

# GÜÇ TRAFOLARI KAZAN İMALATINDA KULLANILAN SACLARIN MAG KAYNAK YÖNTEMİ İLE KAYNAKLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

2023 YÜKSEK LİSANS TEZİ İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Halil GÜLTOPLAYAN

Tez Danışmanı Doç. Dr. Yakup KAYA

# GÜÇ TRAFOLARI KAZAN İMALATINDA KULLANILAN SACLARIN MAG KAYNAK YÖNTEMİ İLE KAYNAKLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil GÜLTOPLAYAN

Tez Danışmanı Doç. Dr. Yakup KAYA

T.C. Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi Olarak Hazırlanmıştır

> KARABÜK Nisan 2023

Halil GÜLTOPLAYAN tarafından hazırlanan "GÜÇ TRAFOLARI KAZAN İMALATINDA KULLANILAN SACLARIN MAG KAYNAK YÖNTEMİ İLE KAYNAKLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Yakup KAYA Tez Danışmanı, İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı .....

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/04/2023

<u>Ünvanı</u>	<u>, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan	: Doç. Dr. Tansel TUNÇAY (KBÜ)	
Üye	: Doç. Dr. Ali KALYON (YÜ)	
Üye	: Doç. Dr. Yakup KAYA (KBÜ)	

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Müslüm KUZU ...... Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

"Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim."

Halil GÜLTOPLAYAN

### ÖZET

#### Yüksek Lisans Tezi

# GÜÇ TRAFOLARI KAZAN İMALATINDA KULLANILAN SACLARIN MAG KAYNAK YÖNTEMİ İLE KAYNAKLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Halil GÜLTOPLAYAN

Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

> Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yakup KAYA Nisan 2023, 97 sayfa

Bu çalışmada, güç trafoları kazan üretiminde genellikle tercih edilen S235 ve S355 yapı çelikleri MAG kaynak yöntemi kullanılarak, kendi aralarında ve birbirleri ile üç farklı kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirmelerin kaynak bölgeleri tahribatsız ve tahribatlı muayene yöntemleri kullanılarak incelenmiştir.

Kaynak bölgesinin tahribatsız olarak, yüzeysel ve yüzey altı/kaynak kesiti incelemeleri gözle (VT), sıvı penetrant (PT) ve manyetik parçacık (MT) testleri ile gerçekleştirilmiştir. Kaynaklı bölgesi mikroyapı ve mekanik özelliklerini de tahribatlı muayene yöntemlerinden optik mikroskop, mikrosertlik incelemeleri, çekme, eğme ve çentik darbe testleri ile incelenmiştir.

Kaynaklı numunelere uygulanan tahribatsız testler sonucunda; gözle muayene, sıvı penetrant ve manyetik parçacık testlerinde kaynak yüzeylerinde standart toleransı dışında herhangi bir yüzeysel hata tespit edilmemiştir.

Kaynaklı numunelere uygulanan tahribatlı testler sonrasında ise, kaynak bölgesinde tanelerin irileştiği ve tanelerin ergime çizgisinden kaynak merkezine doğru yönlendiği belirlenmiştir. Sertlik testleri sonucunda tüm kaynaklı birleştirmelerde en yüksek sertlik değeri kaynak metalinden ölçülürken onu sırasıyla ITAB'lar ve ana malzemelerin takip ettiği belirlenmiştir. Uygulanan çekme testleri sonucunda birleştirmelerin tümünde ana malzeme tarafında boyun vermiş ve yine ana malzeme tarafından sünek olarak kopma gerçekleşmiştir. Kaynaklı numunelerin kaynak bölgesinde ise herhangi bir hasar gözlenmemiştir. Eğme testleri sonucunda bütün birleştirmelerde kaynak bölgesinde göz ile görülebilir herhangi bir hataya rastlanılmamıştır. Çentik darbe testleri sonucunda en yüksek darbe tokluğu S355-S355 kaynaklı numune (3 nolu kaynak akımı) kaynak metalinden elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler : MAG kaynağı, Yapı çeliği, Tahribatsız test, Tahribatlı test.Bilim Kodu: 91511

#### ABSTRACT

#### M. Sc. Thesis

# INVESTIGATION OF THE WELDABILITY OF SHEET METALS USED IN POWER TRANSFORMERS AND BOILER MANUFACTURING BY MAG WELDING METHOD

### Halil GÜLTOPLAYAN

Karabük University Institute of Graduate Programs Department of Manufacturing Engineering

> Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yakup KAYA April 2023, 97 pages

In this study, S235 and S355 structural steels, which are generally preferred in power transformer boiler production, were combined using MAG welding method, using three different welding currents among themselves and with each other. The weld zones of the joints were examined using non-destructive and destructive testing methods.

Non-destructive, superficial, and sub-surface/weld section examinations of the weld area were performed by visual (VT), liquid penetrant (PT) and magnetic particle (MT) tests. The macro/microstructure and mechanical properties of the welded area were also investigated by using destructive testing methods such as optical microscopy, microhardness examinations, tensile, bending and notch impact tests.

