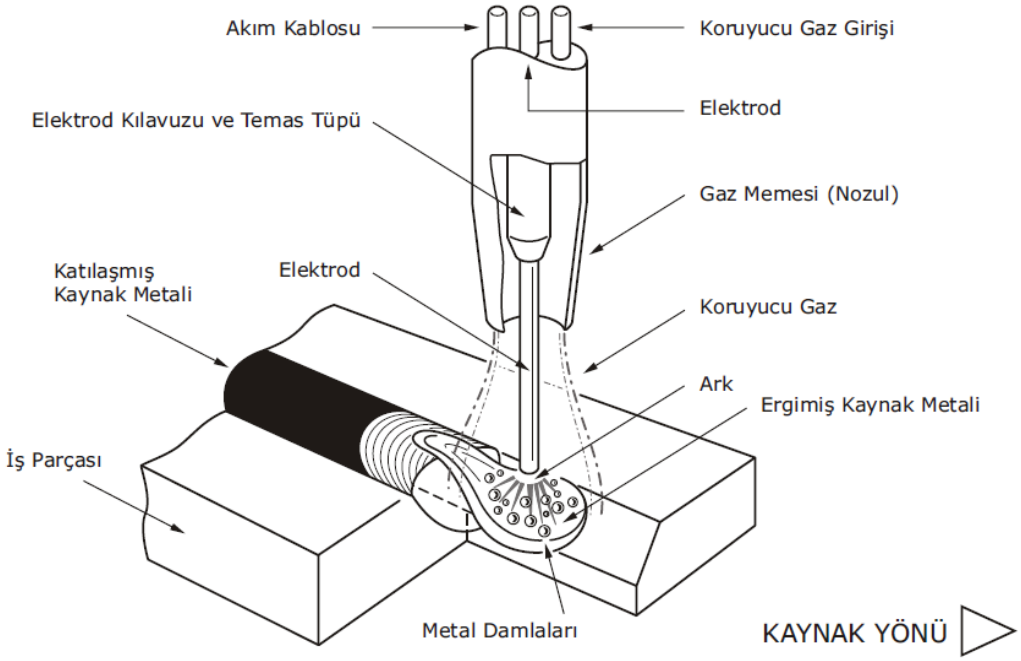
Şekil 4.3. Tozaltı kaynak yönteminde kaynak bölgesi

4.1.2. MIG-MAG gazaltı kaynağı

Kaynak maliyetini düşürmek, termin süresini kısaltmak ve kaynakçı faktörünün dikişin kalitesine olan etkisini azaltmak için, günümüz teknolojisi otomatik veya mekanize kaynak yöntemleri olarak adlandırılan bazı modern kaynak yöntemleri geliştirmiştir.

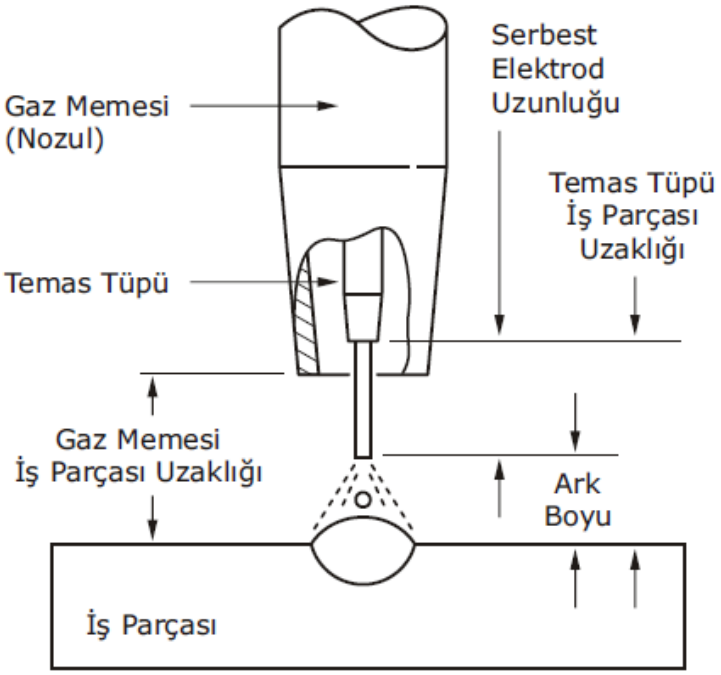
Bütün kaynak yöntemlerinde ana tema, çıplak elektrod telini el ile ya da mekanik bir tertibat yardımı ile otomatik olarak sürekli ilerletip, akımı ark bölgesine çok yakın bir yerden vermek ve telin yüklenebileceği akım şiddetini artırarak, erime

gücünü yükseltmektir. Yalnız burada en önemli husus elektrod örtüsünün görevini yüklenecek bir faktörün devreye sokulmasıdır. Bu görevi gazaltı kaynak yönteminde koruyucu gaz olarak kullanılan soy gazlar, aktif gazlar ya da bunların karışımı mix. gazlar yapmaktadır. Bu yöntemde ergiyen elektrod dışarıdan sağlanan gazla korunarak otomatik olarak sürekli beslenir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Gazaltı kaynağının prensibi

Kaynakçı ilk ayarları yaptıktan sonra elektriksel özellikler kaynak boyunca makine tarafından otomatik olarak sabit tutulur. Bu nedenle yarı otomatik kaynakta sadece, kaynak hızı, kaynak doğrultusu ve torcun pozisyonu kaynakçı tarafından belirlenir (Anık, 1972). Uygun donanımla birlikte uygun ayarlar seçildiğinde ark boyu makine tarafından sabit tutulur (Şekil 4.5).



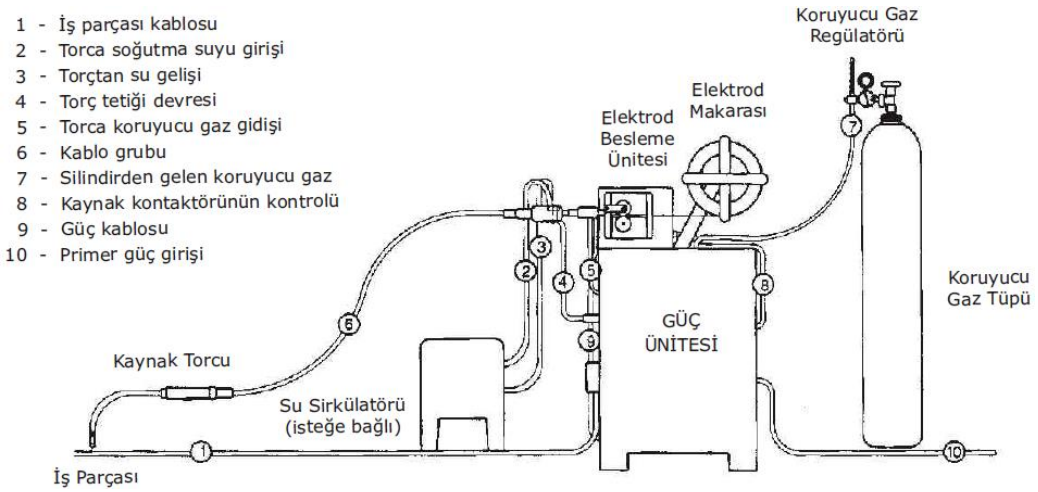
Şekil 4.5. Ark boyu

Önceleri yalnız CO_2 (Karbondioksit) koruması altında yapılan bu yöntemde, gereken durumlarda arkı yumuşatmak, sıçramayı azaltmak için CO_2'ye Ar (Argon) karıştırılıp kullanılmaktadır (Kul, 2009). Ar + CO_2'nin içine az miktarda O_2 ilave edilerek Ar + CO_2 + O_2'den oluşan üçlü gaz koruması altında daha kalın çaplı elektrodlar ile her pozisyonda çalışabilme olanağı sağlanmış ve düzgün görünüşlü kaynak dikişleri elde edilebilmiştir. Ayrıca bu yöntemin kullanılması ile işlemlerin hızlanmasına ve otomatikleşmesine olanak sağlanmıştır (Ertürk, 1990).

Son yıllarda inverter türü kaynak makinelerinin uygulama alanına girmesiyle, bu tür kaynak makineleri ile gerçekleştirilen kaynak işlemlerinde yalnız CO_2 kullanılması halinde dahi sıçrama tamamen ortadan kalkmıştır. Yöntemin mekanizasyon ve otomasyona olan yatkınlığı, günümüzde özellikle robotlar yardımı ile montaj hatlarında kullanılması, büyük bir üstünlük sağlamış en çok kullanılan kaynak yöntemi haline gelmiştir.

4.1.2.1. MIG-MAG gazaltı kaynak donanımı

Gazaltı kaynağı için gerekli donanım kaynak torcu ve kablo grubu, elektrod besleme ünitesi, güç ünitesi ve koruyucu gaz ünitesi olmak üzere dört temel gruptan oluşur (Şekil. 4.6).



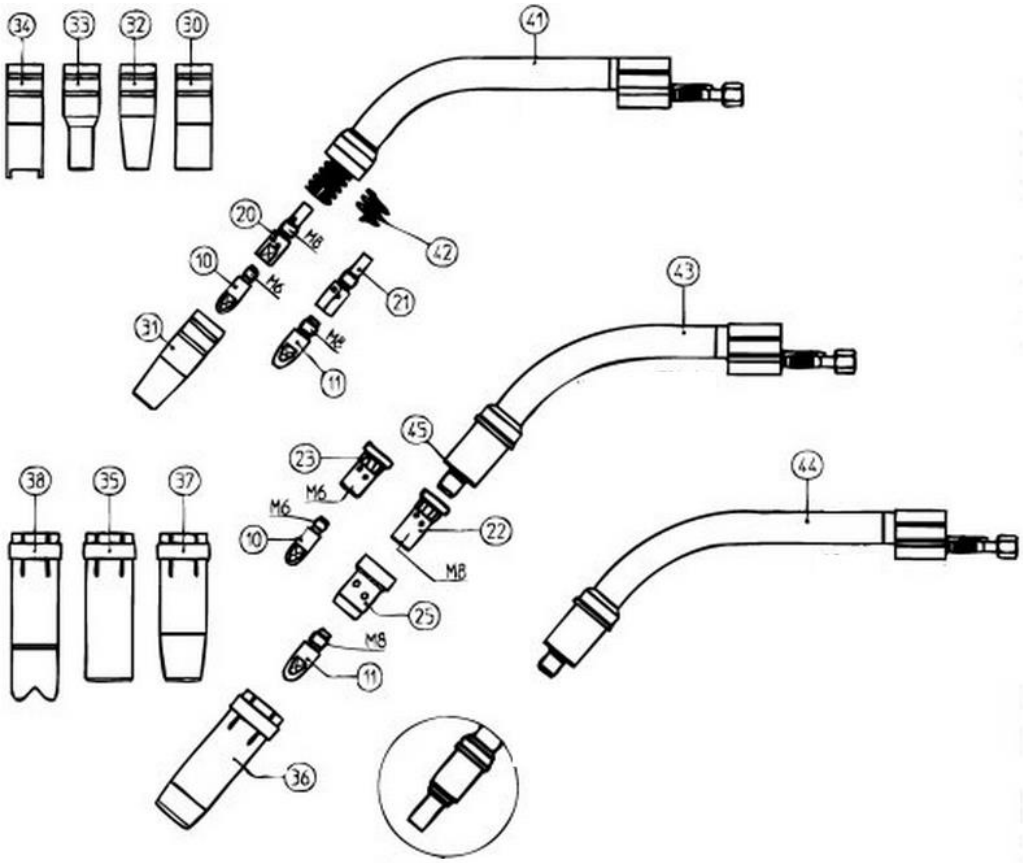
Şekil 4.6. MIG-MAG kaynak donanımı

Gazaltı kaynağında torç ve kablo grubunun üç görevi vardır. Bu görevler koruyucu gazı arkın olduğu bölgeye iletmek, elektrotun temas tüpüne iletilmesini sağlamak ve güç ünitesinden gelen akım kablosunu temas tüpüne iletmektir.



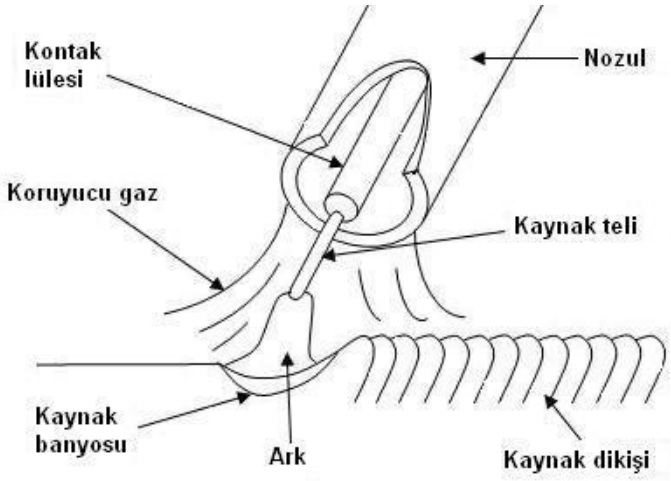
Şekil 4.7. MIG-MAG gazaltı kaynak torcu

Torcun ark sıcaklığından en fazla etkilenen parçaları gaz ve kontak lüleleridir; kontak lülesi, sıcaklığın yanı sıra hareket halindeki tele, kısa bir bölgede akımı ilettiğinden, yüksek bir akım şiddetinin ve kaynak banyosundan sıçrayan metal damlacıklarının etkisine de maruz kalmaktadır.



Şekil 4.8. MIG-MAG gazaltı kaynak torç yapısı

MIG - MAG yönteminde tel elektrod sürekli olarak ilerlediği için tele elektrik iletimi, bir kayar kontak ile sağlanır. Tel torcu terk etmeden biraz evvel bakır esaslı bir kontak lülesi içinden geçerken kaynak akımı ile yüklenir. Torcun ağız bölgesinde bir gaz lülesi (nozul) bulunur ve bu lüle sayesinde, koruyucu gaz akımı laminer olarak (girdapsız olarak) kaynak bölgesine iletilir.



Şekil 4.9. MIG-MAG Kaynak Torç Yapısı ve Ark Bölgesi

Kontak lülesi ile eşmerkezli olarak bulunan gaz lülesi de çalışma esnasında aşırı termik zorlamaya maruz kalır. Kaynak bölgesine gönderilen koruyucu gazın düzgün akımını sağlayan gaz lülesinin büyüklüğü, erime gücü ve kaynak hızına bağlı olarak değişir (Keel, 1962).

Arkın çok yakınında bulunması nedeni ile özellikle, yarı otomatik yöntemlerde operatörün sıcaklıktan mümkün olduğu kadar az etkilenmesi için çeşitli biçimlerde torçlar geliştirilmiştir.

Elektrod besleme ünitesi, makaraya sarılmış teli kaynak bölgesine sürmek için motor ile tahrik edilen bir mekanizmadır. Tel sürme hızı motor regülatörünün ayarı ile seçilebilir. Seçilen tel hızı ergime için bir akıma ihtiyaç duyar ve bunu tanımlar. Tel sürme mekanizmalarından 4 tekerlekli veya 2 tekerlekli sistemler vardır. 4 tekerlekli sistemler 2 tekerlekli sistemlere göre çok daha kullanışlıdır.



Şekil 4.10. Kaynak Teli ve Tel Sürme Tertibatı

Kaynak torcunun tetiğine basıldığında iş parçasına eş zamanlı olarak gaz, güç ve elektrod iletilerek bir ark oluşur. Ark boyunun kendi kendisini ayarlamasını sağlamak için elektrod besleme ünitesi ile güç ünitesi arasında ilişki sağlayan iki türlü çözüm mevcuttur. Bunlardan en fazla bilineni de sabit gerilimli bir güç ünitesi (yatay gerilim-akım karakteristiği sağlayan güç ünitesi) ile sabit hızlı bir elektrod besleme ünitesi kullanmaktır (Eryürek, 2007). Yatay karakteristikli diye de adlandırılan bu kaynak akım üreteçlerinde, gerilimin tamamen sabit tutulması mümkün olmadığı gibi aynı zamanda da sakıncalıdır. Eğer gerilimin tamamen sabit tutulduğu bir üreteç kullanılırsa elektrod iş parçasına temas ettiğinde gerilim düşecek ve akım şiddeti sonsuz yükselecektir. Bu da elektrod ucunda istenmeyen bir durum olan ani patlamalara ve dolayısıyla şiddetli

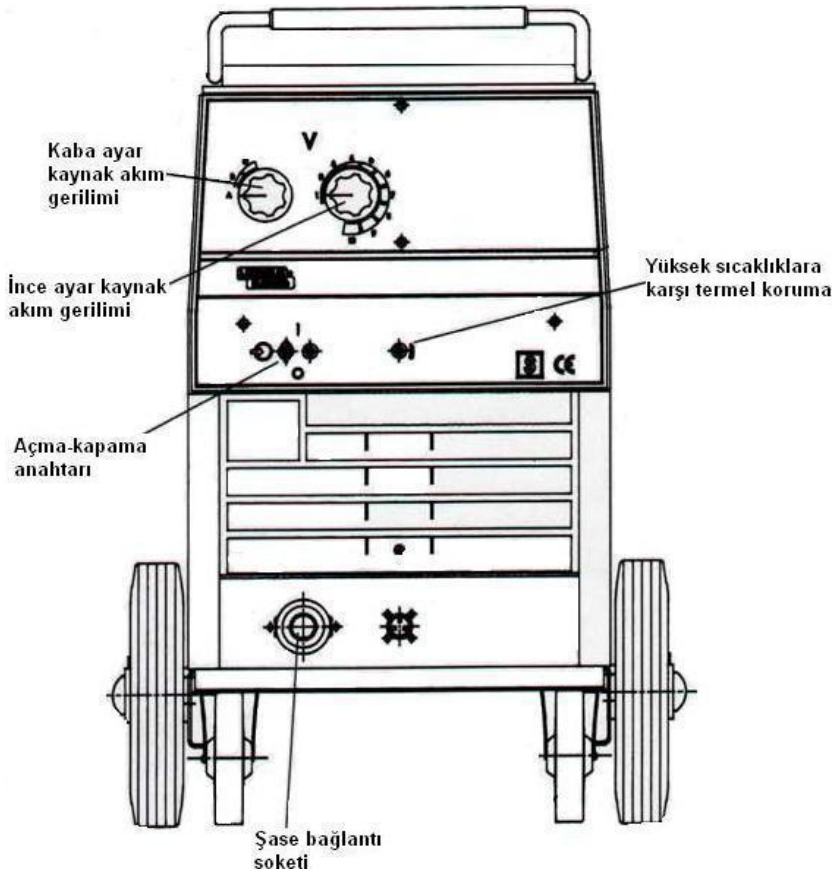
sıçramaya neden olur. Bu açıdan bu tür kaynak akım üreteçlerinde her 100 amper için maksimum 7 Volt kadar ark gerilimi düşümüne izin verilir.



Şekil 4.11. Kaynak Makinesi (Akım Üreteci)

Güvenilir kaynak bağlantısı elde edebilmek için ayarlanması gereken kaynak parametrelerinin başında akım şiddeti ve gerilimi gelir. Sabit gerilimli veya diğer bir deyimle yatay karakteristikli kaynak akım üreteçlerinde bu iki parametre birbirlerinden bağımsız olarak ayarlanabilir.

Kaynak akım gerilimi, akım üretecinin ince ve kaba ayar düğmelerinden kademeli olarak veya bazı özel tiplerde ise potansiyometre ile kademesiz olarak ayarlanabilir. Kaynak akım şiddeti ise MIG-MAG kaynak üreteçlerinde tel ilerletme düğmesinden ayarlanır (Şekil 4.11). Kaynak akım üretecinde sabit gerilim karakteristik ayar imkanı ne kadar fazla olursa en uygun çalışma noktasının saptanması da o derece kolay olur. Genel olarak standart akım üreteçlerinde 3 kaba ayar ve 5 adet de ince ayar vardır, bu da toplam 15 kademede gerilim ayar olanağı sağlar (Nalbant, 2009).

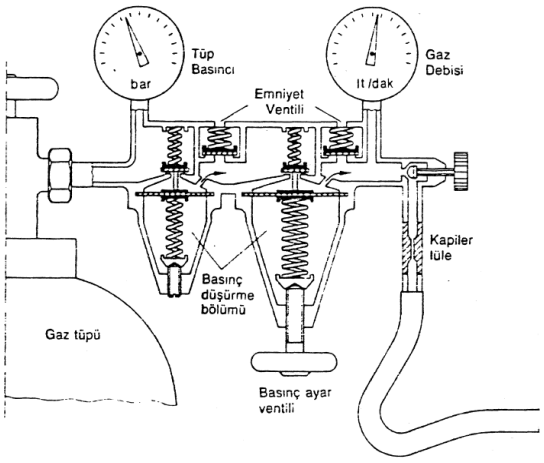


Şekil 4.12. MIG-MAG kaynak makinesi ayarları

MIG-MAG kaynağında ihtiyaç olan koruyucu gaz basınçlı tüpler aracılığıyla sağlanır. Gaz tüpü argon, helyum, karbondioksit veya karışım gibi koruyucu gazlardan birini içerir (Şekil 4.13). Şekil 4.14'deki gibi uygun bir basınç düşürücü yardımıyla kaynak bölgesine istenen miktarlarda gönderilir (Tülbentçi, 1990).



Şekil 4.13. Gazaltı kaynak tüpü

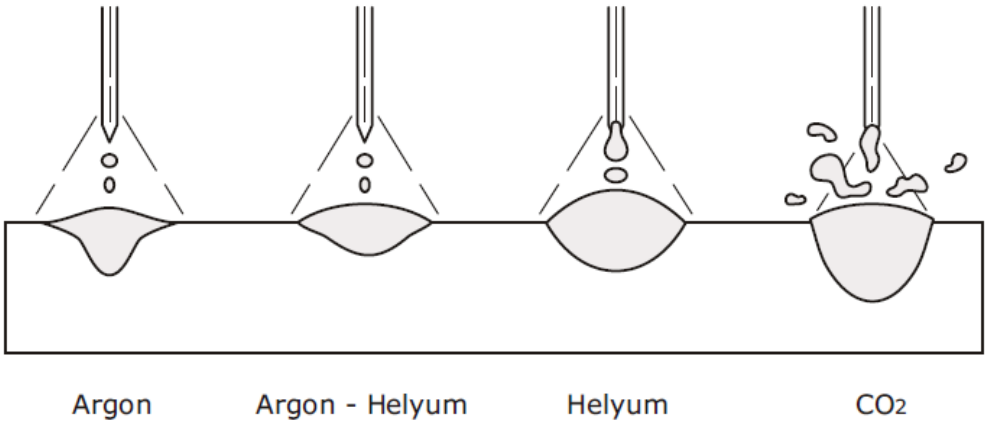


Şekil 4.14. Basınç düşürme ventili

MIG-MAG kaynak yöntemlerinde kullanılan koruyucu gazlar soy gazlar ve aktif gazlar olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmıştır.

Argon ve helyum soygazlardır. Bu gazlar ve bunların karışımı yoğun olarak demir dışı metallerin kaynağında kullanılırlar. Ayrıca paslanmaz çeliklerin ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında da kullanılırlar.

Argon, atmosferden damıtılarak üretilir. Argonun yoğunluğu havanın yoğunluğunun 1.4 katı olduğundan havadan daha ağır bir gazdır. Bu da argon gazının kaynak alanını örtme konusunda daha etkin bir başarı elde etmesini sağlamaktadır. Ancak argon, havadan damıtılarak üretildiği için oksijen, azot ve su buharı gibi istenmeyen içerikleri de içermesine rağmen, kaynak uygulamaları bakımından da en uygun gazdır. Argon kullanılan MAG uygulamalarında ark kararlığı yüksektir. Bir soygaz olan argon gazının düşük iletkenliğinden dolayı arkın merkezinde sıcaklık kaybı pek fazla olmaz, bu nedenle arkın merkezinde metal damlacıklarının ark boyunca geçişi çok daha akışkan olur. Bu da kaynak profilini ve nüfuziyeti önemli ölçüde etkiler (Şekil 4.15).

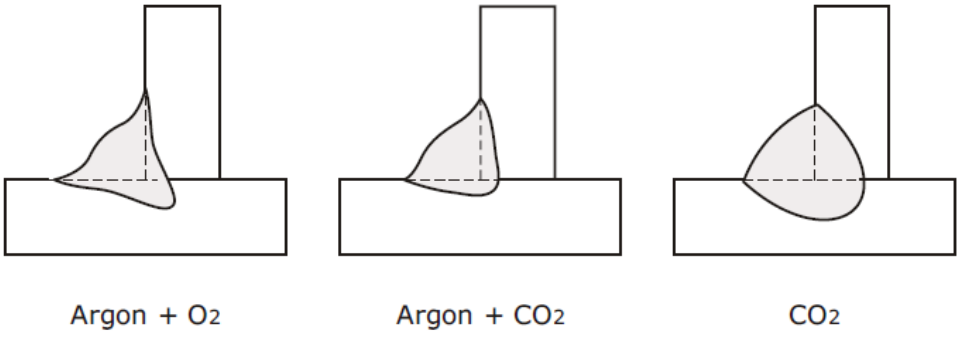


Şekil 4.15. Çeşitli koruyucu gazların dikişin şekline ve nüfuziyete etkisi

Helyum argona göre çok daha pahalı bir soygazdır ve çoğunlukla yeraltından çıkarılır. Helyum argondan daha yüksek bir ısıl iletkenliğe sahiptir ve ark enerjisinin içerisinde daha üniform şekilde yayıldığı bir ark plazması oluşturur. Helyum, argon ile karşılaştırıldığında, ark kararlılığı bakımından daha düşük sonuçlar vermesine karşılık, nüfuziyet argona göre daha yüksektir. Bu sebeple yüksek nüfuziyet gerektiren kalın ve ısıl iletkenliği yüksek olan bakır, alüminyum gibi malzemelerin kaynağında kullanılır. Helyumun yoğunluğu havanın yoğunluğunun 0,14 katı olduğundan havadan daha hafif

bir gazdır. Bu sebeple kaynak bölgesinde gerekli korumayı sağlamak için, argona göre kullanım miktarı daha yüksektir.

Karbondioksit havada ve yeraltında bulunan aktif bir gazdır. Karbondioksit gazının koruyucu gaz olarak kullanılmasının başlıca nedenleri, daha yüksek kaynak hızı, daha fazla bağlantı nüfuziyeti ve düşük maliyetidir. Bu gazın genel dezavantajı ise arktaki kararsızlık ve artan sıçrama kayıplarıdır. Karbondioksit ile korumada metal iletimi ya kısa devre ya da iri damla tipi olduğundan ark oldukça kararsızdır ve önemli ölçüde sıçrama kayıpları oluşur. Sıçrama kayıplarını minimuma düşürmek için ark boyu kısaltılmalı ve olabildiğince sabit tutulmalıdır. Karbondioksit korumasında yapılan kaynaklarda nüfuziyet yüksektir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. Argon+O_2, Argon+CO_2 ve CO_2 gazlarının dikiş şekline ve nüfuziyete etkisi

Gazların avantajlarını kullanabilmek için argon+helyum, argon+ O_2 veya argon+ CO_2, argon+helyum+ CO_2 karışımları kullanılabilir.

Argon+Helyum koruyucu gaz kullanımındaki başlıca amaç, helyum sayesinde geniş, parabolik kaynak profili elde ederken argon ile de eksenel sprey metal iletiminin sonucu olarak eksenel yönde de derin kaynak profili ve nüfuziyet sağlamaktır.

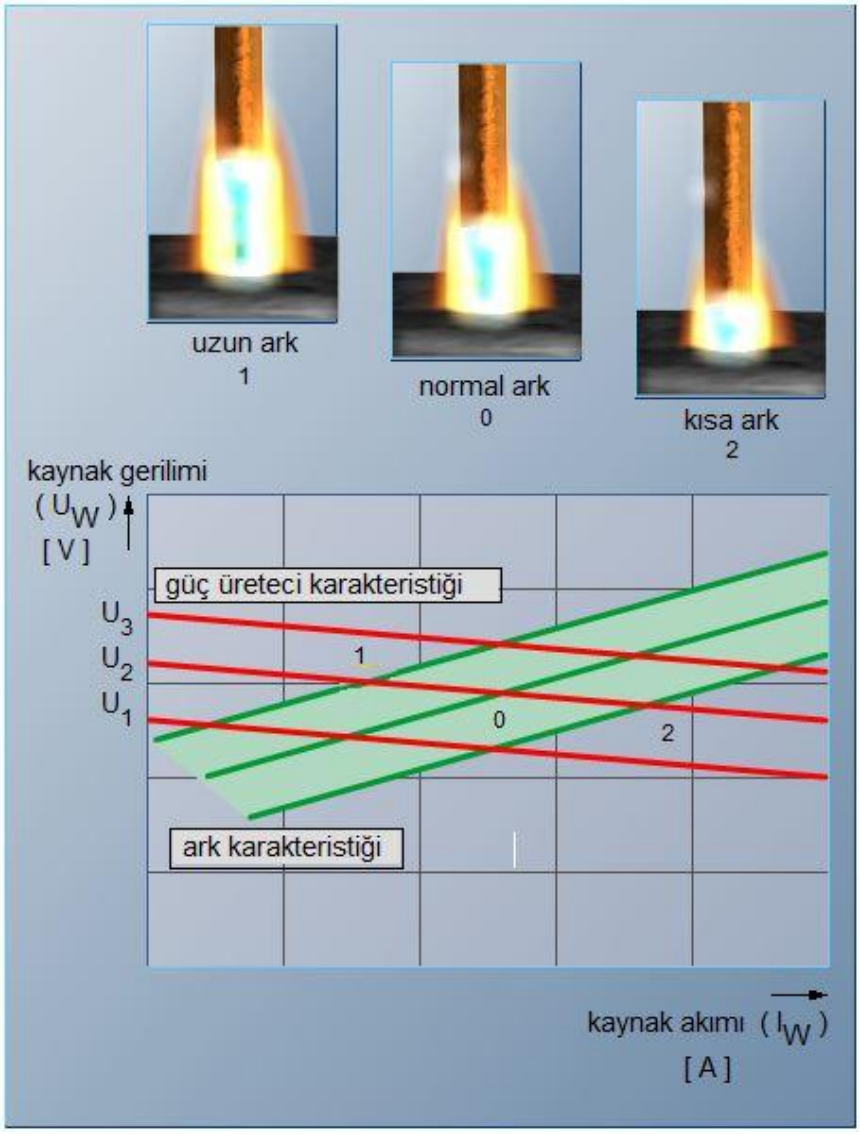
Argon ve Helyuma CO_2 veya O_2 ilavesi saf halde demir esaslı malzemelerin kaynağında arkı daha kararlı hale getirmek için kullanılır. Argona CO_2 ilavesi aynı zamanda dikiş profilinin şeklini de iyileştirir (Şekil 4.16).

Soy gazlar koruyucu özelliklerini her sıcaklıkta gösterirler, aktif gazların katılımıyla da daha kararlı bir ark ve kaynak banyosuna metal geçişi sağlanır. Bunlar koruyucu özellikler zarar görmeden yapılır (Nalbant, 2009).

5. MATERYAL VE METOD

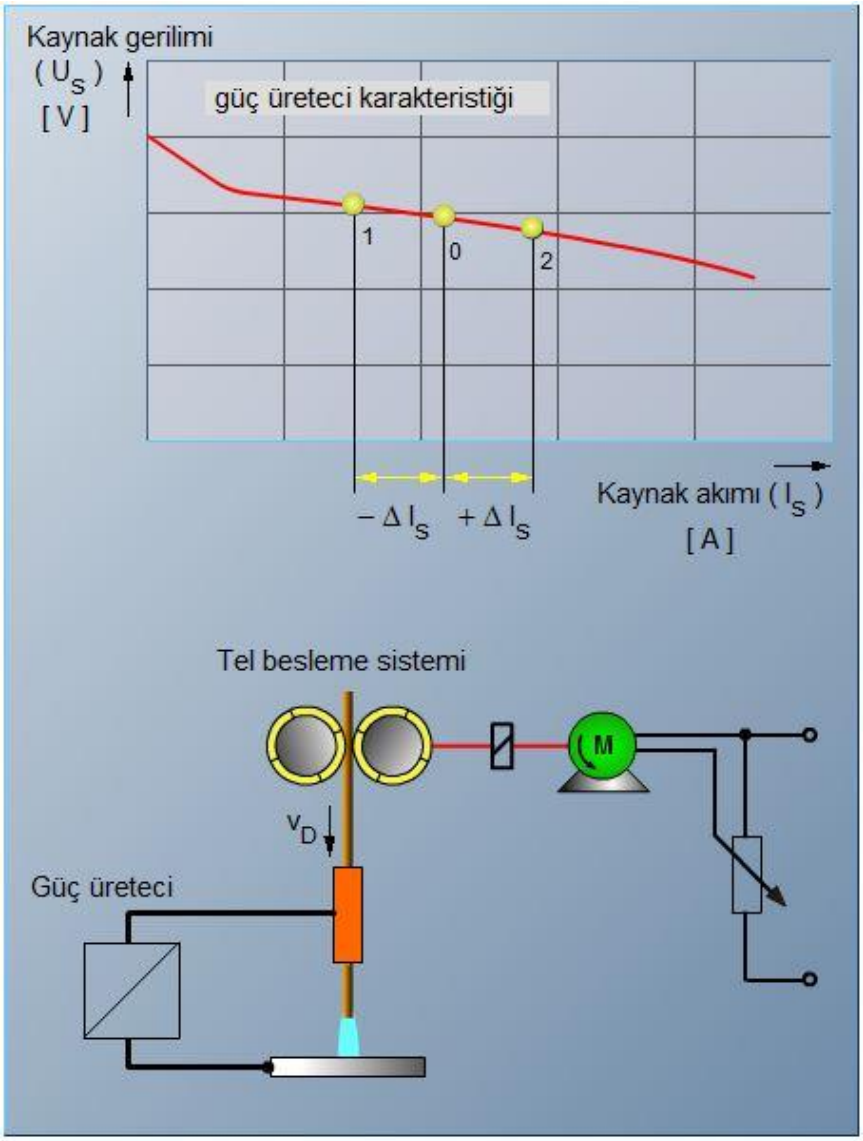
5.1. Deneysel Plan

Gazaltı kaynak işlemlerinde ark gerilimi ve ark boyu genellikle birbiri yerine kullanılan terimlerdir. Her ne kadar bunların arasında bir ilişki olsa da tamamen aynı şeyler diyemeyiz. Ark boyu bağımsız bir değişkendir. Ark gerilimi ise hem ark boyuna, hem de birçok değişkene bağlıdır. Bunlar; elektrodun bileşimi ve çapı, koruyucu gazın cinsi, kaynak tekniği ve kaynak kablosunun uzunluğudur. Bu değişkenler sabit tutulursa, ark boyu doğrudan ark gerilimine bağlı olur.



Şekil 5.1. Ark gerilimi ve ark türleri

Elektrod ucu ile temas tüpü arasındaki mesafe olan serbest elektrod uzunluğu, kaynak işleminin gerçekleşmesini sağlayan direnci oluşturur. Gazaltı kaynak makinelerinde, serbest elektrod uzunluğu, tel sürme hızı ile ayarlanır. Serbest elektrod uzunluğunun artması elektrik direncinde artmaya neden olur. Dolayısıyla, sabit gerilim karakteristiğine sahip gazaltı kaynak makinelerinde, kaynak akımının şiddeti, tel sürme hızının artırılıp, azaltılmasıyla ayarlanır.



Şekil 5.2. Tel sürme hızı VD' ye bağlı olarak kaynak akımının değişimi

Bu sebeple kaynak işleminin düzgün bir şekilde yapılabilmesi için voltaj ve akım parametreleri, birlikte değerlendirilmelidir. Operatörün kaynak makinesi üzerinde yaptığı akım ve voltaj değişikliklerinin asıl amacı, ark boyunu ve yığma miktarını ayarlamaktır.

Gazaltı kaynak parametrelerinin, bağlantının mukavemetine etkilerinin saptanması için deneysel planın oluşturulmasında, gazaltı kaynak parametrelerinden kaynak akımı ve kaynak gerilimi üzerinde yapılacak değişiklikler, ark türünü ve yığma miktarını etkileyeceğinden, deneylerimizde kullanmayı hedeflediğimiz voltaj ve akım değerleri gruplar halinde incelenecektir. Yukarıda bahsettiğimiz gibi voltaj değerlerindeki değişiklik aynı zamanda ark boyunu etkilediğinden, voltajlar arasındaki farkı daha belirleyici yapmak adına, voltaj değerleri kısa ark, orta ark ve uzun ark olarak 3 farklı ark türü oluşturacak şekilde seçilecektir. Kaynak akımı için ise tel sürme hızını 3 farklı grup seçip, inceleyeceğiz.

3 farklı grup voltajın, 3 farklı akım grubu üzerindeki etkisini tamamen saptayabilmek amacıyla, sağ ve sol kaynak olarak 9+9=18 adet numune oluşturulacaktır. Bu 18 numune oluşturulurken kaynak hızı ortalama 40 cm/dk olarak sabit alınacaktır. Daha sonra bu deney sonuçları incelenip en mukavemetli numune bulunduktan sonra, bu parametrelerde 30 cm/dk ve 50 cm/dk hızda 2 numune parça daha kaynatılıp, son olarak hızın etkisi araştırılacaktır. Bu işlemler yapılırken, incelenecek olan parametreler haricinde diğer tüm parametreler sabit tutulacaktır.

Çizelge 5.1. Deneysel iş planı

Parametre No	Ark Türü	Ark Boyu	Tel Hızı (m/dk)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
1	Kısa	35	8	Sağ	40
2	Kısa	35	10	Sağ	40
3	Kısa	35	12	Sağ	40
4	Orta	50	8	Sağ	40
5	Orta	50	10	Sağ	40
6	Orta	50	12	Sağ	40
7	Uzun	65	8	Sağ	40
8	Uzun	65	10	Sağ	40
9	Uzun	65	12	Sağ	40
10	Kısa	35	8	Sol	40
11	Kısa	35	10	Sol	40
12	Kısa	35	12	Sol	40
13	Orta	50	8	Sol	40
14	Orta	50	10	Sol	40
15	Orta	50	12	Sol	40
16	Uzun	65	8	Sol	40
17	Uzun	65	10	Sol	40
18	Uzun	65	12	Sol	40

5.2. İş Parçası Özellikleri ve Şekli

Bu çalışmada iş parçası malzemesi olarak, 6 mm kalınlığında S700MC kalite malzeme kullanılmıştır. Bu malzemenin kullanılmasının nedeni, kaynak teli olarak kullandığımız SG2 malzemenin ortalama 540 N/mm² çekme dayanımına sahip olmasıdır. Çekme deneyi sonucunda kopmanın kaynak bağlantısından olmasını istediğimiz için öncelikle iş parçası malzemesinin dayanımının, kaynak malzemesinin dayanımından daha yüksek olması gerekir. Kullandığımız S700MC kalite malzemenin çekme dayanımı ortalama 700 N/mm²'dir, malzemenin kimyasal içeriği ise Çizelge 5.2' de verilmiştir.

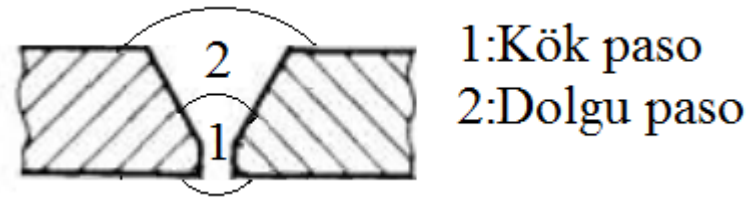
Çizelge 5.2. S700MC kalite malzeme için kimyasal içerik tablosu

	C %	Si %	Mn %	P %	S%	Al(min) %	Nb	V	Ti	Mo	B
S700MC	0,12	0,6	2,10	0,025	0,015	0,015	0,09	0,20	0,22	0,50	0,005

Çizelge 5.3. SG2 kalite kaynak teli için kimyasal içerik tablosu

	C %	Si %	Mn %	P %	S%	Cu %
SG2	0,07-0,10	0,7-1,0	1,4-1,6	<0,025	<0,025	<0,30

Çekme ve eğme deneyinde doğru bilgiler elde edebilmek için kaynak işlemi ile birleştirilecek malzemelerin hepsine aynı parametrelerde 1'er adet kök paso atılacaktır. Daha sonra ise deney parametrelerine uygun olarak 1'er adet dolgu paso atılacaktır (Şekil 5.3). Deney numunelerinin hepsi için pasolar arası sıcaklık ise standart 250 °C alınmıştır.



Şekil 5.3. Kök ve Dolgu paso



Şekil 5.4. Kök paso atma işlemi



Şekil 5.5. Kök paso atılmış iş parçası

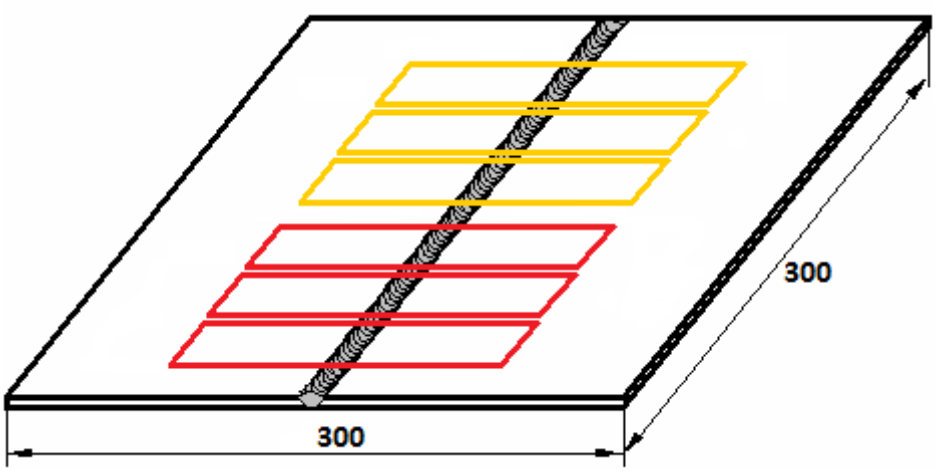


Şekil 5.6. Dolgu paso atma işlemi



Şekil 5.7. Dolgu paso atılmış iş parçası

Her deney için, kaynaklı birleştirmeden sonra yaklaşık 300x300x6 mm ebatlarında iş parçaları elde edilerek, iş parçalarından, uygun ölçülerde çekme deneyi ve eğme deneyinde kullanılmak üzere her deney için 3'er tane numune çıkartılacaktır (Şekil 5.8). Çıkarılan numunelerin her biri ultrasonik muayene cihazıyla kontrol edilecektir.



Şekil 5.8. Kaynak işlemi sonrası iş parçası

5.3. Deneyler Boyunca Sabit Tutulan Gazaltı Kaynak Parametreleri

Oluşturulan deneysel iş planının uygulanması sırasında sabit tutulacak gazaltı kaynak parametreleri Çizelge 5.4'de belirtilmiştir.

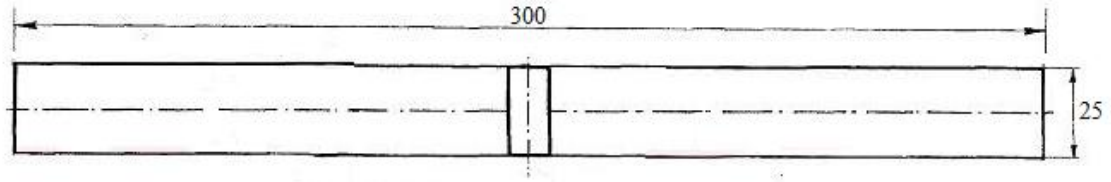
Çizelge 5.4. Deneyler boyunca sabit tutulan gazaltı kaynak parametreleri ve değerleri

Elektrot cinsi	Elektrot çapı (mm)	Kontakt memesi-iş parçası uzaklığı (mm)	Meme-iş parçası uzaklığı (mm)	Torç açısı (derece)	Koruyucu gaz türü	Koruyucu gaz debisi (lt/dk)
SG2	1,2	18	12	20°	%82 AR-%18 CO_2	12-14

5.4. Çekme Deneyi ve Çekme Deneyi Numunelerinin Hazırlanması

Çekme deneyi, genellikle malzemelerin mukavemeti hakkında tasarım bilgilerini belirlemek ve malzemelerin özelliklerine göre sınıflandırılmasını sağlamak amacıyla yapılır. Çekme deneyinde deney numunesi tek eksende ve sabit kabul edilebilecek bir hızda ve sıcaklıkta koparılıncaya kadar çekilir. Aynı zamanda numunenin uzaması kaydedilir.

Kaynaklı numunelerden çekme deneyi için, her kaynaklı parçadan, verilen ölçülere uygun olarak 3'er tane kesilecektir (Şekil 5.9).



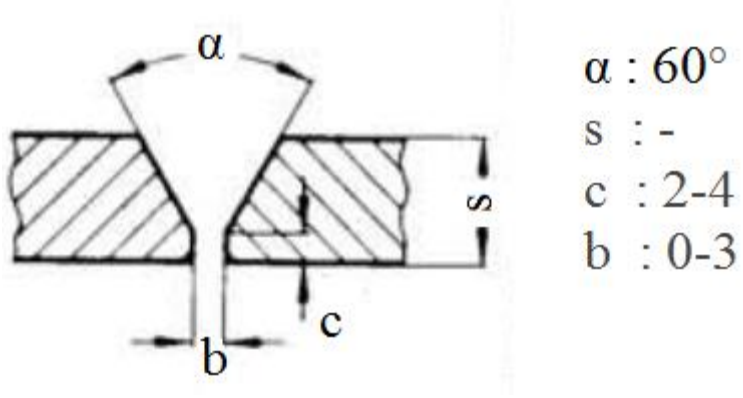
Şekil 5.9. Çekme deney numunesi

5.4.1. Çekme deneyi sonucunda kopmanın kaynak bağlantısından olması için yapılacak ön çalışmalar ve dikkat edilmesi gerekenler

Çekme deneyi sonucunda kopmanın kaynak bağlantısı üzerinde olması için, iş parçası çekme dayanımının, kaynak telinin çekme dayanımından yüksek olması gerekir (Kaçar ve ark., 2008). Ancak bu yeterli bir parametre değildir. Kopmanın kaynak bağlantısı üzerinde olmasına etki edecek kaynak ağzı şekli, ön ısıtma gibi başka parametreler de vardır.

5.4.1.1. Kaynak ağzı şekli

Kaynak işlemi ile birleştirilecek malzemelerin kaynak ağzı şekli Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Burada alfa açısı önemlidir. Çünkü alfa açısı büyürse kaynaklanacak malzemelerin maruz kalacağı ısı artacaktır. Bu da tanelerin irileşmesine ve kopmanın kaynak bağlantısı yerine ana malzemeden olmasına sebep olacaktır. Alfa açısı küçülürse de kaynak işlemi esnasında dolgu metali buraya nüfuz edemeyecektir. Bu bakımdan alfa açısı DIN 8551'e göre optimum değer olan 60° alınmıştır.

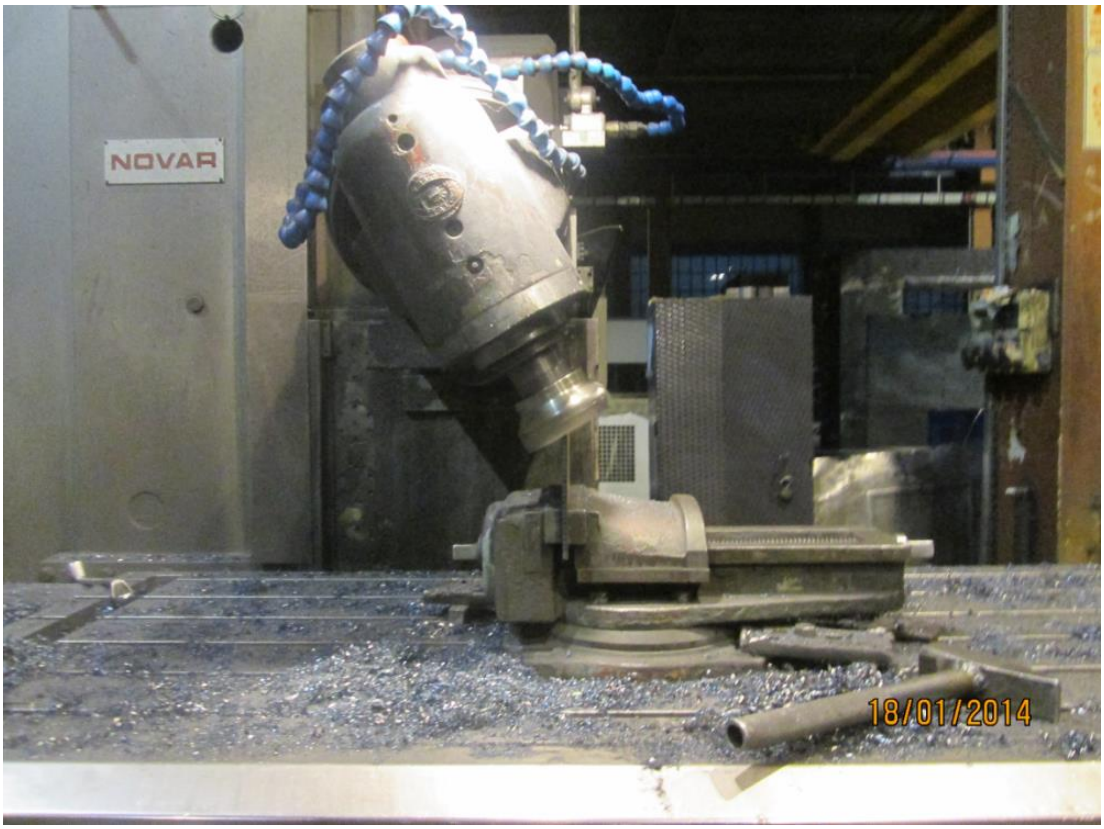


Şekil 5.10. DIN 8551'e uygun kaynak ağzı şekli

Malzemeye ısı girdisi olduğunda tane boyutunda değişiklikler olma ihtimali açısından kaynak ağzı açma işlemi için, malzemeye ısı girdisine sebep olan oksijen veya plazma ile kaynak ağzı açma yerine talaşlı imalat usullerinden frezeleme işlemi ile bu ağızlar açılmıştır (Şekil 5.11: 12: 13).