As a result of non-destructive tests applied to welded samples; In visual inspection, liquid penetrant and magnetic particle tests, no superficial defects were detected on the weld surfaces other than the standard tolerance.

After the destructive tests applied to the welded samples, it was determined that the grains got coarser in the weld area, the grains were oriented towards the weld center from the melting line. As a result of the hardness tests, it was determined that the highest hardness value was measured from the weld metal in all welded joints, followed by HAZ's and base materials, respectively. As a result of the applied tensile tests, all of the joints gave neck on the base material side and ductile rupture occurred on the base material. No damage was observed in the weld area of the weld area in all joints. As a result of the notch impact tests, the highest impact toughness was obtained from the S235-S235 welded sample (welding current no. 1), while the lowest impact toughness was obtained from the S355-S355 welded sample (welding current no. 3).

**Key Word** : MAG welding, structural steel, non- destructive testing, destructive testing.

Science Code: 91511

# TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, Sayın Hocam Doç. Dr. Yakup KAYA'ya

Malzeme temini, kaynak işlemleri ve testlerin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyen ASTOR ENERJİ A.Ş.'ye ve çalışanlarına,

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

Say	fa
KABUL	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ΓEŞEKKÜRvi	iii
ÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİx	ii
ÇİZELGELER DİZİNİx	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİxv	⁄ii
3ÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
GÜC TRANSFORMATÖRI FRİ	3
21 TRANSFORMATÖR TARİHİ	3
2.2. GÜC TRANSFORMATÖRLERİ GENEL BİLGİLERİ	3
2 3 TRANSFORMATÖR TİPLERİ	4
2.3.1. Generatör Transformatörleri	.4
2.3.2. Sebeke Transformatörleri	.4
2.3.3. Endüstri Transformatörleri	5
2.3.4. Özel Transformatörler	5
2.3.4.1. Firin transformatörleri	5
2.3.4.2. Fırın reaktörleri	5
2.3.4.3. Akım doğrultucu transformatörler	6
2.3.4.4. Faz avar transformatörleri	6
2.3.5. Sönt Reaktörler	6
, 2.4. TRANSFORMATÖRÜN YAPISI	6
2.4.1. Çekirdek	7
-	

# <u>Sayfa</u>

2.4.2. Sargılar	9
2.4.3. Gerilim Değiştiriciler	10
2.4.3.1. Boșta kademe değiştiriciler (komitatörler)	10
2.4.3.2. Yükte kademe değiştiriciler	10
2.4.4. Terminaller	10
2.4.5. Kazan, Kapak ve Genleşme Deposu	11
2.4.6. Transformatör Yağları	12
2.4.7. Soğutma Ünitesi	12
2.4.8. Donanım ve Koruma Cihazları	12

BÖLÜM 3	15
YAPI ÇELİKLERİ	15
3.1. YAPI ÇELİKLERİ GENEL ÖZELLİKLERİ	15
3.2. YAPI ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	16
3.3. YAPI ÇELİKLERİNİN ÜRETİMİ VE KAYNAKLANABİLİRLİĞİ	17
3.3.1. MIG-MAG Kaynağı	18
3.3.1.1. Çalışma prensibi	19
3.3.1.2. Kaynak donanımı	20
3.3.1.3. Damla iletim mekanizmaları	20
3.3.1.4. Kaynak parametreleri	21
3.3.1.5. MIG-MAG kaynağının avantaj ve dezavantajları	21

BÖLÜM 4	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	
4.1. KULLANILAN MALZEMELER	
4.2. MALZEMELERİN KAYNAK İŞLEMİNE HAZIRLANMASI VE	
BİRLEŞTİRİLMESİ	
4.3. KAYNAK YÖNTEM SPESİSİFİKASYONLARI (WPS)	27
4.4. KAYNAKLI NUMUNELERİN TAHRİBATSIZ TESTLERİ	37
4.4.1. Gözle Muayene (VT) Testi	
4.4.2. Sivi Penetrant (PT)	
4.4.3. Manyetik Parçacık Testi (RT)	

# <u>Sayfa</u>

4.5. KAYNAKLI MALZEMELERİN TAHRİBATLI TESTLERİ	39
4.5.1. Mikroyapı İncelemeleri	39
4.5.2. Sertlik Testi	40
4.5.3. Çekme Testi	41
4.5.4. Eğme Testi	42
4.5.5. Çentik Darbe Testi	43
BÖLÜM 5	45
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	45
5.1. KAYNAKLI NUMUNELERE UYGULANAN TAHRİBATSIZ TE	STLER
	45
5.1.1. Gözle Muayene (VT) Testi	45
5.1.2. Sıvı Penetrant Testi (PT)	52
5.1.3. Manyetik Parçacık Testi (MT)	61
5.2. KAYNAKLI NUMUNELERE UYGULANAN TAHRİBATLI TESTL	ER69
5.2.1. Mikroyapı İncelemeleri	69
5.2.2. Sertlik Testi	76
5.2.3. Çekme Testi	79
5.2.4. Eğme Testi	84
5.2.5. Çentik Darbe Testi	88
BÖLÜM 6	91
SONUÇLAR	
KAYNAKLAR	93
ÖZGEÇMİŞ	97

# ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Çekirdek teorik formu ve çekirdek formu 8
Şekil 2.2.	Tek fazlı transformatör çekirdekleri
Şekil 2.3.	Üç fazlı transformatör çekirdekleri9
Şekil 2.4.	Transformatör bağlantı grupları9
Şekil 2.5.	Transformatör üretim aşamaları13
Şekil 2.6.	Transformatör kazan duvar üretimi görüntüsü 14
Şekil 3.1.	MIG-MAG kaynağı prensibi 19
Şekil 3.2.	MIG-MAG kaynağı teçhizatı şeması20
Şekil 4.1.	Levhara açılan kaynak ağzı detayı24
Şekil 4.2.	Puntalanmış numune görüntüsü25
Şekil 4.3.	Kaynak pasoları düzenlemesi şematik görüntüsü
Şekil 4.4.	Kaynak işlemlerinde kullanılan kaynak makinesi görüntüsü
Şekil 4.5.	S235-S235 1 numaralı kaynak akımına ait WPS 28
Şekil 4.6.	S235-S235 2 numaralı kaynak akımına ait WPS 29
Şekil 4.7.	S235-S235 3 numaralı kaynak akımına ait WPS 30
Şekil 4.8.	S235-S355 1 numaralı kaynak akımına ait WPS31
Şekil 4.9.	S235-S355 2 numaralı kaynak akımına ait WPS 32
Şekil 4.10.	S235-S355 3 numaralı kaynak akımına ait WPS 33
Şekil 4.11.	S355-S355 1 numaralı kaynak akımına ait WPS34
Şekil 4.12.	S355-S355 2 numaralı kaynak akımına ait WPS35
Şekil 4.13.	S355-S355 3 numaralı kaynak akımına ait WPS 36
Şekil 4.14.	Sıvı penetrant muayene yönteminde kullanılan ürünlerin görseli
Şekil 4.15.	Manyetik parçacık testinde kullanılan cihaz ve manyetik toz görseli 38
Şekil 4.16.	Zımparalama ve parlatma işlemlerinde kullanılan cihaz görseli
Şekil 4.17.	Mikroyapı işlemlerinde kullanılan mikroskop 40
Şekil 4.18.	Sertlik ölçümlerinde kullanılan cihaz görüntüsü 40
Şekil 4.19.	Çekme testlerinde kullanılan numune şematik resmi

	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.20.	Çekme testlerinde kullanılan cihaz görüntüsü
Şekil 4.21.	Eğme testi numuneleri görseli
Şekil 4.22.	Çentik darbe test numuneleri görseli
Şekil 5.1.	S235-S235 1 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü. 
Şekil 5.2.	S355-S355 1 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü
Şekil 5.3.	S235-S235 2 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü
Şekil 5.4.	S355-S355 2 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü
Şekil 5.5.	S235-S235 3 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü
Şekil 5.6.	S355-S355 3 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü
Şekil 5.7.	S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 52
Şekil 5.8.	S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 53
Şekil 5.9.	S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 53
Şekil 5.10.	S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 53
Şekil 5.11.	S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 54
Şekil 5.12.	S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 54
Şekil 5.13.	S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 54
Şekil 5.14.	S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 55
Şekil 5.15.	S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü. 55
Şekil 5.16.	S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 56
Şekil 5.17.	S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 56
Şekil 5.18.	S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 57
Şekil 5.19.	S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 57
Şekil 5.20.	S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 58
Şekil 5.21.	S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 58
Şekil 5.22.	S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 59
Şekil 5.23.	S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 59

# <u>Sayfa</u>

Şekil 5.24. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu 60
Şekil 5.25. S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.26. S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.27. S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.28. S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.29. S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.30. S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.31. S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.32. S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.33. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü
Şekil 5.34. S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 64
Şekil 5.35. S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 65
Şekil 5.36. S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 65
Şekil 5.37. S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 66
Şekil 5.38. S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 66
Şekil 5.39. S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 67
Şekil 5.40. S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 67
Şekil 5.41. S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 68
Şekil 5.42. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu 68
Şekil 5.43. Ana malzemelerin mikroyapı görüntüleri
Şekil 5.44. S235-S235 1. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.45. S235-S235 2. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü

### <u>Sayfa</u>

Şekil 5.46. S235-S235 3. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.47. S235-S355 1. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.48. S235-S355 2. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.49. S235-S355 3. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.50. S355-S355 1. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.51. S355-S355 2. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.52. S355-S355 3. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü
Şekil 5.53. S235-S235 kaynaklı numunelerin sertlik testi grafiği
Şekil 5.54. S235-S355 kaynaklı numunelerin sertlik testi grafiği
Şekil 5.55. S355-S355 kaynaklı numunelerin sertlik testi grafiği
Şekil 5.56. S235-S235 kaynaklı numunelere ait çekme testi grafiği
Şekil 5.57. S235-S355 kaynaklı numunelere ait çekme testi grafiği 80
Şekil 5.58. S355-S355 kaynaklı numunelere ait çekme testi grafiği 80
Şekil 5.59. Çekme testleri sonrası kopma görüntüleri
Şekil 5.60. S235-S235 kaynaklı numunelerin eğme testi sonrası görüntüleri 85
Şekil 5.61. S235-S355 kaynaklı numunelerin eğme testi sonrası görüntüleri 86
Şekil 5.62. S355-S355 kaynaklı numunelerin eğme testi sonrası görüntüleri 87
Şekil 5.63. Kaynaklı numunelerin darbe tokluğu grafiği
Şekil 5.64. Kaynaklı numunelerin çentik darbe testi sonrası görüntüsü

# ÇİZELGELER DİZİNİ

Sa	<u>yfa</u>
Çizelge 4.1. S235JR ve S355J2 çelik levhaların kimyasal bileşimi	23
Çizelge 4.2. S235JR ve S355J2 çelik levhaların mekanik özellikleri	24
Çizelge 4.3. İlave telin kimyasal bileşimi.	24
Çizelge 4.4. İlave telin mekanik özellikleri.	24
Çizelge 4.5. 1 numaralı kaynak akımı işlemlerinde kullanılan kaynak parametrele	eri. 26
Çizelge 4.6. 2 numaralı kaynak akımı işlemlerinde kullanılan kaynak parametrele	eri. 26
Çizelge 4.7. 3 numaralı kaynak akımı işlemlerinde kullanılan kaynak parametrele	eri. 26

# SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

# SİMGELER

- C : Karbon
- $CO_2$  : Karbondioksit
- Cr : Krom
- Cu : Bakır
- Fe : Demir
- Ni : Nikel
- Mn : Mangan
- Mo : Molibden
- P : Fosfor
- S : Kükürt
- Si : Silisyum

## KISALTMALAR

- AC : Alternatif Akım
- AG : Alçak Gerilim
- ASTM : Amerika Deneme ve Malzeme Topluluğu
- DC : Doğru Akım
- DIN : Alman Standardı
- EIC : Uluslararası Elektroteknik Komitesi
- EN : Avrupa Standardı
- GMAW : Gaz Metal Ark Kaynağı
- ISO : Uluslararası Standart Organizasyonu
- ITAB : Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
- MAG : Metal Aktif Gaz
- MIG : Metal Inert Gaz
- MT : Manyetik Parçacık Testi
- NDT : Tahribatsız Muayene Yöntemi
- SP : Sıvı Penetrant Testi
- TIG : Tungsten Inert Gaz
- TS : Türk Standardı
- VT : Gözle Muayene Testi
- WPS : Kaynak Yöntem Şartnamesi
- YG : Yüksek Gerilim

# **BÖLÜM 1**

## GİRİŞ

Günümüzde trafolar, yağlı transformatörler ve kuru transformatörler olmak üzere iki farklı türde üretilmektedir. Yağlı tip transformatörlerin kazanları tabaka saç ve takviyelerden oluşur. Yağ doldurma işleminde uygulanan vakuma ve transport esnasında oluşan mekanik kuvvetlerle işletmede oluşacak hidrostatik ve hidrodinamik zorlanmalara dayanacak şekilde dizayn edilirler. Taban, yan duvarlar ve takviyelerin birleştirilmesi yağ sızdırmayacak şekilde kaynak yapılırlar. Kapak ve kazan birleştirilmeleri ise cıvatalı sistemler ile veya kaynaklı olabilmektedir (Astor Enerji, 2009). Güç trafoları kazan imalatında genellikle MIG-MAG kaynak yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada da kullanılan S235 ve S355 yapı çelikleri MAG kaynağı ile birleştirilmiştir.

Günümüzde kaynak teknolojisi, önemli oranda yaygınlaşmış, bir veya daha fazla kaynak yöntemini herhangi bir atelye, fabrika, şantiyede vs. görebilmekteyiz. MIG-MAG kaynak yöntemi de ergitmeli kaynak yöntemlerinden en çok tercih edilen kaynak yöntemidir (Anık ve Vural, 1996). MIG-MAG kaynak yöntemi, maliyeti ucuzlatmış, süresini azaltmış ve kaynak kalitesine kaynakçı etkisini de minimize etmiştir. Ek olarak bu kaynak yöntemi yarı otomatik veya otomatik kaynak yöntemleri olarak isimlendirilen modern kaynak yöntemlerindendir. Gelişmiş ülkelerde sıklıkla tercih edilen MAG kaynak yöntemi (yarı otomatik) son zamanlarda ülkemizde de yaygınlaşmaktadır (Ören, 2002, Güner, 2007).