Şekil 5.11. DIN 8551'e uygun kaynak ağzı şekli için alın frezeleme işlemi



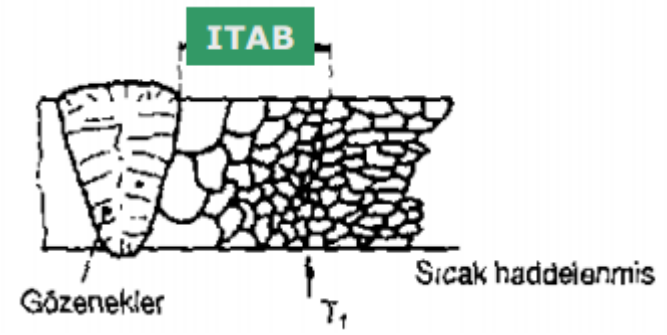
Şekil 5.12. DIN 8551'e uygun kaynak ağzı şekli için 60° yüzey frezeleme işlemi



Şekil 5.13. DIN 8551'e uygun kaynak ağzı şekli uygulanmış iş parçası

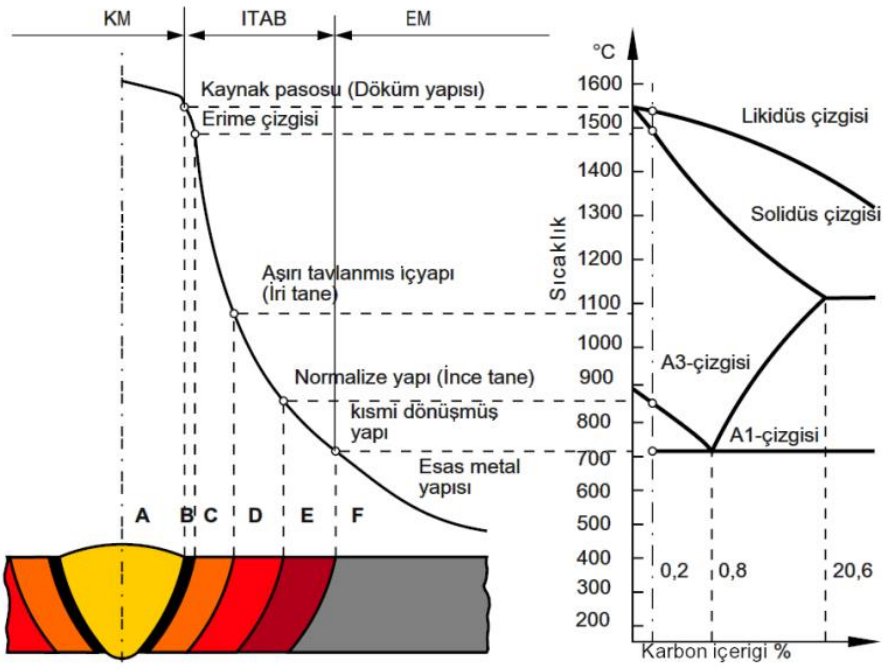
5.4.1.2. Ön Isıtmanın Kontrolü

Kaynak sırasında, kaynak banyosunun bulunduğu bölge ile kaynaklanan ana malzemenin birleştiği kısımda(ITAB) sıcaklık farkından dolayı soğuma sırasında (yaklaşık 1500-1100°C arasında) tane irileşmesi meydana gelmektedir (Lindgren, 2006) (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Isı tesiri altındaki bölge (ITAB)

Çekme deneyinde kopmanın nerede olacağının tayin edilebilmesi için buradaki tanelerin yapısı önemlidir (Atasoy ve ark., 1995). Kaynak işlemi sonucu oluşacak tane irileşmesinin kopmanın yerini değiştirebilecek kadar olup olmadığının kontrolü için deney numunelerine kaynak işleminden önce, ön ısıtma gerekip, gerekmediğinin araştırılması gerekmektedir.



Şekil 5.15. Kaynak dikişinin ortasından itibaren sıcaklık dağılımı ve tanelerin oluşumu

Deneysel planda bahsedilen parametreler ile kaynak işlemine geçmeden önce, 2 adet iş parçasından birine ön ısıtma yapmadan, diğerine ise 100 °C ile ön ısıtma yaparak Çizelge 5.5'deki belirtilen parametrelerde kaynak işlemi yapılıp çekme deneyinde test edilmiştir.

Çizelge 5.5. Ön ısıtma kontrol deneyi için kaynak parametreleri

Kaynak Pasosu	Elektrot Cinsi	Elektrot çapı (mm)	Akım Şiddeti (a)	Voltaj (V)	Tel Besleme Hızı (m/dk)	Koruyucu gaz türü	Koruyucu gaz debisi (lt/dk)
Kök Paso	SG2	1,2	170-180	17-18	5,5	%82 AR-%18 CO_2	12-14
Dolgu Paso	SG2	1,2	170-180	18-20	6	%82 AR-%18 CO_2	12-14



Şekil 5.16. Ön ısıtmasız kaynak işlemi yapılan iş parçası



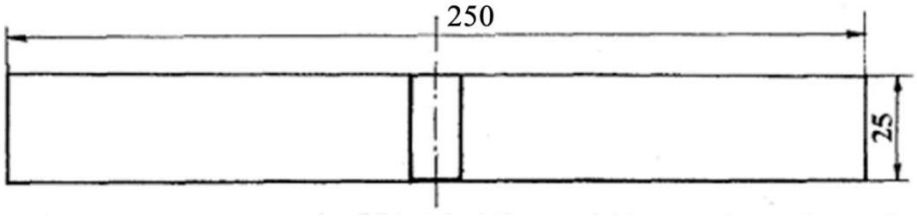
Şekil 5.17. Ön ısıtmalı(100˚C) kaynak işlemi yapılan iş parçası

Test sonucunda 2 iş parçasının da kaynak bağlantısından koptuğu gözlenmiş ve ön ısıtmanın gerekli olmadığı sonucuna varılmıştır.

5.5. Eğme Deneyi ve Eğme Deneyi Numunelerinin Hazırlanması

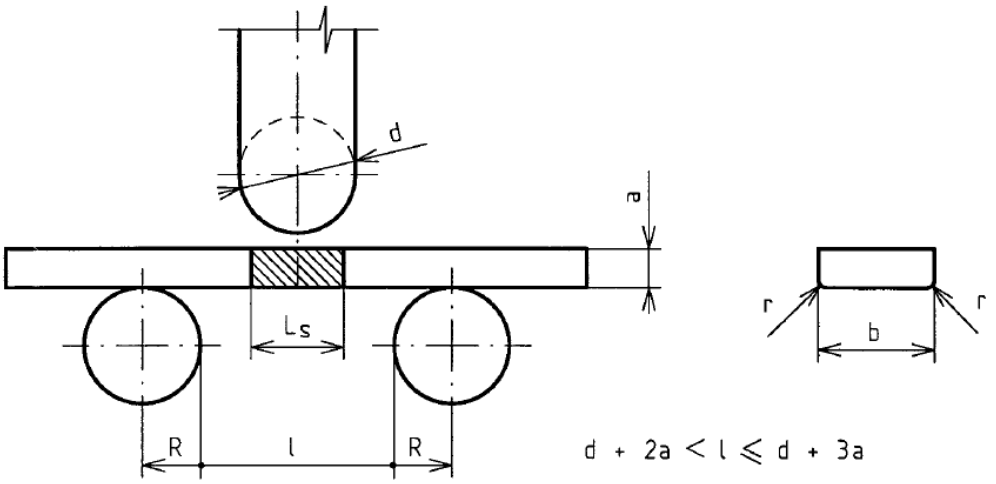
Eğmeye zorlanan bir çubuk boyunca, orta kısmındaki tarafsız eksenden çevreye doğru artarak kenar bölgece maksimum seviyeye ulaşan çekme ve basma gerilmeleri oluşur. Eğme deneyinde amaç kaynaklı veya kaynaksız numunelerin çatlamadan katlanabildiğini ve katlanamadığını tespit etmektir (Süzen, 2009).

Kaynaklı numunelerden eğme deneyi için, her kaynaklı parçadan, verilen ölçülere uygun olarak 3'er tane kesilecektir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. EN 910'a uygun olarak hazırlanmış eğme deney numunesi

EN 910'da belirtilen şartlara göre çekme cihazında yapılan eğme deneyi uygulanışı Şekil 5.19.'da gösterilmektedir.



Şekil 5.19. EN 910'a uygun eğme deney düzeneği

5.6. Ultrasonik Muayene

Ultrasonik muayenenin prensibi malzeme içerisine gönderilen yüksek frekanslı ses dalgalarının bir engele çarpıp geri yansımasıdır. Çarpma açısına bağlı olarak proba geri yansıyan sinyal ultrasonik muayene cihazının ekranında bir yankı belirtisi oluşturur. Yankının konumu, yansıtıcının(engelin) muayene parçası içindeki koordinatları hakkında bilgi verir. Ayrıca yankının yüksekliğine bakılarak yansıtıcının büyüklüğü, yankı sinyalinin şekline bakılarak da yansıtıcının türü hakkında bir yorum yapılabilir.

Deneylerimizde Şekil 5.20.'de görülen "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı kullanılmıştır.

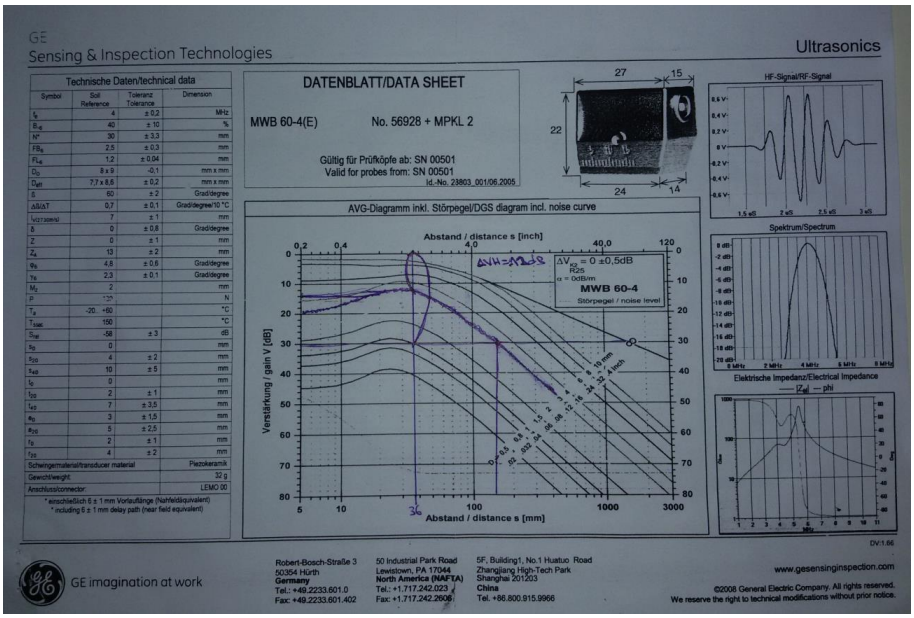


Şekil 5.20. GE Sensing & Inspection Technologies USM 35 ultrasonik muayene cihazı

Yapılan muayene işlemleri sırasında cihazımızın kalibrasyonu; yaklaşık 12 db büyüklüğündeki boşluk 3mm'ye, 6 db büyüklüğündeki boşluk ise 1,5mm'ye denk gelecek şekilde yapılmıştır. EN 10308 standartlarına göre kaynak içerisindeki 3 mm'den (12 db) daha büyük boşluklar hata olarak sınıflandırılmıştır.



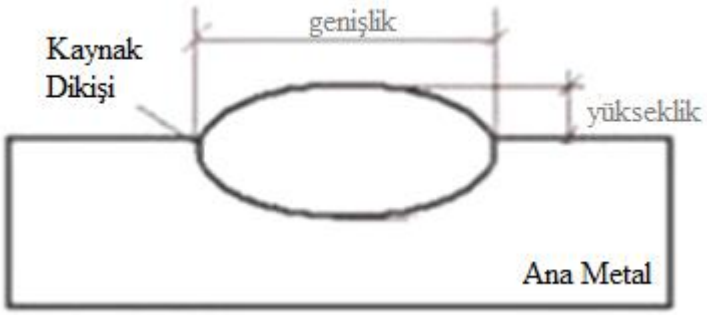
Şekil 5.21. USM 35 ultrasonik muayene cihazı kalibrasyon mastarı



Şekil 5.22. USM 35 ultrasonik muayene cihazı kalibrasyon diyagramı

5.7. Kaynak Nüfuziyeti ve Dikiş Profili

Hazırlanan numuneler 400, 600, 800 ve 1200 nolu zımparalar ile zımparalanmış ve parlatılmıştır. Daha sonra numuneler HCL çözeltisi ile dağlanmıştır. Hazırlanan numunelerin kaynak dikiş profilleri ve nüfuziyetleri makro olarak incelenmiştir.



Şekil 5.23. Kaynak dikiş profili

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çizelge 5.1.'deki deneysel plana uygun olarak iş parçaları birleştirilmiştir. Birleştirme işlemi daha önce belirttiğimiz gibi her numune için aynı özelliklere sahip, bir adet kök paso ve her bir numune için farklı özelliklere sahip bir adet dolgu paso olacak şekilde yapılmıştır. Bu esnada her bir birleştirme için ark gerilimi ve ark akımı değerleri kaydedilmiş olup, Çizelge 6.1.'de gösterilmiştir. Bu birleştirmeler elle yapılarak bu tezin sanayide daha geniş kitlelerce faydalanılabilir olması düşünülmüştür.

Çizelge 6.1. Her birleştirme için ark gerilimi ve ark akımı değerleri

Parametre No	Ark Türü	Ark Boyu	Ark Gerilimi (Volt)	Tel Hızı (m/dk)	Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
1	Kısa	35	21,6	8	216	Sağ	40
2	Kısa	35	22,9	10	255	Sağ	40
3	Kısa	35	25,0	12	269	Sağ	40
4	Orta	50	26,0	8	210	Sağ	40
5	Orta	50	28,5	10	240	Sağ	40
6	Orta	50	29,9	12	266	Sağ	40
7	Uzun	65	29,7	8	277	Sağ	40
8	Uzun	65	32,1	10	270	Sağ	40
9	Uzun	65	34,0	12	291	Sağ	40
10	Kısa	35	21,5	8	216	Sol	40
11	Kısa	35	22,9	10	255	Sol	40
12	Kısa	35	25,0	12	269	Sol	40
13	Orta	50	26,0	8	211	Sol	40
14	Orta	50	27,5	10	260	Sol	40
15	Orta	50	29,9	12	266	Sol	40
16	Uzun	65	30,3	8	234	Sol	40
17	Uzun	65	31,9	10	240	Sol	40
18	Uzun	65	33,6	12	286	Sol	40

Deneysel planda bahsedildiği gibi ark boyundaki artış ark geriliminin artmasına, tel sürme hızındaki artış ise ark akımının artmasına neden olmuştur. Bu gerilim ve akım değişikliklerin bağlantının mukavemetine etkilerini araştırmak için her bir bağlantıdan 3 adet çekme, 3 adet eğme numunesi alınıp önce ultrasonik muayene işlemine tabi tutulmuştur. Ultrasonik muayene işlemi sonucunda "sağlam" olarak onaylanan numuneler çekme ve eğme testlerine tabi tutulmuştur. Her birleştirmeden elde edilen çekme ve eğme sonuçları kayıt edilip, kaynak dikiş profilleri ve nüfuziyetleri incelenerek, sağ ve sol numuneler için en mukavemetli birleştirmeler tespit edilmiştir. Daha sonra bu birleştirme parametreleri için 30 cm/dk ve 50 cm/dk hızlarda birer birleştirme daha yapılıp, kaynak hızın etkisi tespit edilmiştir.

6.1. 1 Numaralı Parametre Özellikleri

1 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. 1 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
1	Kısa Ark	35	21,6	8	216	Sağ	40



Şekil 6.1. 1 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.1.1. 1 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

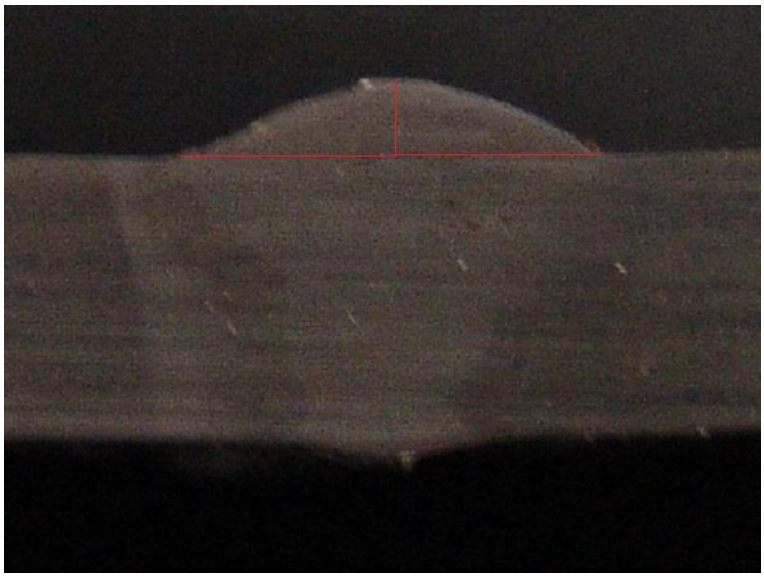
1 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.3. 1 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
1	1-1	Yok				Sağlam
1	1-2	Yok				Sağlam
1	1-3	1 Adet	3 db	Boşluk	2 mm	Sağlam
1	1-4	1 Adet	12 db	Boşluk	2 mm	Sağlam
1	1-5	1 Adet	10 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
1	1-6	1 Adet	8 db	Boşluk	1 mm	Sağlam

6.1.2. 1 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

1 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte iyi düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 8,84mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,64mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.2. 1 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.1.3. 1 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

1 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. 1 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

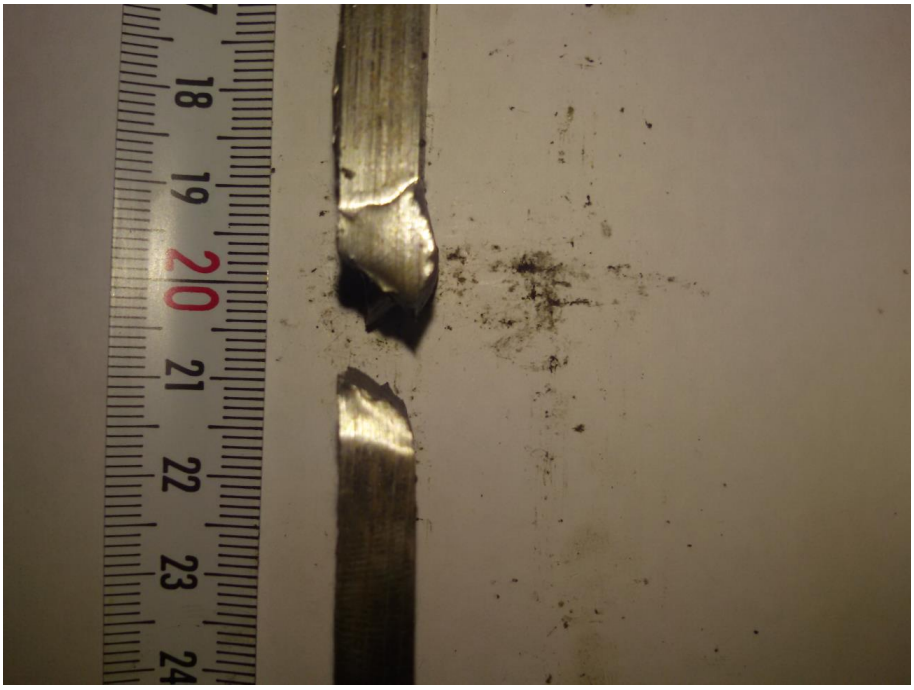
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
1-1	3,4	Gözlenmedi
1-2	3,4	Gözlenmedi
1-3	3,5	Gözlenmedi

6.1.4. 1 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

1 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.5. 1 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
1-4	115,0	112,0	Kaynak Dikişi	109,8	105,0
1-5	115,5	109,0	Kaynak Dikişi		
1-6	99,0	94,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.3. 1 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.2. 2 Numaralı Parametre Özellikleri

2 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.6.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.6. 2 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
2	Kısa Ark	35	22,9	10	255	Sağ	40



Şekil 6.4. 2 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.2.1. 2 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

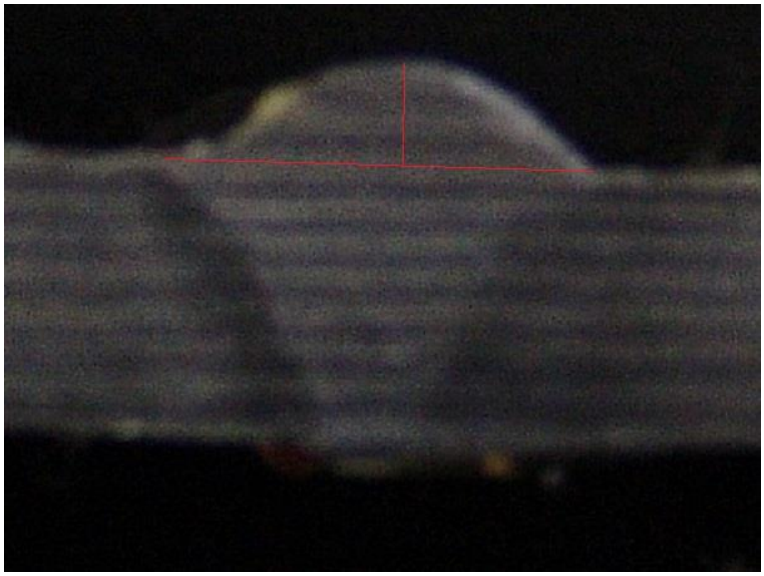
2 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.7. 2 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
2	2-1	Yok				Sağlam
2	2-2	1 Adet	4 db	Boşluk	5 mm	Sağlam
2	2-3	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
2	2-4	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
2	2-5	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
2	2-6	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam

6.2.2. 2 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

2 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise kararlı ve iyi düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 9,10mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 2,17mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.5. 2 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.2.3. 2 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

2 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8. 2 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

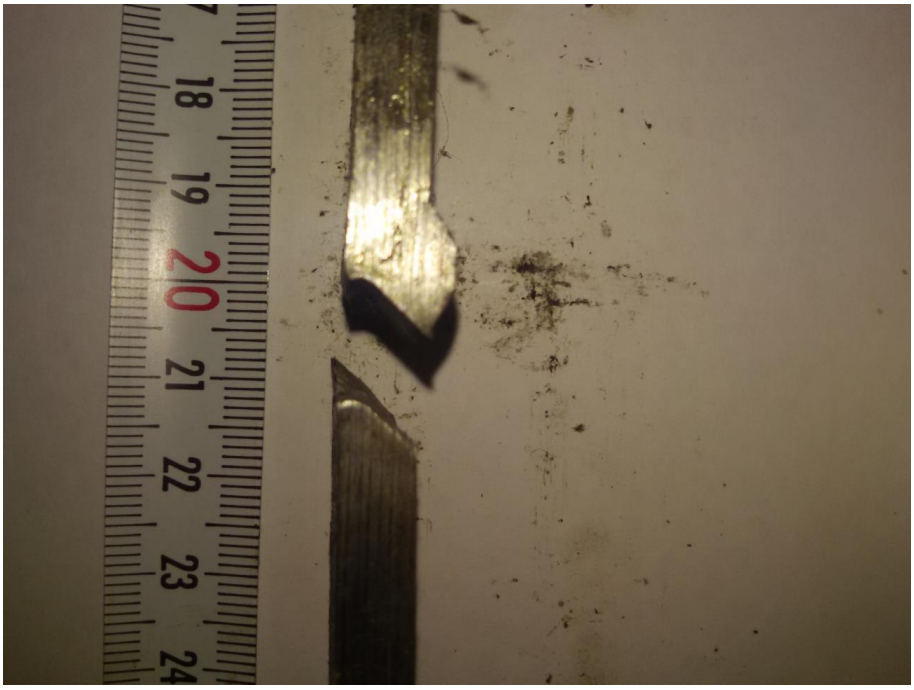
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
2-1	3,5	Gözlenmedi
2-2	3,4	Gözlenmedi
2-3	3,5	Gözlenmedi

6.2.4. 2 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

2 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.9. 2 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
2-4	117,2	114,5	Kaynak Dikişi	110,2	107,5
2-5	112,0	109,0	Kaynak Dikişi		
2-6	101,5	99,0	Kaynak Dikişi		