Bu çalışmada; güç trafoları kazan üretimine genellikle tercih edilen S235 ve S355 yapı çelikleri birbirleri ile ve kendi aralarında (S235-S235, S235-S355 ve S355-S355) MAG kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirmelerin kaynak bölgesi, tahribatsız (gözle (VT), sıvı penetrant (SP) ve manyetik parçacık (MT) testleri) ve

tahribatlı (mikroyapı, mikrosertlik incelemeleri, çekme, eğme ve çentik darbe deneyleri) testlerle incelenmiştir.

# **BÖLÜM 2**

# GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ

# 2.1. TRANSFORMATÖR TARİHİ

Trafo, Faraday kanunun (1831) uygulanmasıdır. Bu kanuna göre, demir bir nüveye sarılan iki ayrı sargıdan oluşan testte, bir sargıya doğru akım uygulanmış ve uygulanan bu doğru akımın kesilmesinden sonra diğer sargıda bir darbe geriliminin meydana geldiği belirlenmiştir. Bu keşfin ardından transformatörler araştırılmış ve 1400 VA, 120/72 Volt, 40 Hz'lik ilk transformatör M. Derry ve K. Zipernovsky tarafından 1884'te üretilmiştir. 3 fazlı trafo ise 1890'da üretilmiştir. Günümüzde trafolar yağlı transformatör ve kuru transformatör olarak iki ana grupta üretilmektedir. 1000 Kv-1250 MVA'ya kadar yağlı tip, 36 kV-24 MVA'ya kadar da kuru tip transformatörler üretilebilmektedir.

Trafo üzerinde araştırmalar halen devam etmektedir. Elektrik enerjisi üretiminde kimyasal enerji de kullanılabilmektedir. Günümüzde genellikle halen trafo elektrik enerjisi üretiminde tercih edilmektedir. Gelecekte ise yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerle, bu teknoloji transformatörlerin yerini alabilir. Fakat elektronik cihazların yüksek güçlerde kullanılma olanağı bulunmadığından, yakın gelecekte bunun da gerçekleşmesi beklenmemektedir. Bu durumda gerilim değişiminde transformatörler halen tek seçenektir. Transformatörler elektrik enerjisini iletiminde, dağıtımında ve kullanılmasında çok önemli görevler yapmaktadırlar (Astor Enerji, 2009).

# 2.2. GÜÇ TRANSFORMATÖRLERİ GENEL BİLGİLERİ

Kullanım amaçlarına göre güç transformatörleri genel olarak beş ana grupta toplanabilir.

- Şönt reaktörler,
- Özel transformatörler,
- Generatör transformatörleri,
- Endüstri transformatörleri,
- Şebeke transformatörleri.

# 2.3. TRANSFORMATÖR TİPLERİ

#### 2.3.1. Generatör Transformatörleri

Yükseltici olarak görev yapan bu transformatörler, üçgen bağlantılı alçak gerilim (A.G.) sargısı ile, genellikle 10,5-36 kV arası gerilimlerdeki generatörler tarafından beslenerek, yıldız bağlantılı yüksek gerilim (Y.G.) sargıları ile iletim hatlarına bağlanırlar. Bu transformatörlerin dizaynlarında aşırı ikaz ve aşırı yüklenme şartlarına dikkat etmek gerekir. Generatör uyarmasına bağlı iniş-çıkışlar ve Y.G. nakil hatlarına bağlama veya ayrılma anlarında oluşan aşırı gerilimlerin transformatör çekirdeği üzerindeki etkileri göz önüne alınmalıdır. Ayrıca değişik çevre sıcaklıklarında meydana gelebilecek kısa/uzun süreli aşırı yüklenmelere bağlı olarak sargı ısınmalarının mümkün olduğunca düşük tutulması, soğutma ünitelerinin bu şartlarda çalışmayı sağlayacak kapasiteye sahip olmaları gerekmektedir.

#### 2.3.2. Şebeke Transformatörleri

İki sargılı, üç sargılı veya oto transformatör şeklindeki bu transformatörler indirici olarak görev yaparlar. A.G. tarafında kullanıcıya sabit bir gerilim verebilmek amacı ile Y.G. tarafındaki sargılara boşta veya yük altında çalışan kademe değiştiriciler bağlanır. Genel olarak 3 fazlı olan şebeke transformatörleri tek faz olarak da üretilerek 3 adet tek faz birleşimi ile bank teşkil edebilirler. Bu transformatörlerin dizayn kriterlerini çevre sıcaklıkları, aşırı yük istekleri belirlemektedir (Astor Enerji, 2009).

#### 2.3.3. Endüstri Transformatörleri

Sanayide düşürücü olarak çalışan transformatörlerdir. Ağır çalışma şartlarında çok sık kısa devreye maruz kaldıklarından, tasarımlarında özel tedbirler alınmasını gerektirir. Kapasitif ve endüktif yüklere dayanmalı, aşırı gerilim altında çalışmaya uygun olmalıdırlar. Bu sebeplerden dolayı izolasyon seviyeleri gerekenin üzerinde, düşük endüksiyon ve düşük kayıplı transformatörler tercih edilmelidir.

## 2.3.4. Özel Transformatörler

#### 2.3.4.1. Fırın transformatörleri

Düşük gerilimli, yüksek akımlı bu transformatörler demir-çelik endüstrilerinde, hurda demirin potalı ocaklarda eritilmesine hizmet ederler. Potada hurda eritilmesi esnasında kısa devreler, aşırı gerilimler ve titreşimler oluştuğu için, fırın transformatörlerinde gerekli elektriksel önlemlerin yanı sıra yüksek mekanik mukavemet önlemleri de alınmış olmalıdır. Sekonder tarafında talep edilen düşük gerilimleri temin edebilmek amacı ile primer sargıda kademe şalteri ile ayar yapılır. Çok geniş ayar taleplerinde oto transformatör veya yardımcı transformatör (Booster) çözümleri kullanılabilir. Y.G. tarafına hat bağlantısı izolatörler ile sağlanmakta, A.G. tarafında ise bakır baralı veya içinden su geçirilerek soğutulan bakır borulu sistemler kullanılmaktadır. Transformatör yağının soğutulmasında ise genel olarak yağ/su soğutucuları (ısı eşanjörleri) kullanılmaktadır.

#### 2.3.4.2. Fırın reaktörleri

Fırın transformatörlerinin primer devresine seri olarak bağlanan bu reaktörlerin görevi, titreşimlerin azaltılması için sistem reaktansını yükselterek stabil bir çalışma ortamı sağlamaktır. Yük altında veya boşta çalışan kademe değiştiriciler vasıtası ile %0-100 arası reaktans ayarı yapılabilir. Özel çalışma şartları, sağlam bir dizayn ve yüksek bir mekanik dayanım gerektirir (Astor Enerji, 2009).

#### 2.3.4.3. Akım doğrultucu transformatörler

Doğru akımla çalışan motor kontrol ünitelerinde, kimya tesislerinde, demiryolu sistemlerinde kullanılan transformatörlerdir. D.C. akım pals sayısına bağlı olarak aktif kısım sayıları ve çekirdek yapıları farklılıklar göstermektedir. Kullanım özelliğine bağlı olarak köprü montajlı veya yıldız noktası reaktörlü tipleri bulunan akım doğrultucular 6, 12, 24 vs. palslı sistemlerde çalışmaktadırlar.

#### 2.3.4.4. Faz ayar transformatörleri

Birbirlerine birçok noktadan bağlı şebeke sistemlerinde, enerji akış yönünün kontrol altında tutulması gerekmektedir. Klasik ayarlı transformatörler bu noktada yetersiz kalacağından dolayı faz açıları ayarlı transformatörler kullanılır. Dizayn kriterleri çalışacakları şebeke şartlarına uyum sağlamalarını gerektirdiğinden çok değişkenlik gösterir. Tek aktif kısımlı olabilecekleri gibi çok aktif kısımlı, booster ya da oto transformatörlü de olabilirler. Güçleri genellikle çok büyük olduğundan hacimleri ve ağırlıkları da yüksektir, dolayısı ile üretim kapasiteleri göz önüne alınmalıdır.

#### 2.3.5. Şönt Reaktörler

Şönt reaktörlerin ana görevi, az yüklü enerji iletim hatlarının kapasitif yüklerini kompanze etmek ve anahtarlama esnasında ve yük düşüşlerinde oluşan aşırı gerilimleri azaltmaktır. Bacaklarda dikey dizili saç paketler arasına yerleştirilmiş porselen silindirlerle hava aralıklı çekirdek gibi özel dizayn ve malzemeler gerektiren şönt reaktörlerin gücünü ayarlamak için yükte kademe şalterleri kullanılmaktadır (Astor Enerji, 2009).

# 2.4. TRANSFORMATÖRÜN YAPISI

Transformatörler genel olarak aşağıdaki ana elemanlardan oluşmaktadır.

- Çekirdek,
- Sargılar,

- Gerilim ayar değiştiricileri,
- Terminaller,
- Kazan, kapak ve genleşme depose,
- Transformatör yağı,
- Soğutma ünitesi,
- Donanım ve koruma cihazları.

# 2.4.1. Çekirdek

Çekirdek, trafonun manyetik devresini oluşturmaktadır. Soğuk haddeli, kristalleri yönlü, genellikle 0,3mm kalınlığında silisli M5 saçlardan meydana gelir. Lazerli ve 0,23-0,27mm kalınlığında HI-BI saclar düşük boşta kayba sahip trafolarda tercih edilmektedir. Çekirdekte kullanılan sacları seçerken akım, boşta kaybı ve gürültü düzeyine dikkat edilir. Bu saclar rulo olarak alınır ve CNC tezgahlarında kesilir. Sonrasında ise trafonun bacak ve boyunduruk boyutlarına göre diğer bir tezgahta kesilerek üretilir.