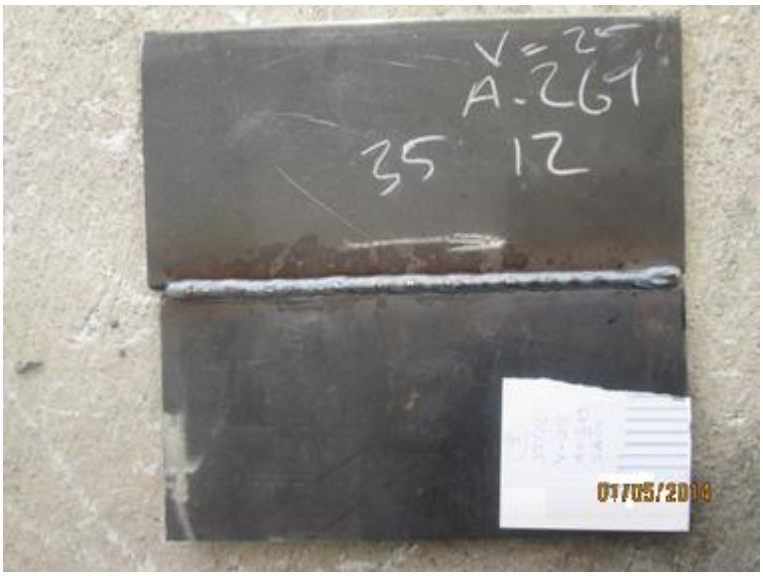
Şekil 6.6. 2 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.3. 3 Numaralı Parametre Özellikleri

3 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.10.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.10. 3 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
3	Kısa Ark	35	25,0	12	269	Sağ	40



Şekil 6.7. 3 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.3.1. 3 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

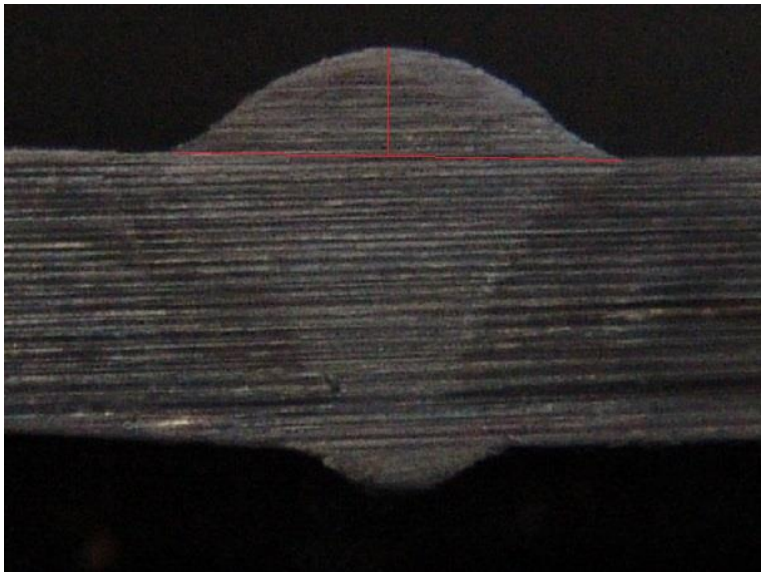
3 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.11. 3 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
3	3-1	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
3	3-2	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
3	3-3	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
3	3-4	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
3	3-5	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
3	3-6	1 Adet	10 db	Çatlak	ITAB	Sağlam

6.3.2. 3 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

3 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet çok iyi, yanal nüfuziyet ise kararlı ve iyi düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 9,47mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 2,33mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.8. 3 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.3.3. 3 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

3 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.12.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.12. 3 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

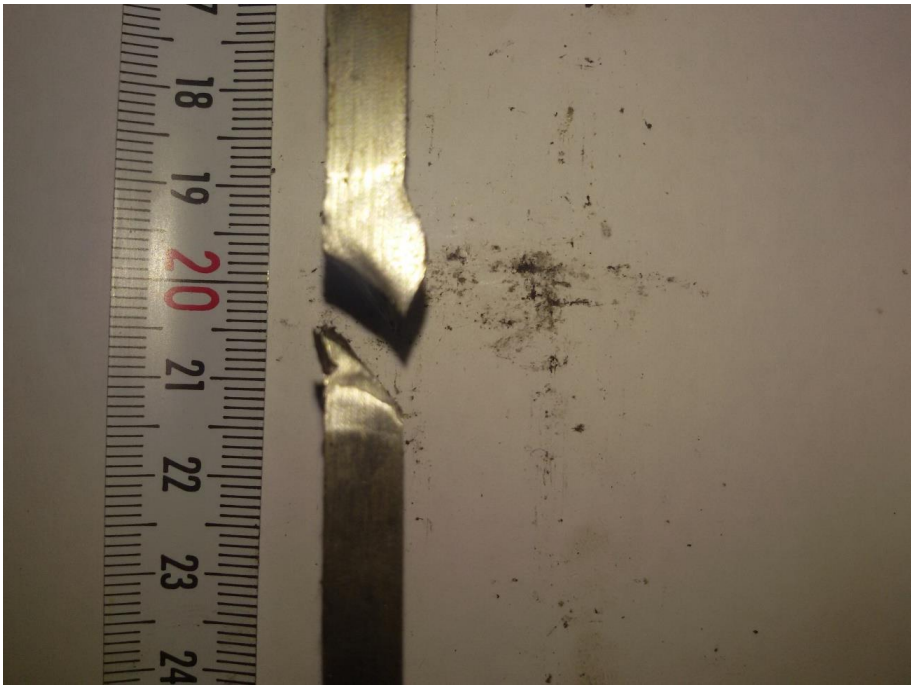
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
3-1	3,4	Gözlenmedi
3-2	3,5	Gözlenmedi
3-3	3,6	Gözlenmedi

6.3.4. 3 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

3 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.13. 3 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
3-4	114,5	100,0	Kaynak Dikişi	115,3	100,0
3-5	115,5	98,0	Kaynak Dikişi		
3-6	116,0	102,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.9. 3 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.4. 4 Numaralı Parametre Özellikleri

4 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.14.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.14. 4 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
4	Orta Ark	50	26,0	8	210	Sağ	40



Şekil 6.10. 4 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.4.1. 4 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

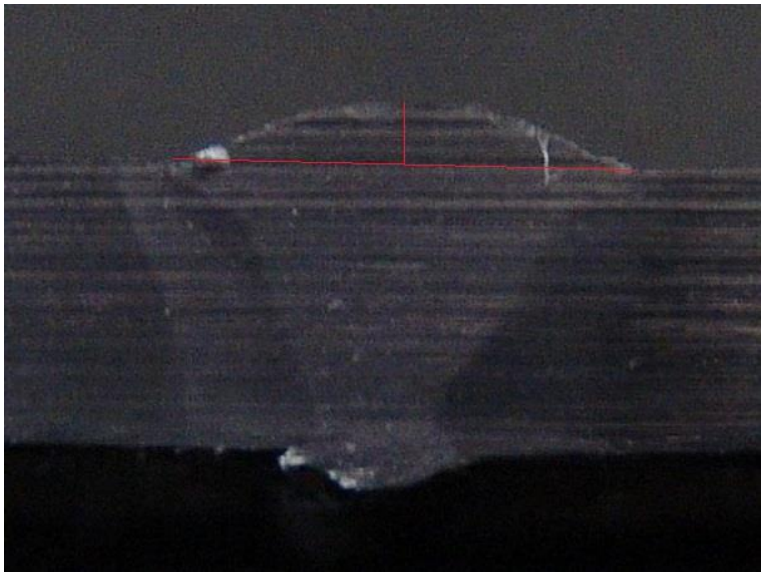
4 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.15. 4 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
4	4-1	Yok				Sağlam
4	4-2	Yok				Sağlam
4	4-3	Yok				Sağlam
4	4-4	Yok				Sağlam
4	4-5	1 Adet	8 db	Boşluk	1,5 mm	Sağlam
4	4-6	1 Adet	4 db	Boşluk	4 mm	Sağlam

6.4.2. 4 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

4 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte orta düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 9,79mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,35mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.11. 4 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.4.3. 4 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

4 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.16.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.16. 4 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

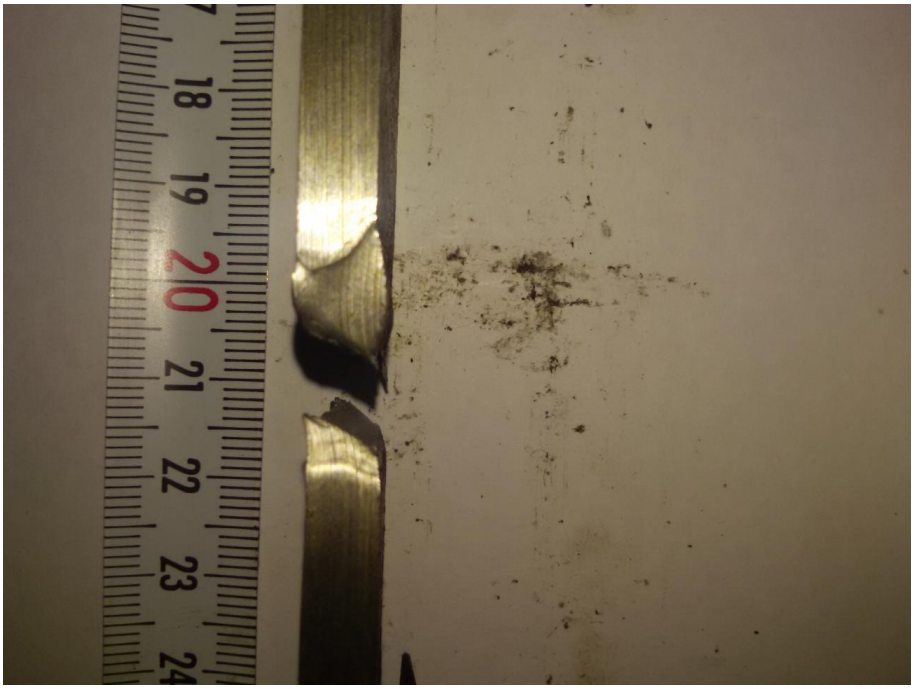
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
4-1	3,5	Gözlenmedi
4-2	3,4	Gözlenmedi
4-3	3,3	Gözlenmedi

6.4.4. 4 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

4 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.17. 4 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
4-4	114,0	95,0	Kaynak Dikişi	112,7	102,7
4-5	114,5	107,0	Kaynak Dikişi		
4-6	109,5	106,0	Kaynak Dikişi		



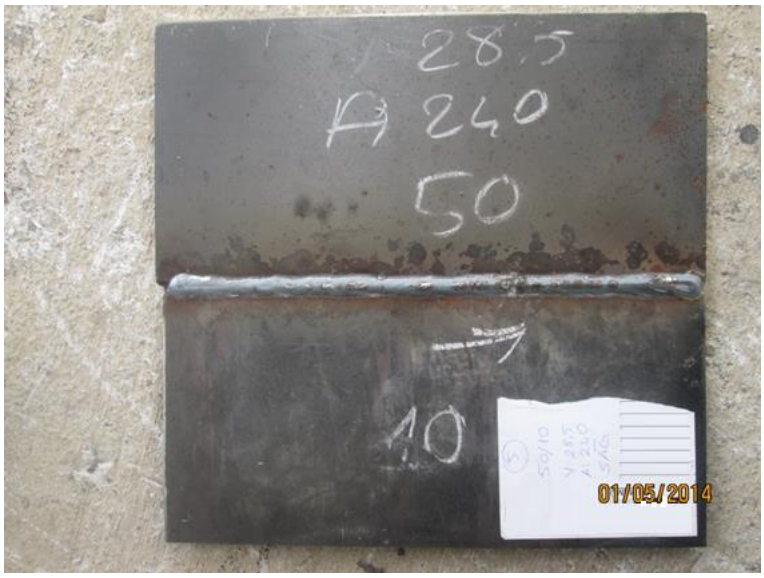
Şekil 6.12. 4 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.5. 5 Numaralı Parametre Özellikleri

5 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.18.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.18. 5 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
5	Orta Ark	50	28,5	10	240	Sağ	40



Şekil 6.13. 5 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.5.1. 5 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

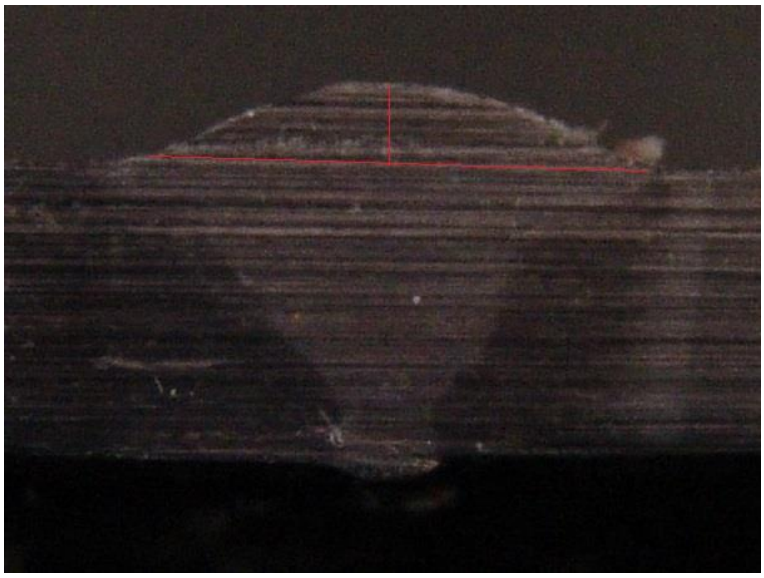
5 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.19. 5 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
5	5-1	1 Adet	8 db	Boşluk	1,5 mm	Sağlam
5	5-2	Yok				Sağlam
5	5-3	Yok				Sağlam
5	5-4	1 Adet	2 db	Boşluk	1,5 mm	Sağlam
5	5-5	1 Adet	2 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
5	5-6	Yok				Sağlam

6.5.2. 5 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

5 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet orta, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte orta düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 10,56mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,75mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.14. 5 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.5.3. 5 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

5 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.20.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.20. 5 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

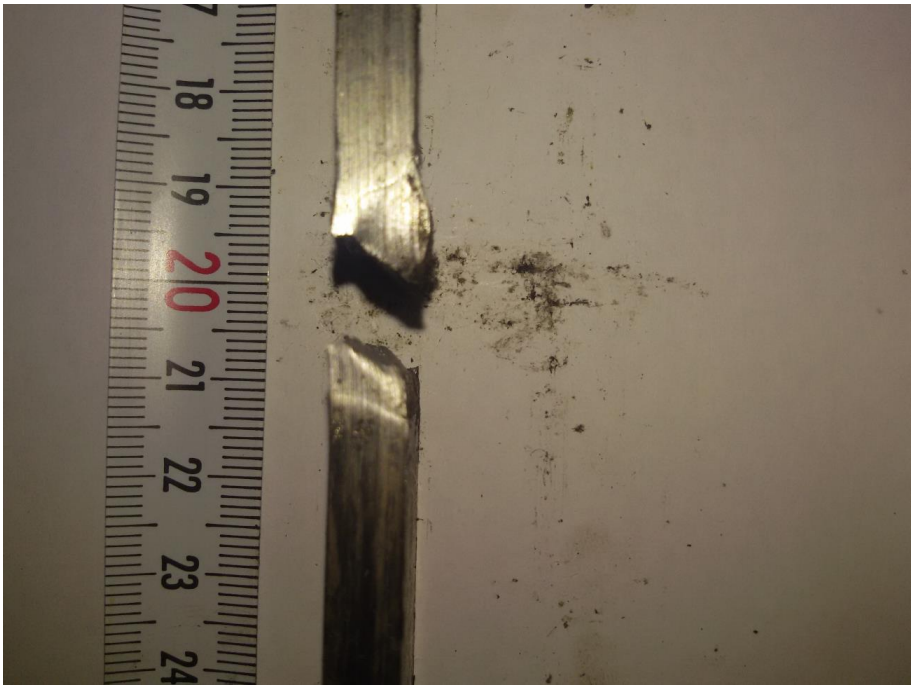
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
5-1	3,3	Gözlenmedi
5-2	3,4	Gözlenmedi
5-3	3,4	Gözlenmedi

6.5.4. 5 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

5 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.21. 5 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
5-4	116,0	109,0	Kaynak Dikişi	107,7	98,7
5-5	92,5	84,0	Kaynak Dikişi		
5-6	114,5	103,0	Kaynak Dikişi		



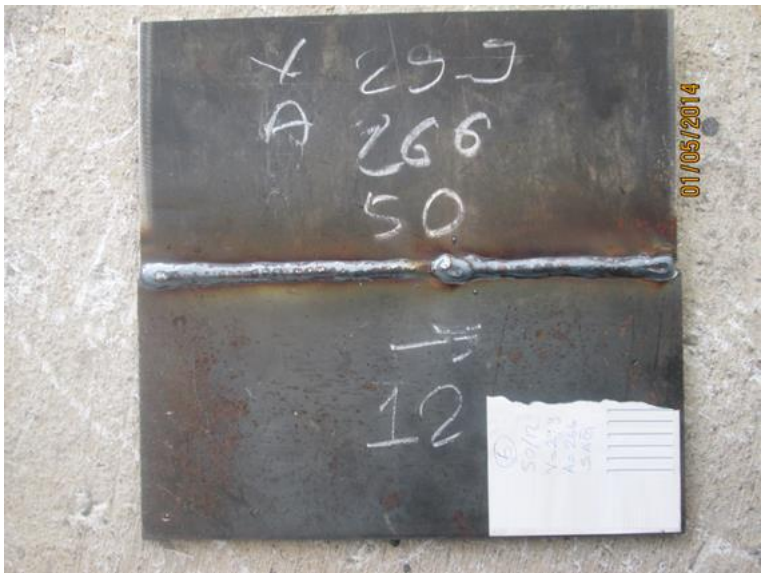
Şekil 6.15. 5 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.6. 6 Numaralı Parametre Özellikleri

6 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.22.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.22. 6 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
6	Orta Ark	50	29,9	12	266	Sağ	40



Şekil 6.16. 6 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.6.1. 6 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

6 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.23. 6 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
6	6-1	1 Adet	3 db	Çatlak	ITAB	Sağlam
6	6-2	Yok				Sağlam
6	6-3	Yok				Sağlam
6	6-4	Yok				Sağlam
6	6-5	1 Adet	8 db	Boşluk	2 mm	Sağlam
6	6-6	1 Adet	13 db	Boşluk	2,5 mm	Hata

6.6.2. 6 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

6 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet orta, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte kötü düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 9,85mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 2,46mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.17. 6 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.6.3. 6 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

6 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.24.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.24. 6 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

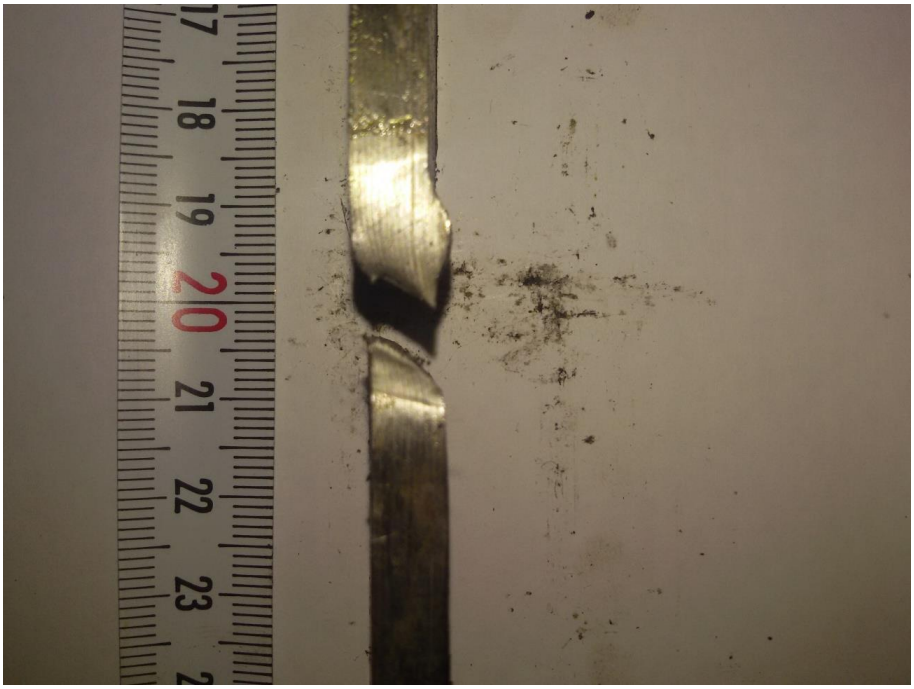
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
6-1	3,3	Gözlenmedi
6-2	3,5	Gözlenmedi
6-3	3,4	Gözlenmedi

6.6.4. 6 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

6 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.25. 6 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
6-4	113,5	102,0	Kaynak Dikişi	106,3	88,0
6-5	91,0	57,0	Kaynak Dikişi		
6-6	114,5	105,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.18. 6 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.7. 7 Numaralı Parametre Özellikleri

7 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.26.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.26. 7 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
7	Uzun Ark	65	29,7	8	277	Sağ	40



Şekil 6.19. 7 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.7.1. 7 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

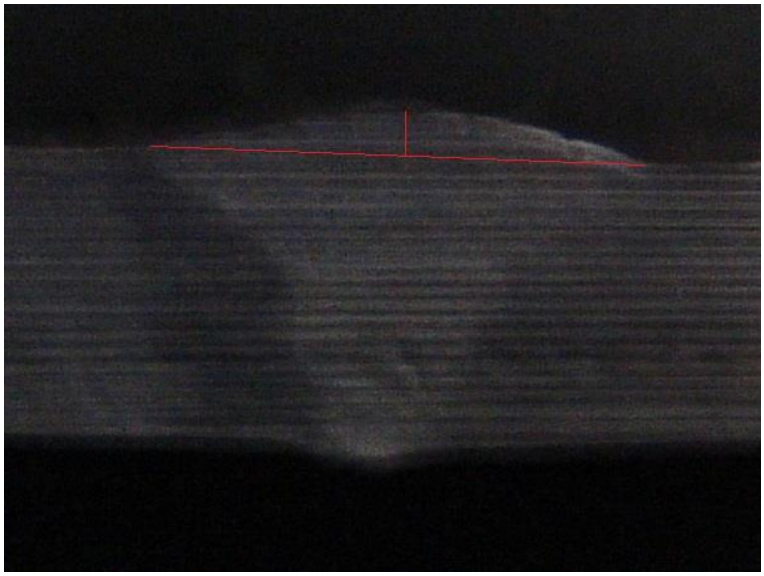
7 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.27. 7 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
7	7-1	Yok				Sağlam
7	7-2	1 Adet	20 db	Boşluk	4 mm	Hata
7	7-3	3 Adet	2 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
7	7-4	Yok				Sağlam
7	7-5	Yok				Sağlam
7	7-6	1 Adet	7 db	Boşluk	1,5 mm	Sağlam

6.7.2. 7 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

7 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet orta, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte iyi düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 10,42mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 0,95mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.20. 1 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.7.3. 7 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

7 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.28.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.28. 7 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

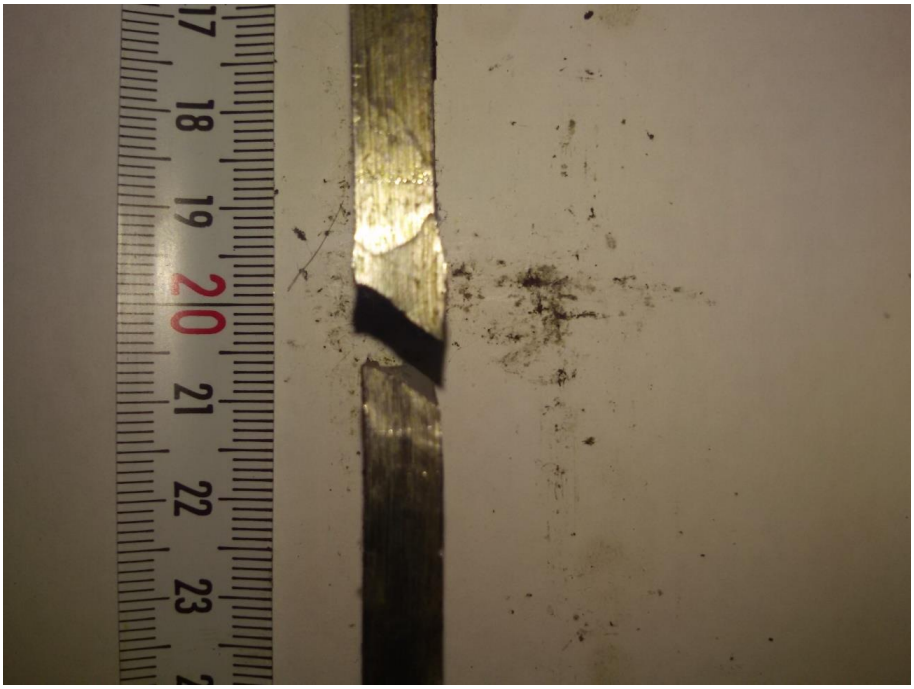
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
7-1	3,5	Gözlenmedi
7-2	3,3	Gözlenmedi
7-3	3,4	Gözlenmedi

6.7.4. 7 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

7 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.29. 7 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
7-4	98,7	68,0	Kaynak Dikişi	95,2	76,3
7-5	99,3	84,0	Kaynak Dikişi		
7-6	87,5	77,0	Kaynak Dikişi		



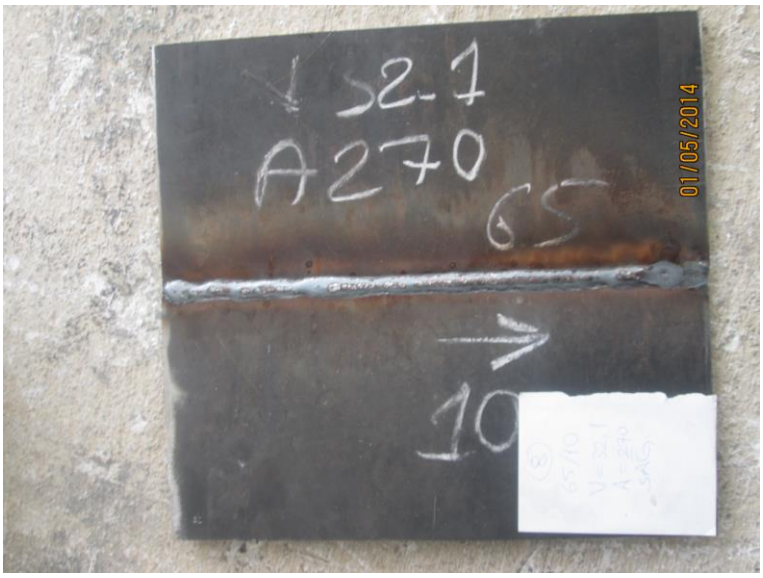
Şekil 6.21. 7 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.8. 8 Numaralı Parametre Özellikleri

8 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.30.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.30. 8 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
8	Uzun Ark	65	32,1	10	270	Sağ	40



Şekil 6.22. 8 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.8.1. 8 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

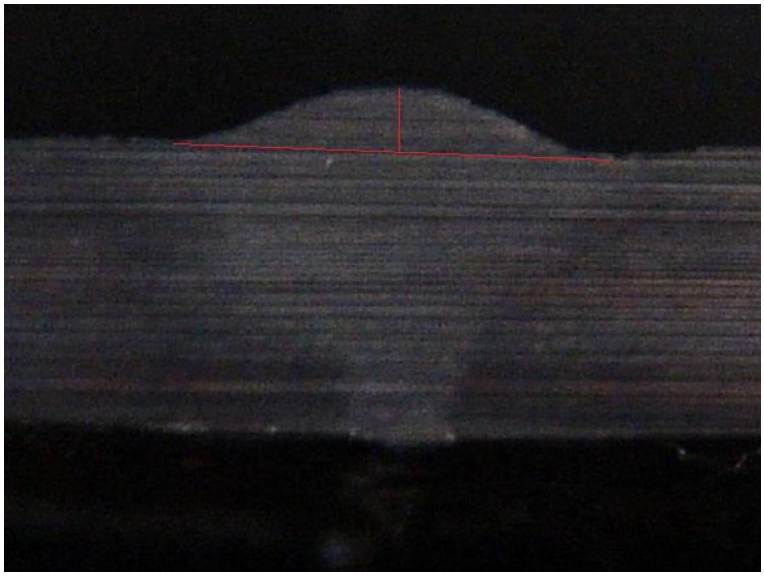
8 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.31. 8 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
8	8-1	1 Adet	10 db	Boşluk	5 mm	Sağlam
8	8-2	Yok				Sağlam
8	8-3	Yok				Sağlam
8	8-4	Yok				Sağlam
8	8-5	Yok				Sağlam
8	8-6	Yok				Sağlam

6.8.2. 8 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

8 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet kötü, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte iyi düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 10,49mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,35mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.23. 8 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.8.3. 8 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

8 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.32.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.32. 8 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

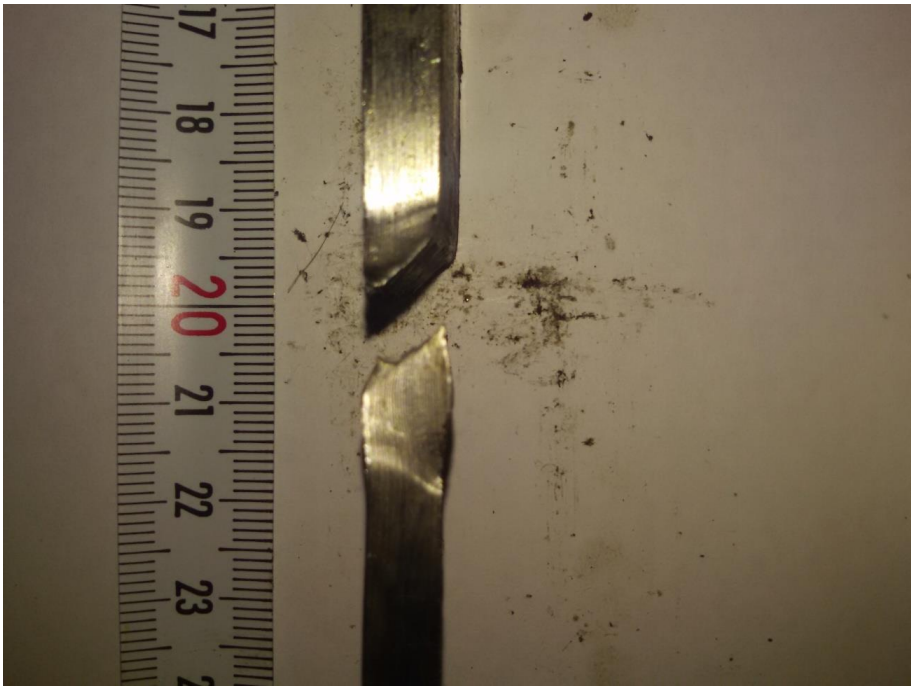
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
8-1	3,4	Gözlenmedi
8-2	3,5	Gözlenmedi
8-3	3,5	Gözlenmedi

6.8.4. 8 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

8 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.33. 8 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
8-4	99,3	94,0	Kaynak Dikişi	100,5	91,0
8-5	110,5	104,0	Kaynak Dikişi		
8-6	91,8	75,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.24. 8 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.9. 9 Numaralı Parametre Özellikleri

9 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.34.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.34. 9 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
9	Uzun Ark	65	34,0	12	291	Sağ	40



Şekil 6.25. 9 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.9.1. 9 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

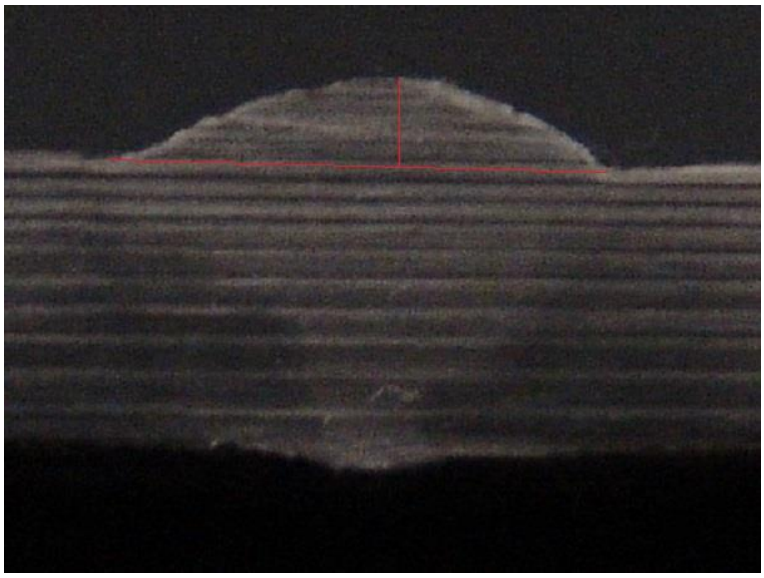
9 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.35. 9 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
9	9-1	Yok				Sağlam
9	9-2	1 Adet	2 db	Boşluk	3,5 mm	Sağlam
9	9-3	1 Adet	3 db	Boşluk	2,5 mm	Sağlam
9	9-4	Yok				Sağlam
9	9-5	Yok				Sağlam
9	9-6	2 Adet	8 db	Boşluk	ITAB	Sağlam

6.9.2. 9 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

9 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet kötü, yanal nüfuziyet ise kararsız olmakla birlikte çok iyi düzeydedir. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 10,53mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,93mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.26. 9 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.9.3. 9 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

9 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.36.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.36. 9 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

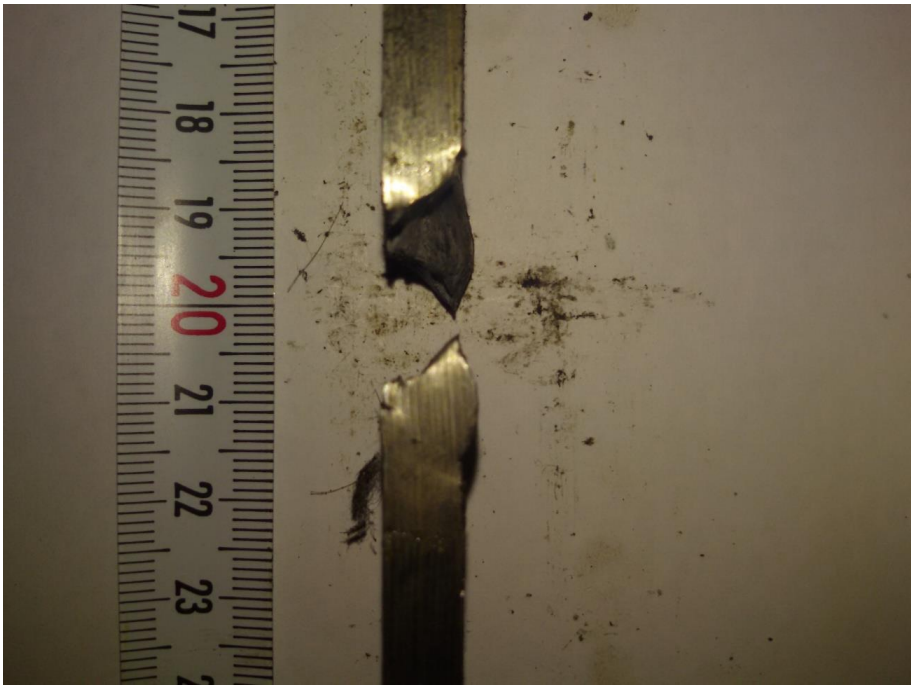
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
9-1	3,3	Gözlenmedi
9-2	3,3	Gözlenmedi
9-3	3,3	Gözlenmedi

6.9.4. 9 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

9 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.37. 9 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
9-4	98,5	79,0	Kaynak Dikişi	97,8	80,2
9-5	99,0	87,5	Kaynak Dikişi		
9-6	96,0	74,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.27. 9 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.10. 10 Numaralı Parametre Özellikleri

10 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.38.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.38. 10 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
10	Kısa Ark	35	21,5	8	216	Sol	40



Şekil 6.28. 10 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.10.1. 10 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

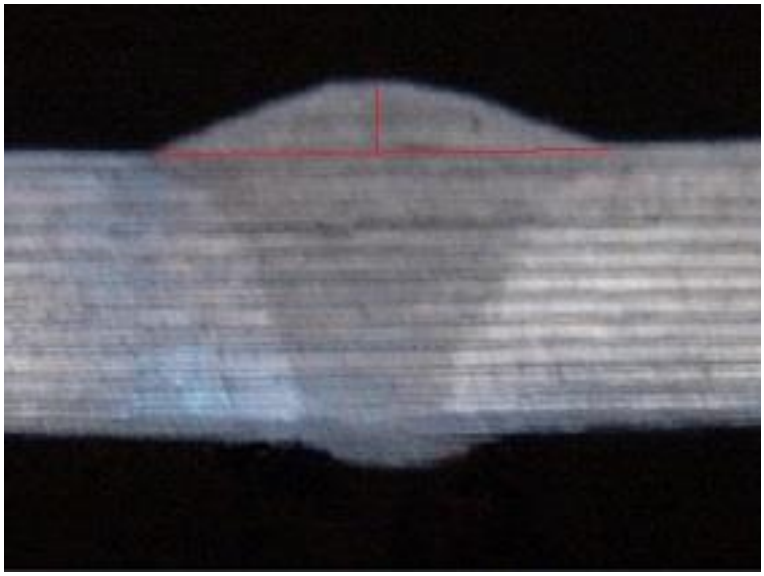
10 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.39. 10 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
10	10-1	2 Adet	8 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
10	10-2	Yok				Sağlam
10	10-3	Yok				Sağlam
10	10-4	Yok				Sağlam
10	10-5	Yok				Sağlam
10	10-6	Yok				Sağlam

6.10.2. 10 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

10 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet çok iyi, yanal nüfuziyet ise iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 9,57mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,42mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.29. 10 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.10.3. 10 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

10 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.40.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.40. 10 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

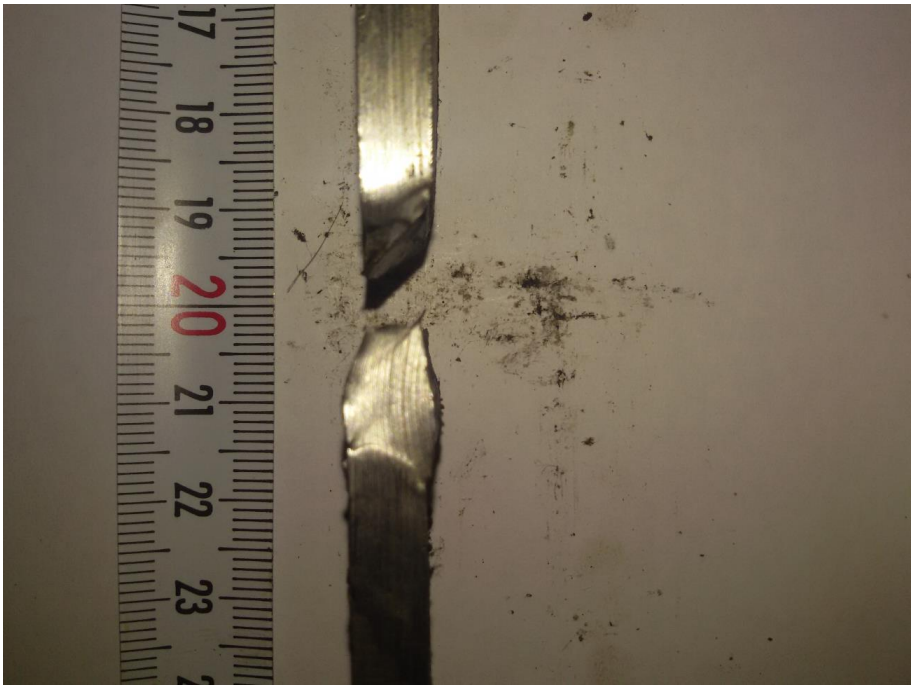
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
10-1	3,3	Gözlenmedi
10-2	3,5	Gözlenmedi
10-3	3,5	Gözlenmedi

6.10.4. 10 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

10 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.41. 10 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
10-4	115,0	109,0	Kaynak Dikişi	110,5	103,3
10-5	109,4	103,0	Kaynak Dikişi		
10-6	107,0	98,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.30. 10 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.11. 11 Numaralı Parametre Özellikleri

11 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.42.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.42. 11 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
11	Kısa Ark	35	22,9	10	255	Sol	40



Şekil 6.31. 11 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.11.1. 11 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

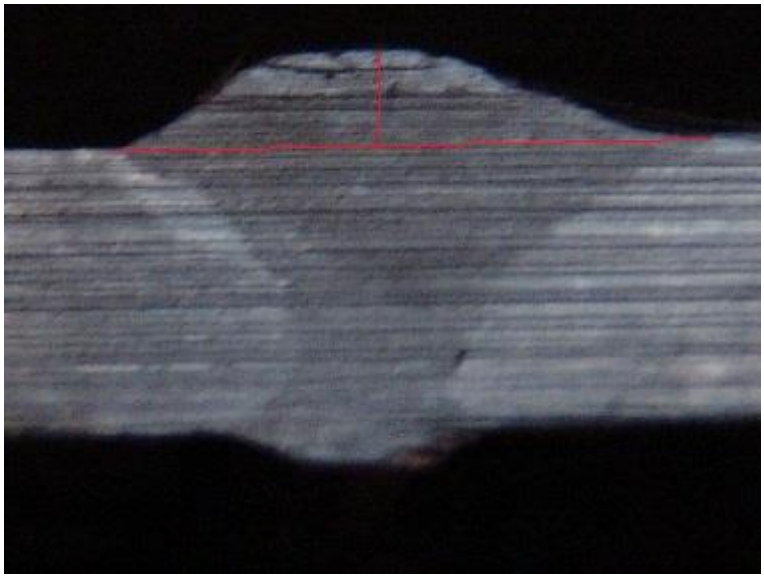
11 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.43. 11 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
11	11-1	1 Adet	6 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
11	11-2	1 Adet	4 db	Boşluk	4 mm	Sağlam
11	11-3	1 Adet	10 db	Boşluk	2,5 mm	Sağlam
11	11-4	1 Adet	6 db	Boşluk	4 mm	Sağlam
11	11-5	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
11	11-6	1 Adet	7 db	Boşluk	5 mm	Sağlam

6.11.2. 11 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

11 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet çok iyi, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 12,79mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 2,01mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.32. 11 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.11.3. 11 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

11 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.44.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.44. 11 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

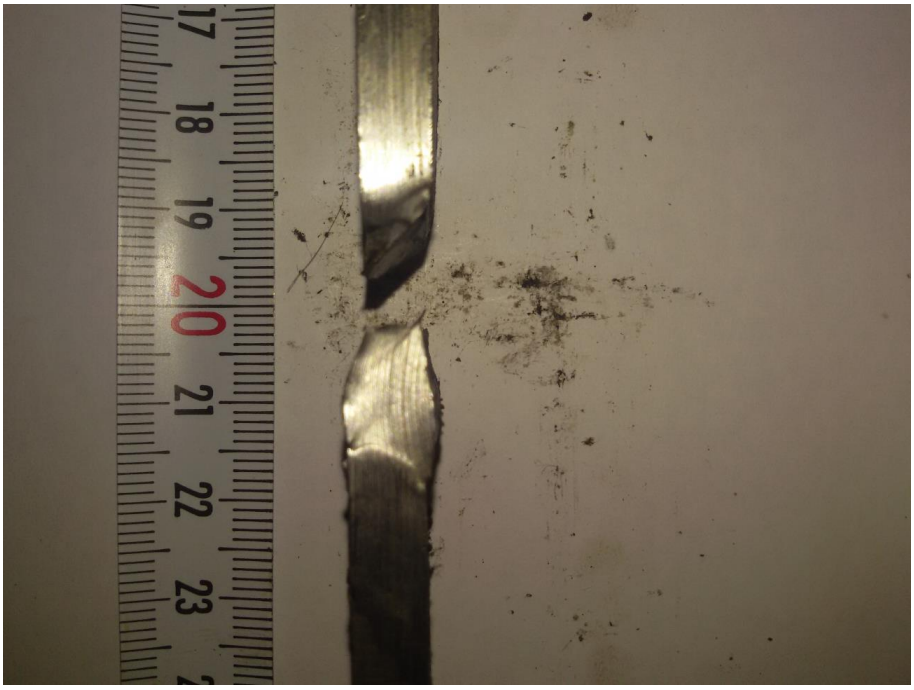
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
11-1	3,3	Gözlenmedi
11-2	3,4	Gözlenmedi
11-3	3,3	Gözlenmedi

6.11.4. 11 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

11 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.45. 11 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
11-4	117,7	110,0	Kaynak Dikişi	117,4	110,3
11-5	116,2	106,0	Kaynak Dikişi		
11-6	118,4	115,0	Kaynak Dikişi		



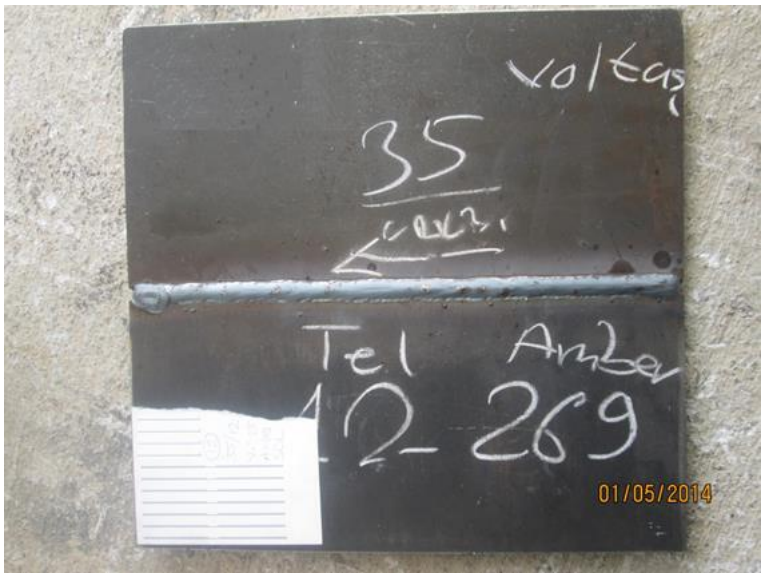
Şekil 6.33. 11 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.12. 12 Numaralı Parametre Özellikleri

12 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.46.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.46. 12 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
12	Kısa Ark	35	25,0	12	269	Sol	40



Şekil 6.34. 12 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.12.1. 12 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

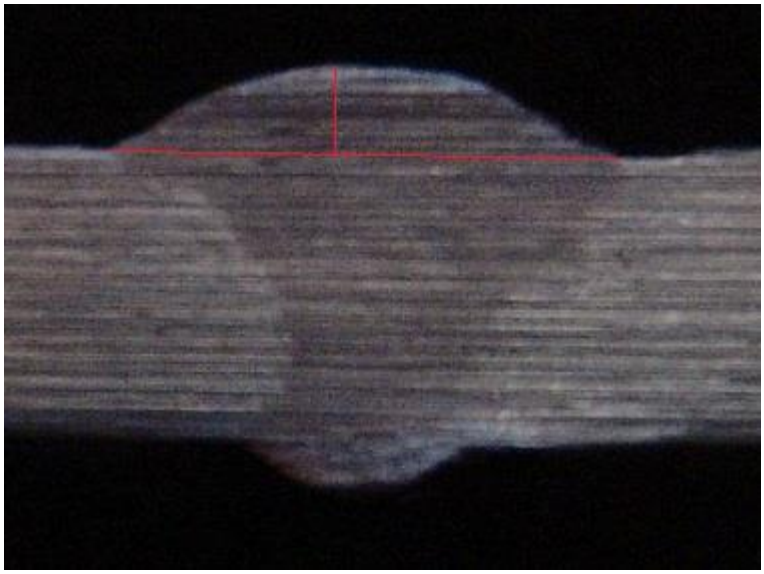
12 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.47. 12 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
12	12-1	3 Adet	4 db	Boşluk	2 mm	Sağlam
12	12-2	1 Adet	6 db	Boşluk	4,5 mm	Sağlam
12	12-3	1 Adet	4 db	Boşluk	4 mm	Sağlam
12	12-4	1 Adet	6 db	Boşluk	5 mm	Sağlam
12	12-5	1 Adet	8 db	Boşluk	3,5 mm	Sağlam
12	12-6	Yok				Sağlam

6.12.2. 12 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

12 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet çok iyi, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 11,52mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 2,05mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.35. 12 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.12.3. 12 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

12 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.48.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.48. 12 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

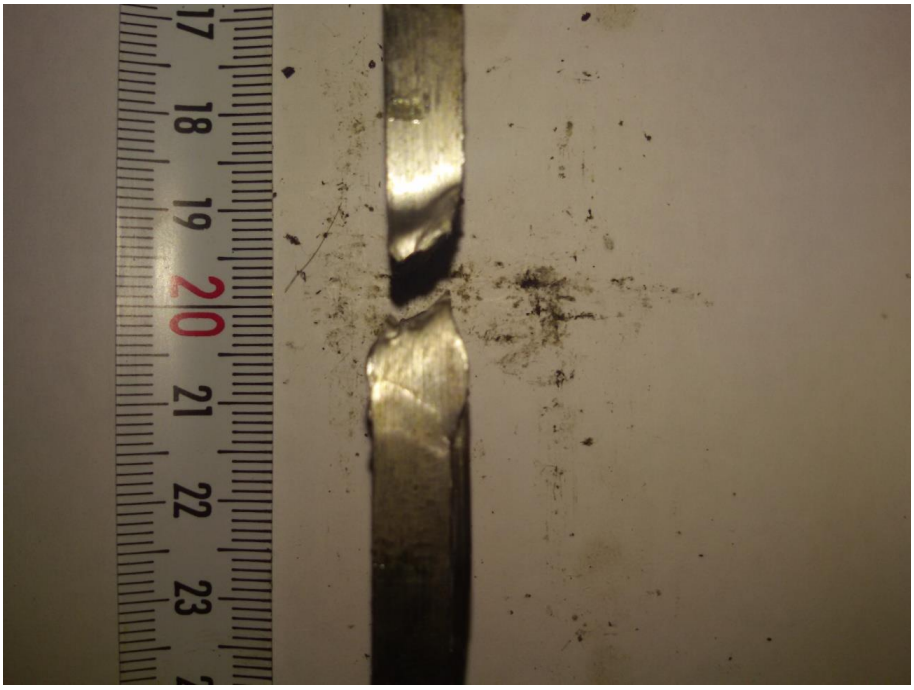
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
12-1	3,4	Gözlenmedi
12-2	3,4	Gözlenmedi
12-3	3,3	Gözlenmedi