Çekirdek teorik şekli dairedir. Çap genişliğine göre farklı genişlikteki saclar, tabaka kalınlığına göre dizilerek Şekil 2.1'deki formu meydana getirilir. Çekirdekteki aşırı ısınmayı engellemek için tabakalar arasına çıtalarla yağ kanalı açılır. Ayrıca fuko akımı etkisini azaltmak için izolasyon kağıdı da kullanılır. Mekanik olarak mukavet için çekirdekler, alt ve üst boyundurukları pres demirleriyle desteklenir, çelik/fiberglas bandajlarla sabitlenir. Farklı boyutlarda kesilen saclar, dizme tezgahlarında Şekil 2.1'deki şekil meydana getirilir, çelik/fiberglas bandajlarla sabitlenerek "Ш" şekli oluşturulur. Bu şekilde üretilen çekirdek üzerine yapılan bobin montajından sonra, açık olan üst tarafa üst boyunduruk sacı dizilir ve manyetik devre tamamlanır (Astor Enerji, 2009).



Şekil 2.1. Çekirdek teorik formu ve çekirdek formu.

Tek ve üç fazlı trafolarda farklı çeşitlerde çekirdek formları vardır. Tek fazlı 1/2, 2/2 (Şekil 2.2) ve üç fazlı 3/2 (Şekil 2.3) trafolarda geri dönüş bacaklı çekirdeklerin ana kullanım amacı, nakledilirken yüksekliğin uygun boyutlarda sınırlandırılmasıdır. Bu tip trafolarda alt ve üst boyunduruklarda geri dönüş bacakları sac genişliği, sargılı bacağın yarısı kadar olduğu için çekirdek yüksekliği diğer şekillere göre daha düşüktür.



Şekil 2.2. Tek fazlı transformatör çekirdekleri.



Şekil 2.3. Üç fazlı transformatör çekirdekleri.

## 2.4.2. Sargılar

Transformatörler sabit bir frekansta giriş gerilimini (primer gerilim) değiştirerek yeni bir değerde çıkış gerilimi (sekonder gerilim) sağlayan statik elektrik makineleridir. İşletme açısından primer geriliminin değer olarak yüksek veya alçak gerilim olması önemli değildir. Transformatörü besleyen (güç kaynağı) taraf primer, çıkış tarafı ise sekonder olarak tanımlanır. Bu gerilimleri sağlamak için kullanılan sargıların anma gerilimi küçük olanı alçak gerilim (A.G.), anma gerilimi büyük olanı yüksek gerilim (Y.G.) sargıları olarak tanımlanır.

Transformatörün bağlantı grubuna uygun olarak sargılar, üçgen, yıldız ve zik-zak bağlanabilir. Uluslararası Elektroteknik Komitesi (IEC), bir sargının bağlantısını harfler ile tanımlamıştır. Yüksek gerilim sargıları Büyük harfler ile, alçak gerilim sargıları ise Küçük harfler ile gösterilir. Örneğin D, d-Üçgen, Y, y -Yıldız, Z, z-Zik-zak bağlantıyı gösterir. Sargılar Üçgen, Yıldız veya Zik-zak bağlanarak çeşitli bağlantı grupları oluşturulur (Şekil 2.4) (Astor Enerji, 2009).



Şekil 2.4. Transformatör bağlantı grupları.

#### 2.4.3. Gerilim Değiştiriciler

Transformatörlerin çıkış gerilimlerinin mümkün olduğunca sabit değerlerde sağlanması kullanıcılar için oldukça önemlidir. İletim hatlarında yüke de bağlı olarak oluşan gerilim dalgalanmalarının meydana getirdiği çevirme oranı değişikliklerini kompanze edebilmek amacı ile sabit bir sarım sayısına sahip ana sargılara sarım ilavesi veya eksiltmesi (ayar sargıları) yapılır. Bu sarımların devreye alınmasını sağlayan cihazlar "kademe şalteri" olarak tanımlanırlar. Transformatör kazanı içine montajlı veya ayrı bir kazanda ve transformatör kazanına montajlı olabilen bu cihazların çalışma sistemine bağlı olarak iki tipi mevcuttur.

#### 2.4.3.1. Boşta kademe değiştiriciler (komitatörler)

Gerilim değişimlerinin fazla rastlanmadığı sistem ve işletmelerde tercih edilirler. Kademe değiştirileceği zaman transformatörün enerjisi kesilir. Çevirme mekanizması vasıtası ile istenilen konuma getirilir ve bundan sonra transformatöre tekrar enerji verilir.