6.12.4. 12 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

12 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.49. 12 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
12-4	115,0	107,0	Kaynak Dikişi	110,2	101,7
12-5	110,0	100,0	Kaynak Dikişi		
12-6	105,5	98,0	Kaynak Dikişi		



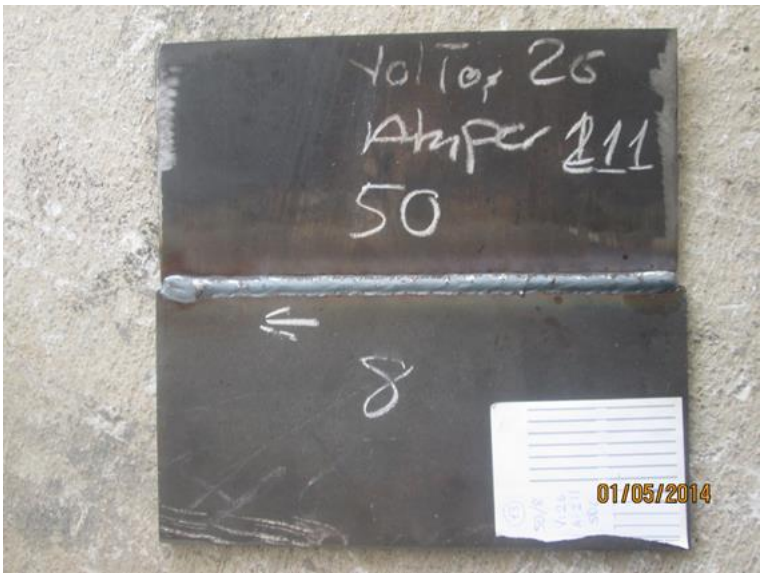
Şekil 6.36. 12 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.13. 13 Numaralı Parametre Özellikleri

13 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.50.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.62. 13 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
13	Orta Ark	50	26,0	8	211	Sol	40



Şekil 6.37. 13 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.13.1. 13 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

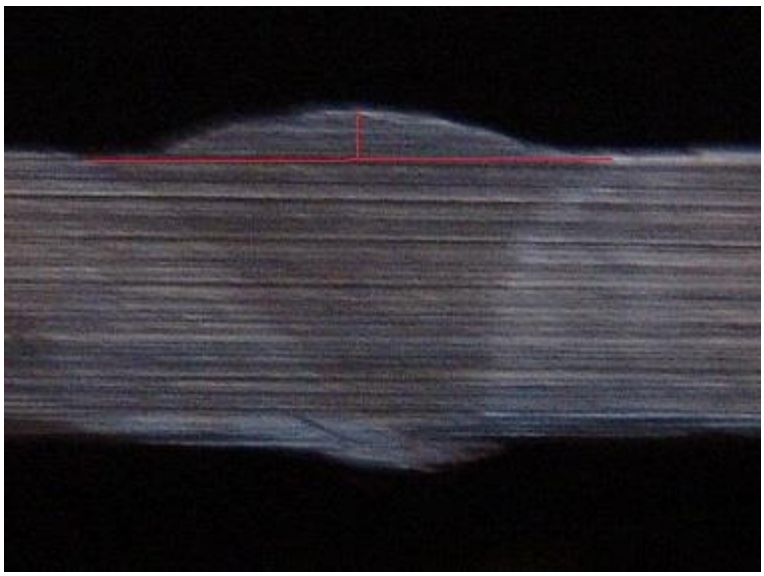
13 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.51. 13 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
13	13-1	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
13	13-2	Yok				Sağlam
13	13-3	1 Adet	7 db	Boşluk	5 mm	Sağlam
13	13-4	Yok				Sağlam
13	13-5	Yok				Sağlam
13	13-6	Yok				Sağlam

6.13.2. 13 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

13 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 11,84mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,16mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.38. 13 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.13.3. 13 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

13 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.52.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.52. 13 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

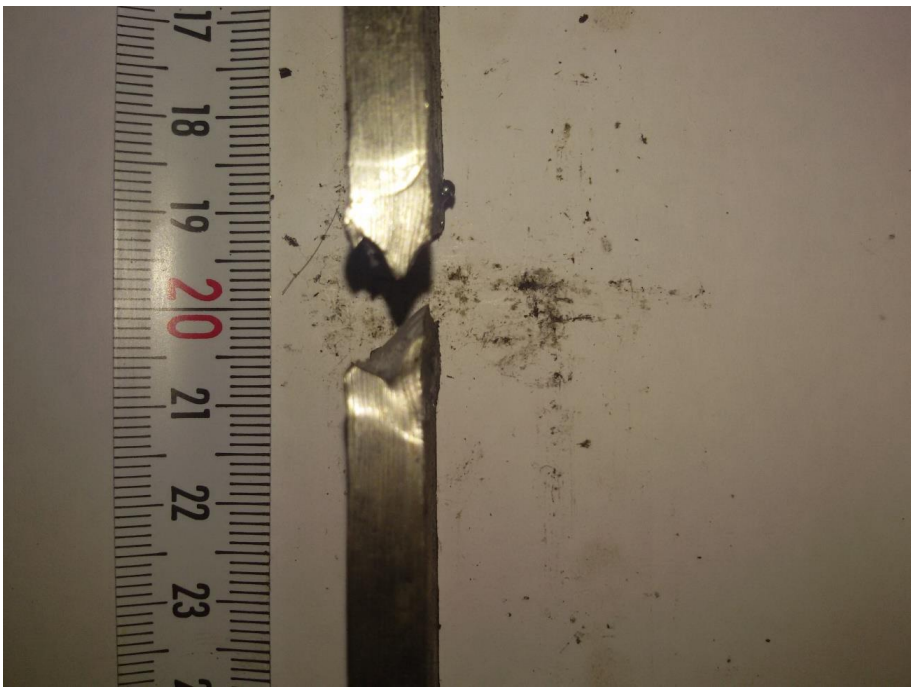
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
13-1	3,3	Gözlenmedi
13-2	3,4	Gözlenmedi
13-3	3,3	Gözlenmedi

6.13.4. 13 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

13 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.53. 13 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
13-4	104,5	99,0	Kaynak Dikişi	110,3	96,7
13-5	112,5	96,0	Kaynak Dikişi		
13-6	114,0	95,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.39. 13 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.14. 14 Numaralı Parametre Özellikleri

14 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.54.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.54. 14 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
14	Orta Ark	50	27,5	10	260	Sol	40



Şekil 6.40. 14 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.14.1. 14 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

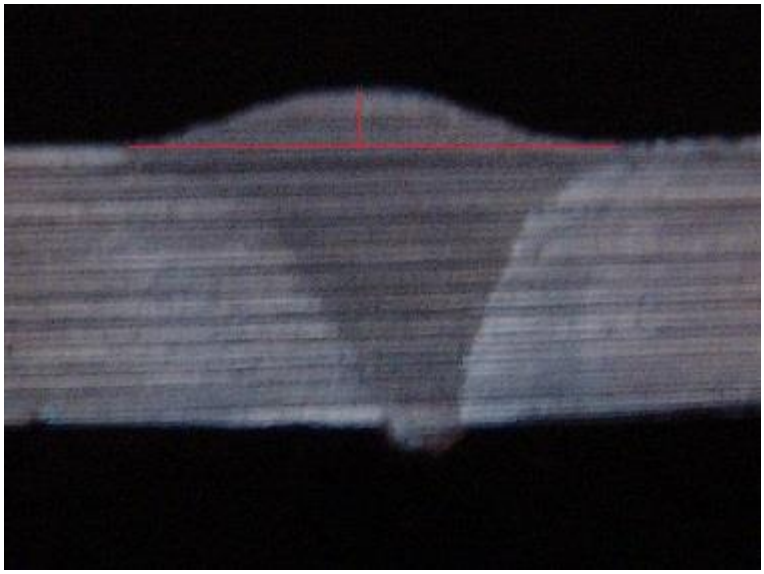
14 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.55. 14 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
14	14-1	1 Adet	4 db	Boşluk	4,5 mm	Sağlam
14	14-2	3 Adet	2 db	Boşluk	1 mm	Sağlam
14	14-3	Yok				Sağlam
14	14-4	Yok				Sağlam
14	14-5	1 Adet	6 db	Boşluk	4 mm	Sağlam
14	14-6	Muht.	0,5 db	Gözenek		Sağlam

6.14.2. 14 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

14 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet orta, yanal nüfuziyet ise iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 11,00mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,26mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.41. 14 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.14.3. 14 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

14 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.56.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.56. 14 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

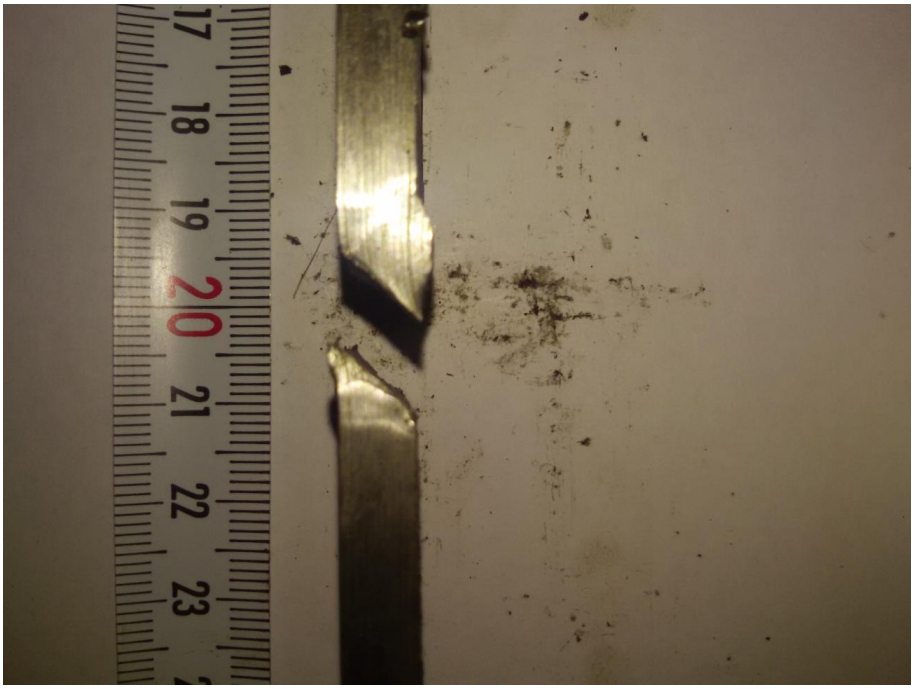
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
14-1	3,3	Gözlenmedi
14-2	3,3	Gözlenmedi
14-3	3,5	Gözlenmedi

6.14.4. 14 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

14 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.57. 14 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
14-4	105,5	102,0	Kaynak Dikişi	107,2	97,0
14-5	113,0	100,0	Kaynak Dikişi		
14-6	103,0	89,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.42. 14 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.15. 15 Numaralı Parametre Özellikleri

15 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.58.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.58. 15 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
15	Orta Ark	50	29,9	12	266	Sol	40



Şekil 6.43. 15 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.15.1. 15 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

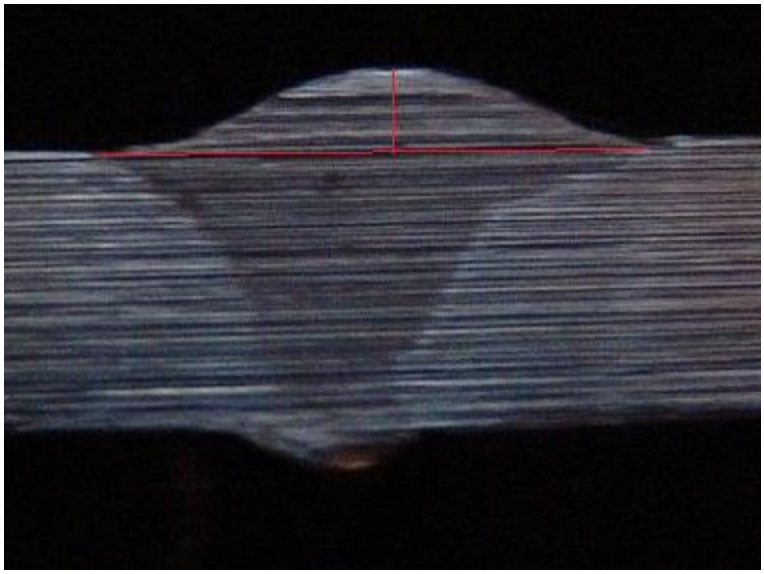
15 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.59. 15 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
15	15-1	Yok				Sağlam
15	15-2	1 Adet	6 db	Boşluk	4,5 mm	Sağlam
15	15-3	Yok				Sağlam
15	15-4	1 Adet	2 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
15	15-5	Yok				Sağlam
15	15-6	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam

6.15.2. 15 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

15 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 12,16mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,90mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.44. 15 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.15.3. 15 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

15 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.60.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.60. 15 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

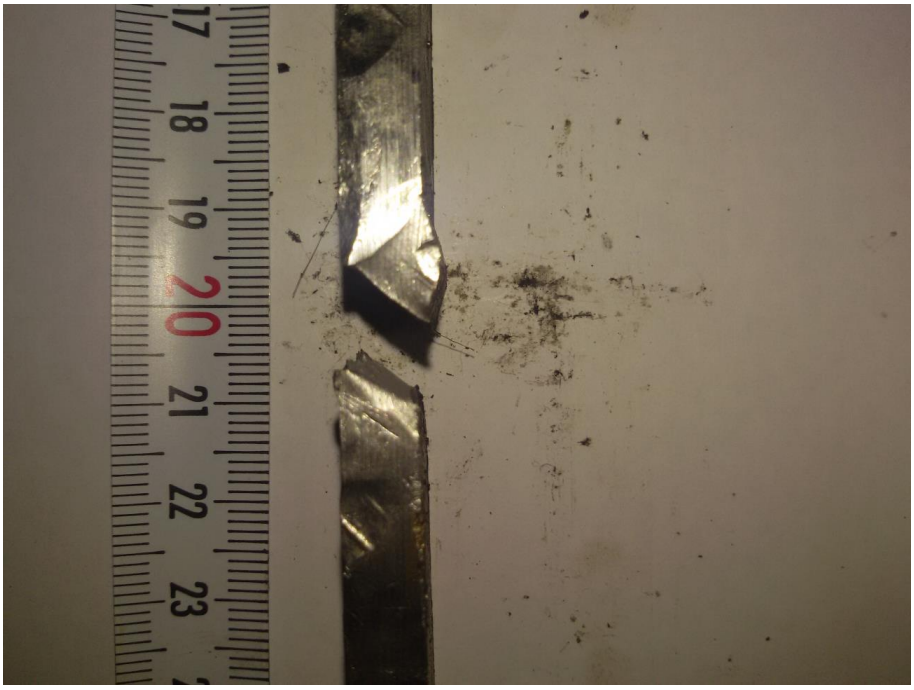
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
15-1	3,4	Gözlenmedi
15-2	3,3	Gözlenmedi
15-3	3,4	Gözlenmedi

6.15.4. 15 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

15 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.61. 15 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
15-4	115,5	99,0	Kaynak Dikişi	106,5	94,0
15-5	94,0	83,0	Kaynak Dikişi		
15-6	110,0	100,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.45. 15 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.16. 16 Numaralı Parametre Özellikleri

16 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.62.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.62. 16 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
16	Uzun Ark	65	30,3	8	234	Sol	40



Şekil 6.46. 16 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.16.1. 16 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

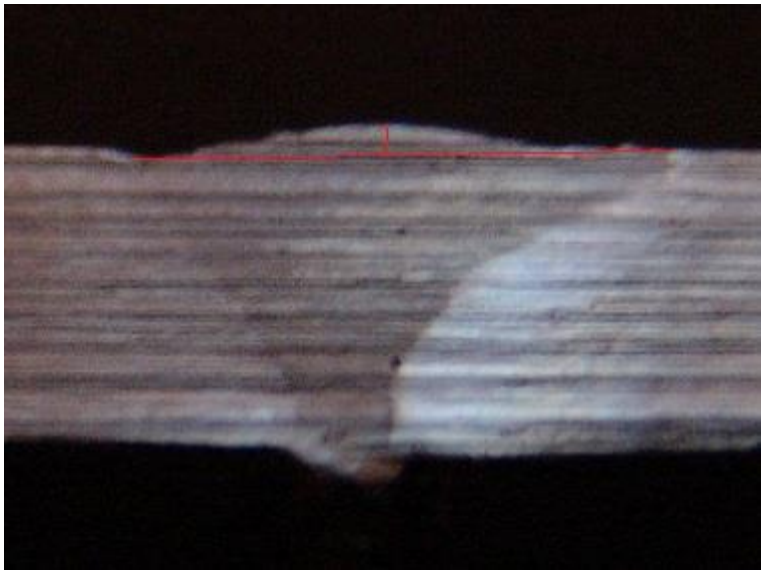
16 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.63. 16 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
16	16-1	2 Adet	2 db	Boşluk	5 mm	Sağlam
16	16-2	3 Adet	2 db	Boşluk	3 mm	Sağlam
16	16-3	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
16	16-4	1 Adet	8 db	Boşluk	1 mm	Sağlam
16	16-5	1 Adet	18 db	Boşluk	2,5 mm	Hata
16	16-6	1 Adet	13 db	Boşluk	1,5 mm	Hata

6.16.2. 16 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

16 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet orta, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 11,64mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 0,68mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.47. 16 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.16.3. 16 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

16 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.64.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.64. 16 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

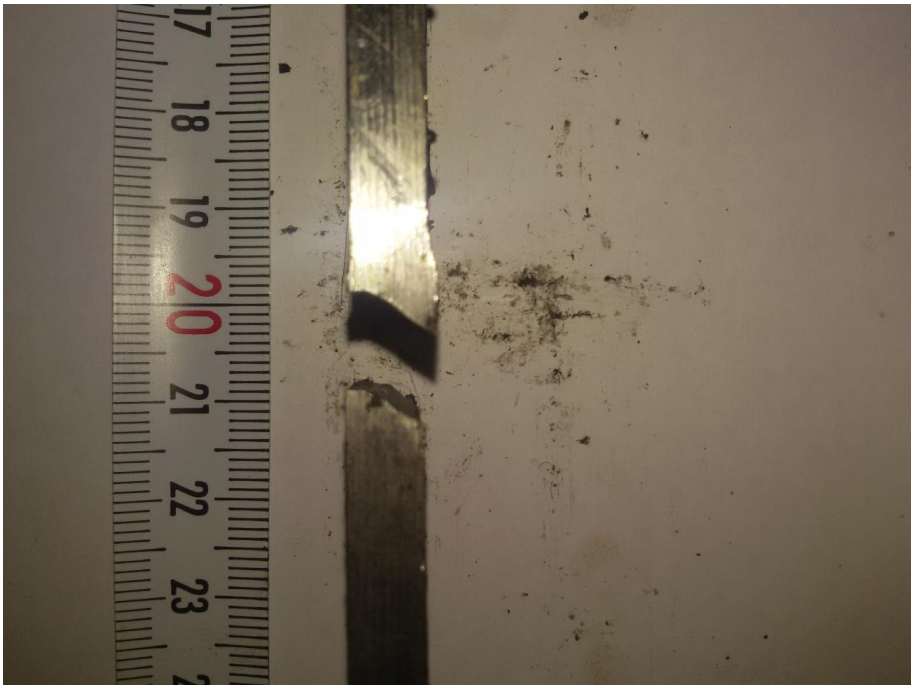
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
16-1	3,3	Gözlenmedi
16-2	3,3	Gözlenmedi
16-3	3,4	Gözlenmedi

6.16.4. 16 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

16 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.65. 16 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
16-4	75,0	73,0	Kaynak Dikişi	70,8	62,3
16-5	76,5	63,0	Kaynak Dikişi		
16-6	61,0	51,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.48. 16 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.17. 17 Numaralı Parametre Özellikleri

17 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.66.'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.66. 17 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
17	Uzun Ark	65	31,9	10	240	Sol	40



Şekil 6.49. 17 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.17.1. 17 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

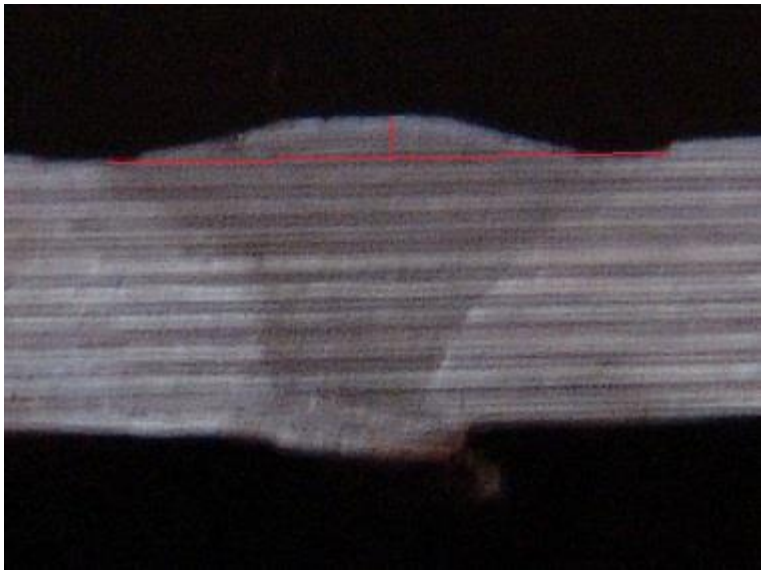
17 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.67. 17 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
17	17-1	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
17	17-2	1 Adet	2 db	Boşluk	1,5 mm	Sağlam
17	17-3	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
17	17-4	1 Adet	6 db	Boşluk	1 mm	Sağlam
17	17-5	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
17	17-6	1 Adet	8 db	Boşluk	1,5 mm	Sağlam

6.17.2. 17 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

17 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 12,84mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 0,99mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.50. 17 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.17.3. 17 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

17 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.68.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.68. 17 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

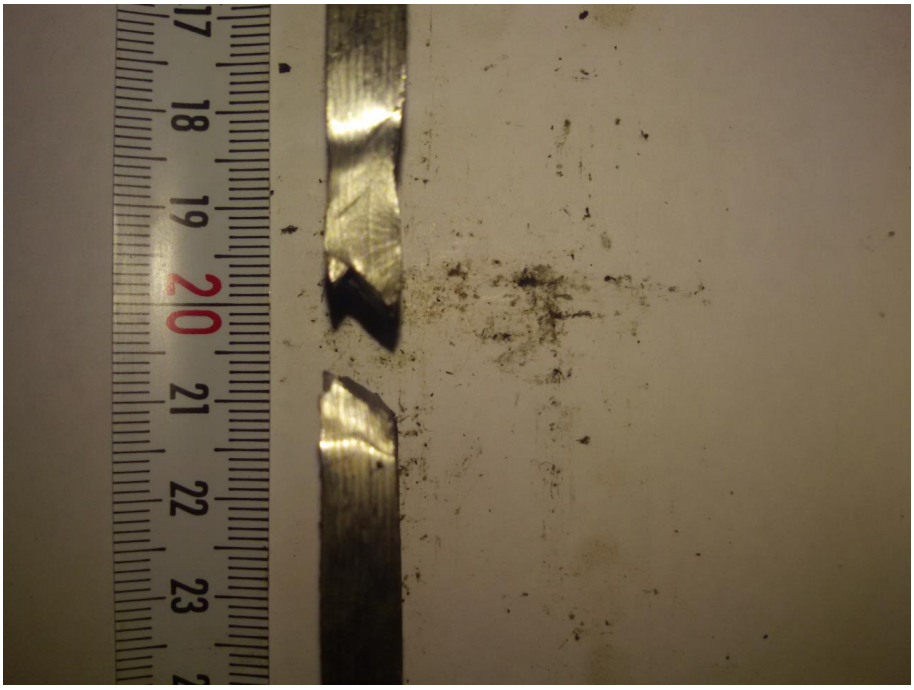
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
17-1	3,3	Gözlenmedi
17-2	3,2	Gözlenmedi
17-3	3,3	Gözlenmedi

6.17.4. 17 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

17 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.69. 17 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
17-4	111,5	103,0	Kaynak Dikişi	110,9	103,0
17-5	109,5	100,0	Kaynak Dikişi		
17-6	111,8	106,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.51. 17 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.18. 18 Numaralı Parametre Özellikleri

18 numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune için parametre özellikleri Çizelge 6.70.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.70. 18 Numaralı kaynak parametre özellikleri

Parametre No	Ark Türü	Serbest Ark Gerilimi (Volt)	Aktif Ark Gerilimi (Volt)	Tel Sürme Hızı (m/dk)	Aktif Ark Akımı (Amper)	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Kaynak Hızı (cm/dk)
18	Uzun Ark	65	33,6	12	286	Sol	40



Şekil 6.52. 18 Numaralı kaynak parametreleri ile birleştirilen numune

6.18.1. 18 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

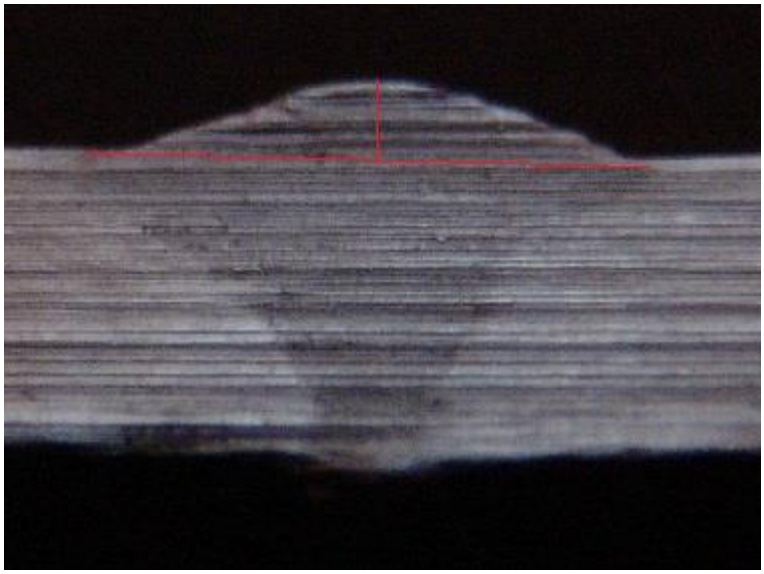
18 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme ve 3 adet eğme numunesine "GE Sensing & Inspection Technologies USM 35" marka ultrasonik muayene cihazı ile boşluk kontrolü yapılmıştır.

Çizelge 6.71. 18 Numaralı parametre için ultrasonik muayene sonuçları

Parametre No	Numune No	Miktar	Ebat	Tipi	Konumu	Durum; Ebat>12 db ise Hata Ebat<12 db ise Sağlam
18	18-1	3 Adet	3 db	Boşluk	2,5 mm	Sağlam
18	18-2	1 Adet	8 db	Boşluk	2 mm	Sağlam
18	18-3	1 Adet	2 db	Boşluk	2,5 mm	Sağlam
18	18-4	Muht.	1 db	Gözenek		Sağlam
18	18-5	1 Adet	10 db	Boşluk	2 mm	Sağlam
18	18-6	1 Adet	8 db	Boşluk	5 mm	Sağlam

6.18.2. 18 Numaralı parametre için kaynak nüfuziyeti ve dikiş profili

18 numaralı parametre ile elde edilmiş numune için, düşey nüfuziyet iyi, yanal nüfuziyet ise çok iyi ve kararlıdır. Ayrıca bu numune için kaynak dikiş genişliği 12,51mm, kaynak dikiş yüksekliği ise 1,85mm olarak ölçülmüştür.



Şekil 6.53. 18 Numaralı parametre ile elde edilmiş numunenin kaynak dikişi ve nüfuziyeti makro görüntüsü

6.18.3. 18 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

18 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet eğme numunesi Mfl System marka eğme cihazı ile sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda eğmeye zorlanmıştır. Numunelerin çatlamadan katlanabilirliğinin sorgulandığı bu deneyimizden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.72.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.72. 18 Numaralı parametre için eğme deneyi sonuçları

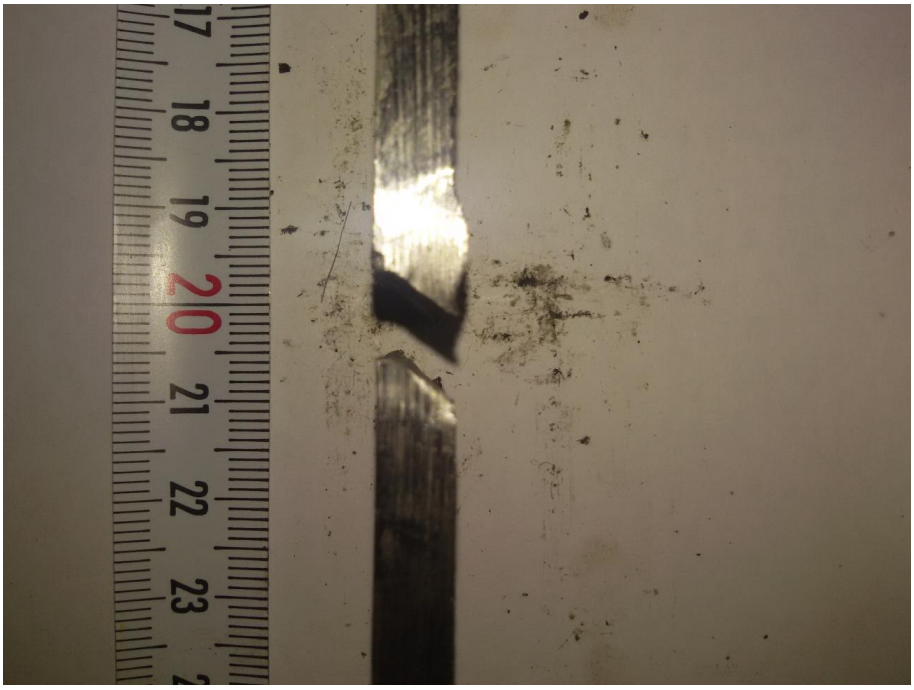
Numune No	Maksimum Eğme Kuvveti (kN)	Çatlak Durumu
18-1	3,4	Gözlenmedi
18-2	3,4	Gözlenmedi
18-3	3,3	Gözlenmedi

6.18.4. 18 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

18 numaralı parametre ile birleştirilen numuneden elde edilen 3 adet çekme numunesine Mfl System marka çekme cihazı ile tek doğrultuda, sabit sıcaklıkta ve sabit kabul edilebilecek bir hızda koparılıncaya kadar çekme işlemi işlemi uygulanmıştır. Elde edilen 3 değerin ortalaması, o parametre ile birleştirilen numunenin çekme ve kopma değerleri olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 6.73. 18 Numaralı parametre için çekme deneyi sonuçları

Numune No	Çekme Mukavemeti (kN)	Kopma Mukavemeti (kN)	Kopmanın Yeri	Ortalama Çekme Mukavemeti (kN)	Ortalama Kopma Mukavemeti (kN)
18-4	85,7	80,0	Kaynak Dikişi	89,9	86,0
18-5	89,0	85,0	Kaynak Dikişi		
18-6	95,0	93,0	Kaynak Dikişi		



Şekil 6.54. 18 Numaralı parametre için çekme deneyi uygulanmış numunenin kopmuş görünüşü

6.19. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Yapılan deneyler sonucunda kaynak parametrelerindeki değişimlerin, bağlantının mukavemetine etkileri saptanmıştır. Bu deneylerin sonuçlarının değerlendirilmesi bize birleştirme işlemi için hangi aşamada veya hangi amaçta, hangi parametrelerin kullanılması gerektiği ile ilgili bilgiler verebilir.

Birleştirmelerden elde edilen çekme ve eğme numunelerinin ultrasonik muayene ile kontrolü yapılmıştır. EN 10308'e göre, kaynak dikişi içerisindeki süreksizliklerden 3 mm'den (12 db) daha büyük olanları "hata", daha küçük olanları ise "sağlam" olarak sınıflandırılmıştır. Muayene sonucunda hatalı birleştirmeler belirlenmiştir. Hatalı birleştirmeler, hatasız olanlarla değiştirilmiştir.

Eğme numunelerinin hiçbirinde çatlak gözlenmemiştir.

Çekme numunelerinden ise birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan çekme deneyleri sonucunda elde edilen çekme ve kopma değerleri, tablo halinde Çizelge 6.74.'de belirtilmiştir. Gerekli karşılaştırmaları daha rahat yapmak için kaynak bağlantısının, dikiş genişlikleri ve yükseklikleri Çizelge 6.75.' de, nüfuziyetleri ise Çizelge 6.76.'da tablo halinde verilmiştir.

Çizelge 6.74. Parametre sırasına göre çekme deneyi sonuçları

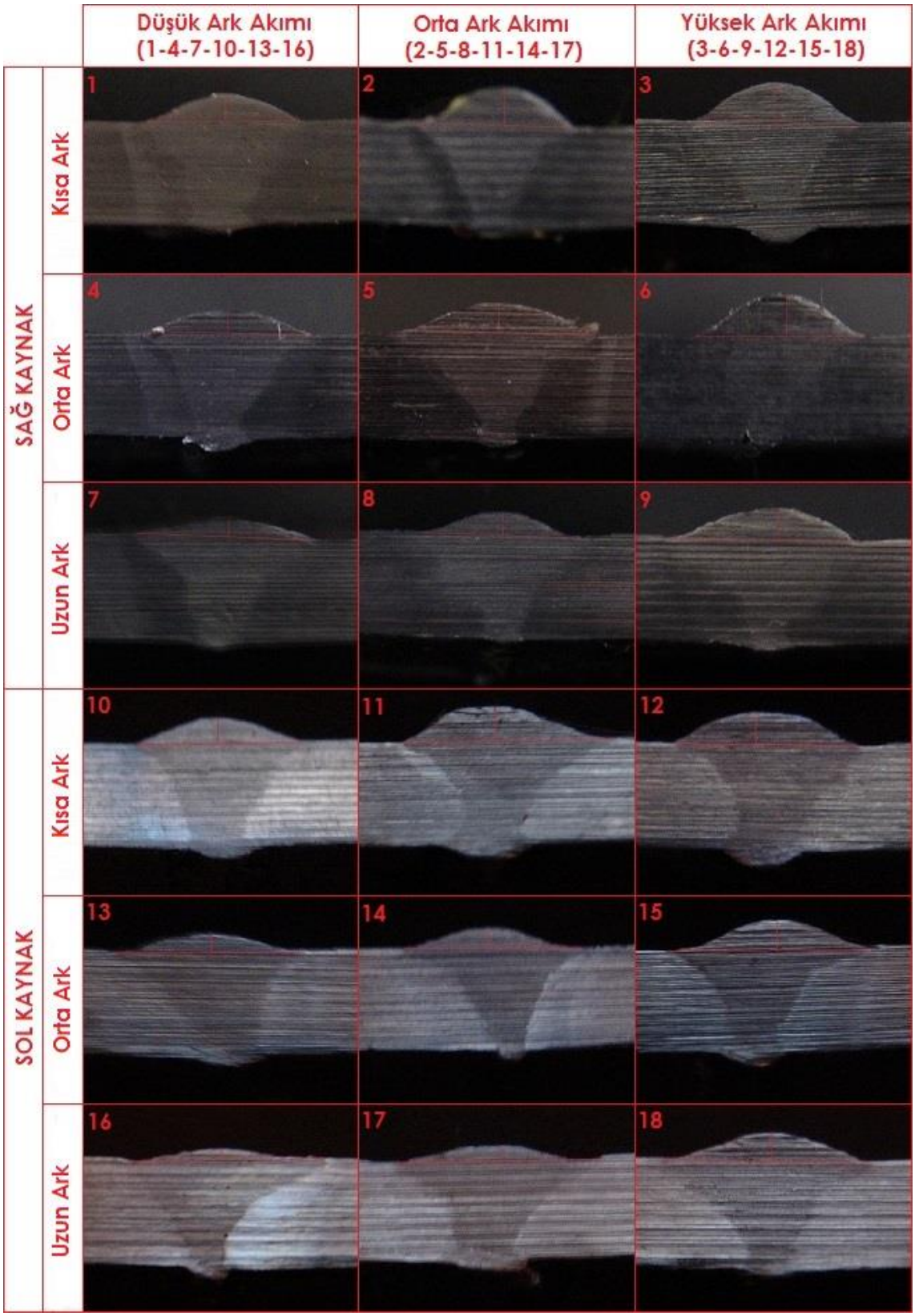
Par. No	Kay. Yönü	Tel Hızı (m/dk)	Ark Akımı (Amp.)	Ark Türü	Ark Ger. (Volt)	Çek. Değeri (kN)	Kop. Değeri (kN)	Ortalama Çekme Değeri (kN)		Ortalama Kopma Değeri (kN)	
1	Sağ	8	216	Kısa	21,6	109,83	105,00	111,80	106,18	104,17	94,37
2		10	255	Kısa	22,9	110,23	107,50				
3		12	269	Kısa	25,0	115,33	100,00				
4		8	210	Orta	26,0	112,67	102,67	108,89		96,45	
5		10	240	Orta	28,5	107,67	98,67				
6		12	266	Orta	29,9	106,33	88,00				
7		8	270	Uzun	29,7	95,17	76,33	97,84		82,50	
8		10	277	Uzun	32,1	100,53	91,00				
9		12	291	Uzun	34,0	97,83	80,17				
10	Sol	8	216	Kısa	21,5	110,47	103,33	112,69	104,21	105,11	96,11
11		10	255	Kısa	22,9	117,43	110,33				
12		12	269	Kısa	25,0	110,17	101,67				
13		8	211	Orta	26,0	110,33	96,67	108,00		95,89	
14		10	260	Orta	27,5	107,17	97,00				
15		12	266	Orta	29,9	106,50	94,00				
16		8	234	Uzun	30,3	75,00	73,00	91,94		87,33	
17		10	240	Uzun	31,9	110,93	103,00				
18		12	286	Uzun	33,6	89,90	86,00				

Çizelge 6.75. Parametre sırasına göre kaynak dikiş genişlikleri ve yükseklikleri

Par. No	Kay. Yönü	Tel Hızı (m/dk)	Ark Akımı (Amp.)	Ark Türü	Ark Ger. (Volt)	Kay. Dikiş Gen. (mm)	Kay. Dikiş Yüks. (mm)	Ark Türüne Göre Ort. Kay. Dik. Gen. (mm)	Ark Türüne Göre Ort. Kay. Dik. Yüks. (mm)
1	Sağ	8	216	Kısa	21,6	8,84	1,64	9,13	2,04
2		10	255	Kısa	22,9	9,10	2,17		
3		12	269	Kısa	25,0	9,47	2,33		
4		8	210	Orta	26,0	9,79	1,35	10,06	1,85
5		10	240	Orta	28,5	10,56	1,75		
6		12	266	Orta	29,9	9,85	2,46		
7		8	270	Uzun	29,7	10,42	0,95	10,48	1,41
8		10	277	Uzun	32,1	10,49	1,35		
9		12	291	Uzun	34,0	10,53	1,93		
10	Sol	8	216	Kısa	21,5	9,57	1,42	11,29	1,82
11		10	255	Kısa	22,9	12,79	2,01		
12		12	269	Kısa	25,0	11,52	2,05		
13		8	211	Orta	26,0	11,84	1,16	11,66	1,44
14		10	260	Orta	27,5	11,00	1,26		
15		12	266	Orta	29,9	12,16	1,90		
16		8	234	Uzun	30,3	11,64	0,68	12,33	1,17
17		10	240	Uzun	31,9	12,84	0,99		
18		12	286	Uzun	33,6	12,51	1,85		

Çizelge 6.76. Parametre sırasına göre kaynak nüfuziyetleri

Par. No	Kay. Yönü	Tel Hızı (m/dk)	Ark Akımı (Amp.)	Ark Türü	Ark Gerilimi (Volt)	Düşey Nüfuziyet	Yanal Nüfuziyet
1	Sağ	8	216	Kısa	21,6	İyi	İyi Fakat Kararsız
2		10	255	Kısa	22,9	İyi	İyi ve Kararlı
3		12	269	Kısa	25,0	Çok İyi	İyi ve Kararlı
4		8	210	Orta	26,0	İyi	Orta ve Kararsız
5		10	240	Orta	28,5	Orta	Orta ve Kararsız
6		12	266	Orta	29,9	Orta	Kötü ve Kararsız
7		8	270	Uzun	29,7	Orta	İyi Fakat Kararsız
8		10	277	Uzun	32,1	Kötü	İyi Fakat Kararsız
9		12	291	Uzun	34,0	Kötü	Çok İyi Fakat Kararsız
10	Sol	8	216	Kısa	21,5	Çok İyi	İyi ve Kararlı
11		10	255	Kısa	22,9	Çok İyi	Çok İyi ve Kararlı
12		12	269	Kısa	25,0	Çok İyi	Çok İyi ve Kararlı
13		8	211	Orta	26,0	İyi	Çok İyi ve Kararlı
14		10	260	Orta	27,5	Orta	İyi ve Kararlı
15		12	266	Orta	29,9	İyi	Çok İyi ve Kararlı
16		8	234	Uzun	30,3	Orta	Çok İyi ve Kararlı
17		10	240	Uzun	31,9	İyi	Çok İyi ve Kararlı
18		12	286	Uzun	33,6	İyi	Çok İyi ve Kararlı



Şekil 6.55. Ark akımı ve gerilimine göre kaynak nüfuziyeti makro görüntüleri

6.19.1. Kaynak yönü, kaynak gerilimi ve kaynak akımının, kaynak dikiş genişliklerine ve yüksekliklerine etkilerinin değerlendirilmesi



Şekil 6.56. Parametre sırasına göre kaynak dikiş genişlikleri ve yükseklikleri grafiği

1, 2 ve 3 numaralı parametreler için Şekil 6.2., Şekil 6.5., Şekil 6.8. ve Şekil 6.56. incelendiğinde, sağ kaynakta kısa ark boyu için, ark geriliminin ve ark akımının artışı ile doğru orantılı olarak kaynak dikiş genişliğinin arttığı gözlenmiştir. Buna ek olarak kaynak dikiş genişliklerinin de, orta ve uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş genişliklerinden daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Yine Şekil 6.2., Şekil 6.5. ve Şekil 6.8. incelendiğinde, sağ kaynakta kısa ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinin, orta ve uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinden genel olarak daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu tespit, kısa ark boyunun doğal bir sonucudur.

4, 5 ve 6 numaralı parametreler için Şekil 6.11., Şekil 6.14., Şekil 6.17. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sağ kaynakta orta ark boyu için, orta ark akımında, düşük ve yüksek ark akımına göre daha geniş kaynak dikişi meydana gelmiştir. Kaynak dikiş genişliğinin düşük ark akımına göre, daha geniş olması beklenen bir durum iken yüksek ark akımına göre daha büyük olması ise beklenmeyen bir durumdur. Normalde ark akımının ve ark geriliminin bir miktar artmasıyla, yığma miktarının ve dikiş genişliğinin biraz daha artması beklenir. Ancak tel sürme hızı ile artan yığma miktarı sonucu fazlaca oluşan eriyik kaynak malzemesi yanal nüfuziyeti artıramadığı gibi hızlıca soğumuştur.

Yanal nüfuziyetin düşmesi sonucu kaynak dikiş genişliği azalmıştır. Yine Şekil 6.11., Şekil 6.14., Şekil 6.17. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sağ kaynakta orta ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinin, kısa ark boyu ile elde edilen dikiş yüksekliklerinden genel olarak daha küçük, uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinden ise büyük olduğu gözlenmiştir. Bu tespit, orta ark boyunun doğal bir sonucudur.

7, 8 ve 9 numaralı parametreler için Şekil 6.20., Şekil 6.23., Şekil 6.26. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sağ kaynakta uzun ark boyu için, ark geriliminin ve ark akımının artışı ile doğru orantılı olarak kaynak dikiş genişliğinin arttığı gözlenmiştir. Buna ek olarak uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş genişliklerinin de, kısa ve orta ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş genişliklerinden genel olarak daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Yine Şekil 6.20., Şekil 6.23., Şekil 6.26. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sağ kaynakta uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinin, kısa ve orta ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Bu tespit, uzun ark boyunun doğal bir sonucudur.

10, 11 ve 12 numaralı parametreler için Şekil 6.29., Şekil 6.32., Şekil 6.35. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sol kaynakta kısa ark boyu için, orta ark akımında, düşük ve yüksek ark akımına göre daha geniş kaynak dikişi meydana gelmiştir. Kaynak dikiş genişliğinin düşük ark akımına göre, daha geniş olması beklenen bir durum iken yüksek ark akımına göre daha büyük olması ise beklenmeyen bir durumdur. Normalde ark akımının ve ark geriliminin bir miktar artmasıyla, yığma miktarının ve dikiş genişliğinin biraz daha artması beklenir. Ancak tel sürme hızı ile artan yığma miktarı sonucu fazlaca oluşan eriyik kaynak malzemesi, dikişin kök kısmında taşmaya neden olmuş ve dikişin üst kısmında beklenen yanal nüfuziyet artışını gerçekleştirememiştir. Bu nedenle yanal nüfuziyetde beklenen artışın aksine eriyik kaynak malzemesinin dikişin kök kısmına yönelmesi sonucu yanal nüfuziyet ve dolayısıyla kaynak dikiş genişliği azalmıştır. Yine Şekil 6.29., Şekil 6.32., Şekil 6.35. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sol kaynakta kısa ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinin, orta ve uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu tespit, kısa ark boyunun doğal bir sonucudur.

13, 14 ve 15 numaralı parametreler için Şekil 6.38., Şekil 6.41., Şekil 6.44. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sol kaynakta orta ark boyu için, orta ark akımında, düşük ve yüksek ark akımına göre daha dar kaynak dikişi meydana gelmiştir. Kaynak dikiş genişliğinin yüksek ark akımına göre, daha dar olması beklenen bir durum iken düşük

ark akımına göre daha dar olması ise beklenmeyen bir durumdur. Normalde ark akımının ve ark geriliminin bir miktar artmasıyla, yığma miktarının ve dikiş genişliğinin biraz daha artması beklenir. Ancak tel sürme hızı ile artan yığma miktarı sonucu fazlaca oluşan eriyik kaynak malzemesi yanal nüfuziyeti artıramadığı gibi hızlıca soğumuştur. Yanal nüfuziyetin düşmesi sonucu da kaynak dikiş genişliği azalmıştır. Yine Şekil 6.38., Şekil 6.41., Şekil 6.44. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sol kaynakta orta ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinin, kısa ark boyu ile elde edilen dikiş yüksekliklerinden daha küçük, uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinden ise büyük olduğu gözlenmiştir. Bu tespit, orta ark boyunun doğal bir sonucudur.

16, 17 ve 18 numaralı parametreler için Şekil 6.47., Şekil 6.50., Şekil 6.53. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sol kaynakta uzun ark boyu için, orta ark akımında, düşük ve yüksek ark akımına göre daha geniş kaynak dikişi meydana gelmiştir. Kaynak dikiş genişliğinin düşük ark akımına göre, daha geniş olması beklenen bir durum iken yüksek ark akımına göre daha büyük olması ise beklenmeyen bir durumdur. Normalde ark akımının ve ark geriliminin bir miktar artmasıyla, yığma miktarının ve dikiş genişliğinin biraz daha artması beklenir. Ancak tel sürme hızı ile artan yığma miktarı sonucu fazlaca oluşan eriyik kaynak malzemesi zaten çok iyi olan yanal ve düşey nüfuziyeti daha fazla artıramamış ve kaynak dikiş yüksekliğini belirgin bir şekilde artırarak hızlıca soğumuştur. Eriyik kaynak malzemesinin dikiş yüksekliğini artırarak soğuması sonucu yanal nüfuziyetde beklenen artışın aksine çok az miktarda da olsa azalma meydana gelmiş ve kaynak dikiş genişliği azalmıştır. Yine Şekil 6.47., Şekil 6.50., Şekil 6.53. ve Çizelge 6.75. incelendiğinde, sol kaynakta uzun ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinin, orta ve kısa ark boyu ile elde edilen kaynak dikiş yüksekliklerinden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Bu tespit, uzun ark boyunun doğal bir sonucudur.

Ayrıca hem sağ, hem sol kaynakta, her ark boyu için, ark akımının artışı ile kaynak dikiş yüksekliğinin arttığı da gözlenmiştir. Bu durumun nedeni de, ark akımının artması için tel besleme hızının artırılması sonucu, yığma miktarının artmasıdır.

6.19.2. Kaynak yönü, kaynak gerilimi ve kaynak akımının, kaynak nüfuziyetine etkilerinin değerlendirilmesi

1, 2 ve 3 numaralı parametreler için Şekil 6.55. incelendiğinde sağ kaynakta kısa ark boyu için düşey nüfuziyetin genel olarak iyi, yanal nüfuziyetin ise iyi ve ark akımının artışı ile doğru orantılı olarak daha kararlı olduğu tespit edilmiştir.

4, 5 ve 6 numaralı parametreler için Şekil 6.55. incelendiğinde sağ kaynakta orta ark boyu için düşey ve yanal nüfuziyetin genel olarak orta seviyede olduğu tespit edilmiştir. Ark akımının arttırılması için, tel besleme hızının arttırılmasıyla, fazlaca eriyen kaynak teli, kaynak dikişinin yüksekliğini arttırarak, dikişin üst kısımlarında arkın hızlıca soğumasına neden olmuştur. Bunun sonucunda düşey ve yanal nüfuziyette artan ark akımına karşılık düşüş tespit edilmiştir.

7, 8 ve 9 numaralı parametreler için Şekil 6.55. incelendiğinde sağ kaynakta uzun ark boyu için düşey nüfuziyetin genel olarak kötü, yanal nüfuziyetin ise genel olarak iyi seviyede olduğu tespit edilmiştir. Uzun ark boyu nedeniyle düşey nüfuziyet, diğer ark boylarına oranla daha düşüktür. Yanal nüfuziyet ise oldukça iyidir. Ark akımının arttırılması için, tel besleme hızının arttırılmasıyla, fazla eriyen kaynak teli, uzun ark boyu nedeniyle, kaynak dikiş genişliğini arttırarak, dikişin üst kısımlarında daha geniş ve büyük bir ısı transferi yüzeyi oluşturmuştur. Bunun sonucunda ark hızlı bir şekilde soğuyarak ana malzemeyi yeteri kadar eritememiş ve derinlik arttıkça düşey nüfuziyette diğer ark boylarına oranla kötü seviyede sonuçlar oluşmuştur.

10, 11 ve 12 numaralı parametreler için Şekil 6.55. incelendiğinde sol kaynakta kısa ark boyu için düşey ve yanal nüfuziyetin, her ark akımında oldukça iyi olduğu tespit edilmiştir. Ark akımının arttırılması için, tel besleme hızının arttırılmasıyla, fazlaca eriyen kaynak teli, nüfuziyet açısından herhangi bir sorun oluşturmayıp sadece kaynak dikiş yüksekliğini artırmıştır.

13, 14 ve 15 numaralı parametreler için Şekil 6.55. incelendiğinde sol kaynakta orta ark boyu için düşey ve yanal nüfuziyetin, genel olarak iyi olduğu tespit edilmiştir. Ark akımının arttırılması için, tel besleme hızının arttırılmasıyla, fazlaca eriyen kaynak teli, nüfuziyet açısından önemli bir sorun oluşturmayıp sadece kaynak dikiş yüksekliğini artırmıştır.

16, 17 ve 18 numaralı parametreler için Şekil 6.55. incelendiğinde sol kaynakta uzun ark boyu için düşey ve yanal nüfuziyetin, genel olarak iyi olduğu tespit edilmiştir. Hem sol kaynak, hem uzun ark boyu nedeniyle yanal nüfuziyet oldukça iyidir. Malzeme

kalınlığının çok fazla olmaması nedeniyle de yanal nüfuziyete paralel olarak düşey nüfuziyet de oldukça iyidir.

6.19.3. Kaynak yönü, kaynak gerilimi ve kaynak akımının, çekme mukavemetine etkilerinin değerlendirilmesi

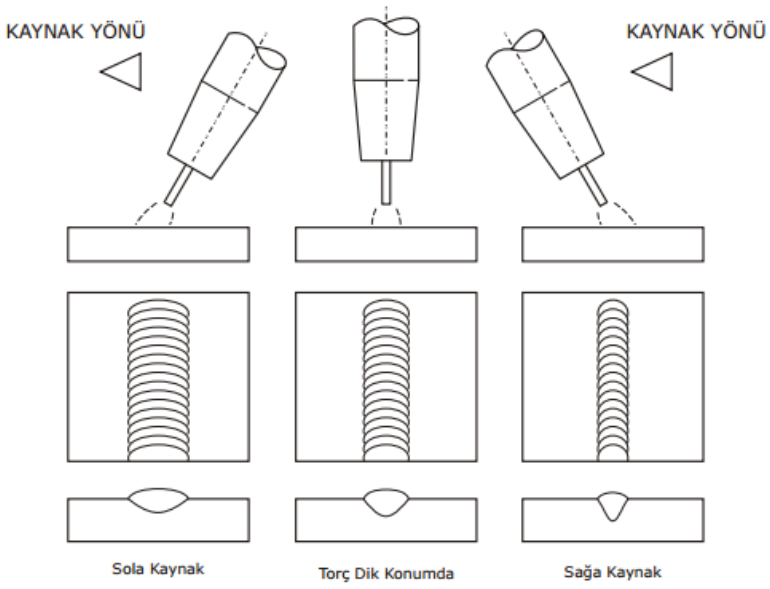


Şekil 6.57. Parametre sırasına göre çekme ve kopma mukavemetleri grafiği

Sağ kaynak ve sol kaynak ile birleştirilen parçalarda elde edilen en yüksek çekme değerleri, kısa arkta elde edilmiştir.

Sağ kaynak ile birleştirilen parçalar arasında en yüksek çekme değeri 115,33 kN ile 3 numaralı parametre ile yapılan birleştirme ile elde edilmiştir.

Sol kaynak ile birleştirilen parçalar arasında en yüksek çekme değeri 117,43 kN ile 11 numaralı parametre ile yapılan birleştirme ile elde edilmiştir.



Şekil 6.58. Kaynak yönünün nüfuziyete ve dikiş geometrisine etkisi

Çekme değerinin maksimum olabilmesi için kaynak yönü, ark akımı ve ark boyunun birbiri ile uyumlu olması gerekir. 3 ve 11 numaralı parametreler arasında kaynak yönü dışındaki tek fark tel besleme hızı yani, ark akımıdır.

3 nolu kaynak parametresini incelersek, sağa kaynak için, kısa ark boyunda, ark akımının ve geriliminin artışı, nüfuziyeti ve mukavemeti artırmıştır. Çünkü sağ kaynakta, kaynak teli sürekli olarak kaynak banyosuna doğru yönlendirildiği için, kaynak banyosu yavaş bir soğumaya maruz kalmış ve fazla ısı girdisiyle, malzemeyi eriterek daha iyi bir nüfuziyet sağlamıştır. Artan akım etkisi ile malzemeye fazla ısı girdisi olmasına rağmen, hem sağ kaynak nedeniyle yavaş soğumanın etkisi, hem de kısa ark türünden ve sağ kaynaktan kaynaklanan dikey nüfuziyet sonucu oluşan kaynak dikişindeki ısı transfer yüzeyinin darlığı burada bir avantaj oluşturup, düşük bir iç gerilim yaratmış ve mukavemeti arttırmıştır. İşte bu sebeple sağ kaynak için ark akımının ve geriliminin artışıyla çekme değerinin arttığını 1., 2. ve 3. parametrelere bakarak rahatlıkla söyleyebiliriz.

10 numaralı parametreyi incelersek, sol kaynakta, kaynak teli sürekli olarak kaynak banyosunun önünde olduğu için, ark bölgesi hızlı bir soğumaya maruz kalmıştır. Normalde hızlı soğumanın sonuçlarından birinin yetersiz düşey nüfuziyet, olması beklenen bir sonuçtur. Ancak ana malzemenin kalınlığının çok fazla olmaması burada düşey nüfuziyet açısından herhangi bir sorun oluşmamasını sağlamıştır. Ayrıca sol kaynak yönünün doğal bir sonucu olarak yanal nüfuziyet de, aynı şartlardaki, sağ kaynağa(1 nolu parametreye) göre daha iyidir. Fakat hızlı soğumanın diğer bir sonucu

olan yüksek iç gerilmeler burada toplam mukavemetin 11 numaralı parametreye göre daha düşük olmasına neden olmuştur.

11 nolu kaynak parametresini incelendiğinde, sol kaynak için maksimum çekme değerinin ortalama bir değerdeki ark akımında ve geriliminde elde edildiği sonucu çıkmaktadır. Bunun nedeni ise yukarıda bahsettiğimiz gibi kaynak yönü, ark akımı ve tel besleme hızının uyumudur. Bu uyumun sonucu çekme mukavemetini belirlemektedir. 10 numaralı parametreye oranla aynı şartlarda, ark akımının ve geriliminin bir miktar artışı, malzemeye bir miktar daha fazla ısı girdisi sağlamış ve malzemeyi eriterek, hem iyi olan düşey nüfuziyeti daha da iyileştirmiş, hem de daha uygun bir soğuma zamanı ile daha düşük iç gerilimler yaratarak toplam mukavemetin artmasını sağlamıştır. 12 numaralı parametre ile kaynak akımının daha da artması malzemeye, idealden biraz daha fazla ısı girdisi yaratmıştır. Isı girdisinin artması, ark sıcaklığının biraz daha artmasına neden olmuştur. Daha yüksek sıcaklıklardan, oda sıcaklığına kadar soğuyan ark bölgesinde 11 nolu parametreye oranla biraz daha yüksek iç gerilmeler oluşarak, tıpkı 10 nolu parametrede olduğu gibi toplam mukavemeti düşürmüştür. Bu sebeple sol kaynakta ve kısa ark türünde, ark akımının ve geriliminin düşük veya yüksek olmasının çekme değerinde düşüşe neden olduğunu 10., 11. ve 12. parametrelere bakarak rahatlıkla söyleyebiliriz.

Orta ark boyu ile birleştirilen sağ kaynak ve sol kaynak numunelerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında maksimum çekme değeri bakımından hissedilir bir fark gözlenmemiştir. Burada daha çok dikkat çeken husus, hem sağ, hem sol kaynak için ark akımı ve gerilimi arttıkça, çekme değerinin düşmesidir. Bunun nedeni ark akımının ve geriliminin artmasıyla birlikte, ark bölgesine daha fazla ısı girdisi olması ve ark sıcaklığının artmasıdır. Artan ark sıcaklığı tıpkı 12 numaralı parametrede olduğu gibi yüksek sıcaklıklardan oda sıcaklığına kadar soğuma sonucunda iç gerilmelerin artmasına neden olarak toplam mukavemetin giderek düşmesine neden olmuştur. Çekme mukavemetindeki bu düşüşü, sağ kaynak için 4., 5. ve 6. parametrelere, sol kaynak için ise 13., 14. ve 15. parametrelere bakarak rahatlıkla gözlemleyebiliriz. Buradan hareketle, özellikle sağ kaynak için kısa arkta, ark akımının artması nüfuziyeti ve çekme değerini artırırken, orta arkta ark akımının artması iç gerilmeleri artırarak, çekme değerini düşürmüştür.

Uzun ark boyu ile birleştirilen sağ kaynak ve sol kaynak numunelerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında çekme değeri bakımından önemli farklar gözlenmiştir. Uzun ark boyu sonucu oluşan yüksek iç gerilmeler ve düşük ark gerilimi ve akımındaki

yetersiz düşey nüfuziyet, çekme değerlerinde orta arka göre ortalama %10-15, kısa arka göre ortalama %12-18 daha düşük sonuçlar oluşturmuştur. Bu farklar sol kaynakta biraz daha belirgindir. Sol kaynakta, kaynak teli, ark banyosunun önünde gittiği için, ark banyosuna aynı şartlardaki sağ kaynağa göre daha az ısı girdisi olduğundan, ark banyosu daha hızlı soğumakta ve daha yüksek iç gerilmeler oluşturarak toplam mukavemeti düşürmektedir. Çünkü sol kaynakta, uzun ark için nüfuziyetleri incelediğimizde, çekme değerlerinde okuduğumuz kadar, bariz farklılıklar yoktur. Zaten genel olarak sol kaynakta, kaynak yönü nedeniyle düşey nüfuziyet bütün numunelerde iyidir ve düşey nüfuziyet de ana malzemenin çok fazla kalın olmaması sebebiyle bariz farklar oluşturmamıştır. Toplam mukavemetin diğer ark boylarına oranla daha düşük olmasını bu sebeple iç gerilmeler haricinde bir nedene bağlayamayız. Yalnızca, sağ kaynak için 7 numaralı parametre, sol kaynak için 16 numaralı parametre sonuçları incelendiğinde, uzun ark boyundan kaynaklanan daha düşük düşey nüfuziyet ile düşük ark akımı ve geriliminden kaynaklanan düşük ısı girdisi sonucu ana malzemenin eritilememesi, nüfuziyet sebebiyle çekme mukavemetinin düştüğü sonucunu destekleyebilir. Burada da özellikle sol kaynakta daha da az ısı girdisi aynı şartlardaki sağ kaynağa(7 nolu parametre) göre çekme değerinin daha düşük olmasına neden olarak, deney parametreleri içerisinde 16 numaralı parametrenin en düşük çekme değerine sahip olmasına neden olmuştur.

Kaynak gevrek(kırılgan) bir yapı olduğundan kopma değeri sonuçları, çekme değerleri ile büyük ölçüde aynı sonuçları vermiştir. Yalnızca uzun arkta sol kaynak ve sağ kaynak için farklı bir durum söz konusudur. Uzun arkta düşük olan düşey nüfuziyete ilave olarak sol kaynak yönünden dolayı, kaynak banyosuna düşük ısı girdisi sonucu oluşan hızlı soğuma ve yetersiz nüfuziyet de eklendiğinde, çekme numunelerinin taşıyabileceği maksimum yük olan çekme değerine çok yakın bir değerde kopma meydana gelmiştir. Bu sebeple süneklik çok az olduğundan uzun arkta sol kaynak için kopma değeri, sağ kaynağa göre ortalama %6 daha yüksektir.

6.19.4. Deney Sonuçlarının Kaynak Hızı Açısından Değerlendirilmesi

Sağ kaynak ile birleştirilen parçalar arasında en yüksek çekme değerine sahip ve 40 cm/dk kaynak(ilerleme) hızıyla elde edilmiş 3 numaralı parametre için aynı şartlarda, 30 cm/dk ve 50 cm/dk kaynak hızıyla yeniden birleştirme işlemi yapılmıştır.

Sol kaynak ile birleştirilen parçalar arasında en yüksek çekme değerine sahip ve 40 cm/dk kaynak(ilerleme) hızıyla elde edilmiş 11 numaralı parametre için aynı şartlarda, 30 cm/dk ve 50 cm/dk kaynak hızıyla yeniden birleştirme işlemi yapılmıştır.

Birleştirmelerden elde edilen çekme ve eğme numunelerinin ultrasonik muayene ile kontrolü yapılmıştır. EN 10308'e göre, kaynak dikişi içerisindeki süreksizliklerden 3 mm'den (12 db) daha büyük olanları "hata", daha küçük olanları ise "sağlam" olarak sınıflandırılmıştır. Muayene sonucunda hatalı bir birleştirmeye rastlanmamıştır.

Eğme numunelerinin hiçbirinde çatlak gözlenmemiştir.

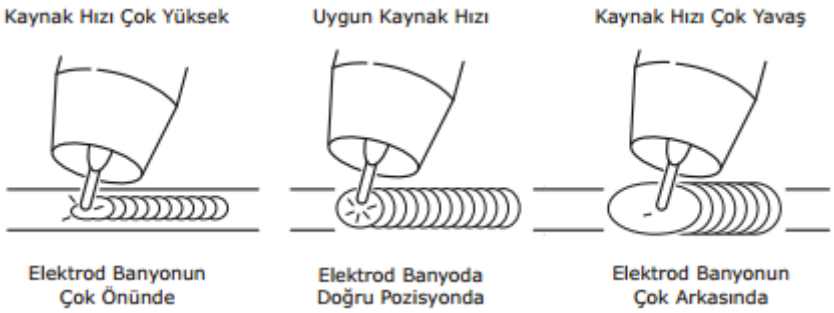
Çekme numunelerinden ise birbirinden farklı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan çekme deneyleri sonucunda elde edilen çekme ve kopma değerleri, gerekli karşılaştırmaları daha rahat yapmak için, tablo halinde Çizelge 6.77.'de belirtilmiştir.

Çizelge 6.77. Kaynak hızına göre çekme deneyi sonuçları

Par. No	Kaynak Yönü (Sağ/Sol)	Tel Hızı (m/dk)	Ark Türü	Kaynak Hızı (cm/dk)	Çek. Değeri (kN)	Kop. Değeri (kN)	Ortalama Çekme Değeri (kN)	Ortalama Kopma Değeri (kN)
3	Sağ	12	Kısa	30	108,50	104,20	108,93	104,43
3		12	Kısa	30	110,70	106,60		
3		12	Kısa	30	107,60	102,50		
3		12	Kısa	50	102,40	97,40	103,87	97,17
3		12	Kısa	50	103,50	95,50		
3		12	Kısa	50	105,70	98,60		
11	Sol	10	Kısa	30	109,40	102,50	108,97	102,64
11		10	Kısa	30	109,00	103,00		
11		10	Kısa	30	108,50	102,40		
11		10	Kısa	50	110,50	104,40	110,37	104,37
11		10	Kısa	50	111,20	104,90		
11		10	Kısa	50	109,40	103,80		

40cm/dk kaynak hızına sahip, 3 ve 11 numaralı parametreler için, 30 cm/dk ve 50 cm/dk kaynak hızlarında yapılan deneylerde çekme değerleri için düşüş gözlenmiştir.

Kaynak hızının artmasıyla, hem birim uzunluk başına düşen kaynak metali miktarı azalmış, hem de ark banyosu elektrodun gerisinde kalmıştır. Ayrıca elektrot doğrudan esas metale temas ederek hızlı bir şekilde soğumuştur. Tüm bunların sonucunda, esas metalin eriyerek nüfuziyet oluşturması için gerekli ısı miktarı malzemeye geçemediği gibi, yeterli yığma miktarı da oluşturulamamış ve doğal olarak kaynak mukavemeti için negatif bir sonuç ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.59. Kaynak hızın dikiş geometrisine etkisi

Kaynak hızının düşürülmesiyle, birim uzunluk başına düşen kaynak metali miktarı artmıştır. Ayrıca elektrot, ark banyosunun gerisinde kalmış ve doğrudan ark banyosuna temas ederek, ark banyosu sıcaklığını artırmıştır. Bunun sonucunda hem malzemeye yüksek miktarda ısı girdisi olmuş, hem de düşük kaynak hızının neden olduğu yanal nüfuziyet sonucu oluşan kaynak dikiş genişliğindeki artış, ark banyosunun soğuması için gerekli olan ısı transfer yüzeyi artmıştır. Yüksek ısı girdisi sonucu oluşan yüksek sıcaklıklardan, geniş ısı transfer yüzeyinin neden olduğu hızlı soğuma ile kaynak bölgesinde yüksek miktarda iç gerilmeler oluşmuş ve kaynak mukavemeti için negatif bir sonuç ortaya çıkmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

Bu çalışmada kaynağın tarifi ve sınıflandırılması yapılmış olup, MIG-MAG gazaltı kaynak parametreleri hakkında teorik bilgiler verilmiştir. Deneysel çalışmalar kısmında S700MC kalite malzemenin SG2 telle birleştirilmesi yapılmıştır. Birleştirmelerde farklı gazaltı kaynak parametreleri kullanılarak ultrasonik muayene, eğme ve çekme incelemeleri yapılmıştır. Ayrıca kaynak dikiş profilleri ve nüfuziyetleri de incelenmiştir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1-) Yapılan ultrasonik muayene sonucunda kaynak dikişi içerisindeki boşluklar tespit edilerek kaydedildi. Elde edilen sonuçlar EN10308'e göre incelenerek, sağlam olanlar değerlendirmeye alındı.

2-) Gerçekleştirilen eğme deneyleri sonucunda hiçbir numunede çatlak oluşumu gözlenmedi.

3-) Sol kaynak için, düşey ve yanal nüfuziyetin, sağ kaynağa göre daha iyi ve kararlı olduğu tespit edildi.

4-) Sağ kaynak için kısa ark boyunda, ark akımının ve geriliminin artışı ile doğru orantılı olarak düşey nüfuziyetin arttığı tespit edildi.

5-) Sol kaynak için daha iyi nüfuziyetler elde edilmesine karşılık, bazı durumlarda daha yüksek iç gerilmeler oluşması nedeniyle, daha düşük nüfuziyete sahip aynı şartlardaki sağ kaynağa göre daha düşük çekme değerleri elde edildi.

6-) Kaynak akımı ve geriliminin artması ile kaynak dikiş yüksekliğinin de genel olarak arttığı gözlemlendi.

7-) Yapılan çekme deneyleri sonucunda kaynak parametrelerinden kaynak yönünün, çekme değerine etkisi araştırıldı. Kısa arkta sol kaynağın, orta ve uzun arkta ise sağ kaynağın daha dayanaklı olduğu tespit edildi.

8-) Sağ ve sol olmak üzere her iki kaynak yönünde de ark boyu arttıkça, çekme değerinin düştüğü tespit edilmiştir.

9-) Sağ kaynak için, kısa arkta kaynak akımının artışı, çekme değerini artırmış, orta arkta ise kaynak akımının artışı çekme değerini azaltmıştır.

10-) Sol kaynak için, kısa arkta kaynak akımının artışı, belli bir seviyeye kadar çekme değerini artırmış, belli bir seviyeden sonra azaltmıştır. Orta arkta ise kaynak akımının artışı sağ kaynağa benzer olarak çekme değerini azaltmıştır.

11-) Sağ ve sol olmak üzere her iki kaynak yönünde de uzun ark için, kaynak akımının artışı, belli bir seviyeye kadar çekme değerini artırmış, belli bir seviyeden sonra azaltmıştır.

12-) Sağ kaynak için maksimum çekme değeri 3 numaralı parametre ile kısa ark, yüksek akım ve gerilim için elde edilirken, sol kaynak için maksimum çekme değeri 11 numaralı parametre ile yine kısa ark, fakat orta akım ve gerilim için elde edilmiştir.

13-) Sağ ve sol olmak üzere her iki kaynak yönünde de en düşük çekme değeri uzun ark, düşük akım ve gerilim ile 7 ve 16 numaralı parametreler için tespit edilmiştir.

14-) Kaynak mukavemeti açısından en iyi sonuç 40 cm/dk hızda elde edilmiştir.

15-) Kaynak hızının 30 cm/dk'ya düşürülmesi veya 50cm/dk'ya çıkarılması, kaynak mukavemetini düşürmüştür.

7.2 Öneriler

Bu çalışmada gazaltı kaynak parametrelerinden kaynak akımı, kaynak gerilimi, kaynak hızı ve kaynak yönünün, kaynak mukavemetine etkileri araştırılmıştır. Buna ek

olarak, aynı parametreler ile yorulma deneyleri yapılarak elde edilecek kaynak bağlantılarının ömürleri araştırılabilir.

Aynı gazaltı kaynak parametreleri ile birleştirilmiş numunelere normalizasyon amaçlı ısıl işlem uygulanarak bağlantı mukavemetleri yeniden araştırılabilir.

Aynı deneyler, koruyucu gaz, torç açısı, torç hareketleri, elektrot çapı, kaynak pozisyonu gibi diğer gazaltı kaynak parametreleri için de yapılarak kaynak bağlantısının mukavemeti araştırılabilir.

Bu tezdeki çalışmalar, AISI316 serisi ostenitik paslanmaz çelikler için de yapılarak yine bağlantının mekanik özellikleri incelenebilir.

KAYNAKLAR

Tülbentçi, K., (1990), "MIG/MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı", Gedik Holding, İstanbul.

Ertürk, İ., (1990), " Gazaltı Kaynak Yöntemleri", Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim, Araştırma ve Muayene Enstitüsü, İstanbul.

Aslanlar, S., (2009), Elektrik Ark Kaynak Teknolojisi ve Uygulamaları.

Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E., (1991), " Örtülü Elektrod ile Ark Kaynağı", Gedik Holding, İstanbul, 22-25.

ERYÜREK, B., (2007), "Gaz Altı Ark Kaynağı", ASKAYNAK Kaynak Tekniği Sanayi Ticaret A.Ş., İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.

Nalbant Ç. (2009). *Gazaltı Kaynak Yönteminde Torç Hareketinin Servo Pnömatik Sistemle Gerçekleştirilmesi ve Kaynak Kalitesine Etkisinin İncelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kul A. (2009). *Endüstriyel Kaynak Robotlarında Kullanılan Kaynak Parametrelerinin Kaynak Kalitesine ve Nüfuziyetine Etkisinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Süzen A. (2009). *Gemi Saclarının Kaynak Bağlantılarında Kaynak Parametrelerinin Dikiş Geometrisine Etkisinin İncelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

ANIK, S., (1969), "Kaynak Tekniği (Oksi-Asetilen ve Elektrik-Ark Kaynağı)", Cilt 1, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu.

ANIK, S., (1972), "Kaynak Tekniği (Tozaltı Kaynağı ve Koruyucu Gazla Kaynak)", Cilt 2, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, Gümüşsuyu.

L.E. Lindgren, (2006), "Numerical Modelling Of Welding, Comput. Methods Appl." Mech. Engrg. 195, 6710-6736.

M. Ericson, R. Sandström, (2003), "Influence Of Wlding Speed On The Fatigue Of Friction Stir Welds and Comparison With MIG and TIG", Journal of Fatigue 25, 1379-1387.

Atasoy Ö. A., Tülbentçi, K., Karagöz, Ş., (1995), "Ostenitik Mangan Çeliğinin Aşınmaya Karşı Dayanıklılığının ve Kaynak Kabiliyetinin Geliştirilmesi", İ.T.Ü., İstanbul.

Kaçar, R., Gündüz, S., Kahraman, N., Boz, M., Demir B., (2008), "Soğuk Deforme Edilmiş AISI-304 Paslanmaz Çeliğin Direnç Kaynak Kabiliyeti", Karabük.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ahmet AKIN
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Bakırköy 02.04.1987
Telefon	**:**	0 332 239 15 25
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	ahmetakin1963@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Gemlik Lisesi, Gemlik, Bursa	2004
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2010
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2015
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2010-	Hürsan Hidrolik Pres A.Ş.	Satış Müdürü

UZMANLIK ALANI

Hidrolik Sistemler

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

-

YAYINLAR