#### 2.4.3.2. Yükte kademe değiştiriciler

Sık-sık gerilim değişimi gerektiren şebeke veya işletme koşullarında kullanılan ve transformatör yük altında çalışırken otomatik olarak gerilim ayarını yapabilen cihazlardır. Kazan içine dikey olarak konulan, kapalı silindirik bir hazne içindeki ana mekanizmanın alt kısmına yerleştirilmiş kontak uçlarından aktif kısımdaki ayar sargısı uçlarına bakır iletkenlerle bağlantı yapılır. Ana mekanizmadan kazan dışına çıkarılan mil vasıtası ile kazana monte edilmiş ve gerilim ayarlaması için gereken müdahalenin yapıldığı kumanda dolabına bağlanır.

#### 2.4.4. Terminaller

Transformatörlerin sargı uçlarının kazan dışına çıkartılması kapak üzerine yerleştirilen buşingler vasıtası ile yapılır. Buşingler bakır çıkış iletkeni ve porselen izolatörlerden oluşurlar. 45 kV ve altındaki gerilim seviyeleri için genel olarak saplama bakır geçirilmiş DIN tipi olarak tanımlanmış izolatörler kullanılır. 45 kV'un üzerindeki gerilimlerde kondansatör tipi buşingler kullanılmaktadır. İçten dışa doğru metal boru üzerine kağıt izolasyon sarılan ve bu şekilde üst-üste geçirilerek meydana getirilen silindirik kondansatörler sayesinde, ortadan geçen iletkenle porselen izolatör arasında homojen bir gerilim dağılımı sağlanmış olur. Kondenser buşingler iletim hattının sistemine bağlı olarak yağ/hava, yağ/yağ ve yağ/SF6 tiplerinde olabilirler.

#### 2.4.5. Kazan, Kapak ve Genleşme Deposu

Yağlı tip transformatörlerin kazanları tabaka saç ve takviyelerden oluşur. Yağ doldurma işleminde uygulanan vakuma ve transport esnasında oluşan mekanik kuvvetlerle işletmede oluşacak hidrostatik ve hidrodinamik zorlanmalara dayanacak şekilde dizayn edilirler. Taban, yan duvarlar ve takviyelerin birleştirilmesi yağ sızdırmayacak şekilde kaynak yapılırlar. Kapak ve kazan birleştirilmeleri ise cıvatalı sistemler ile veya kaynaklı olabilmektedir. Kazan ve kapak yüzeyleri kumlama, astarlama işlemlerinden sonra özel boyalarla kullanım yerindeki çevre şartlarına uygun olacak kalınlıklarda boyanırlar. Kazan-kapak birleştirmelerinde ve çeşitli flanş v.b. kısımlarda yağ sızdırmazlığını sağlamak için özel contalar kullanılır. Kazan üzerinde yağ doldurma, boşaltma, numune alma vanaları, radyatör bağlantıları için kelebek vanalar, diğer soğutucu tipleri için yağ bağlantı vanaları ile şalter kumanda, soğutucu kumanda dolapları, sıcaklık termometreleri gibi çeşitli ölçme ve koruma cihazları bulunmaktadır.

Çevre ve çalışma şartlarının değiştirdiği ısı sonucu yağ hacmindeki değişiklikleri kompanze etmek Genleşme deposunun görevidir. Kapakla genleşme deposu arasındaki bir boru düzeneği sayesinde transformatör yağı, Kazandan genleşme deposuna veya genleşme deposundan kazana dolaşır. Yağ hacminin azalması veya artmasına bağlı olarak, slikajel dolu nem alıcı üzerinden genleşme deposu içine hava girer veya çıkar. Bu hava hareketi sonucu çevrede kir, kimyasal madde v.b. depo içine girip yağla temas edebilir ve bu da yağ ömrünü azaltır. Bu durumun önlenmesi için lastik balonlar kullanılabilir (Astor Enerji, 2009).

#### 2.4.6. Transformatör Yağları

Transformatörlerde IEC standartlarına uygun olan mineral esaslı yağlar kullanılır. Özel istek üzerine Silikon, Midel7131 veya bitkisel yağlar da kullanılır. Transformatör yağı, sargılarda oluşan ısıyı atmosfere atmak ve aynı zamanda potansiyel farkının olduğu noktalarda elektriksel izolasyonu sağlamak amacıyla kullanılır. Transformatör yağı içerisinde nem bulunmamasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde yağın dielektrik dayanımı azalacak ve aralarında potansiyel farkı bulunan iki iletken arasında kısmi deşarj veya atlama olayı oluşacaktır. Ayrıca yağın içerisindeki nem, ısının artmasıyla birlikte izolasyon malzemelerinin içine yerleşerek, izolasyon malzemelerinin ömrünü azaltır. Bu yüzden transformatör yağı içindeki nem ve yabancı maddeler, özel bir prosedür ile alınır. Bu prosedüre yağ tretmanı adı verilir. Yağın içerisindeki nem, yağın ısıtılması ve akabinde vakum altında bulunan bir hazneye doldurulması ile alınır. Isınan yağ, içindeki nemi bırakma özelliğindedir. Vakum ile bu nem atmosfere atılarak yağ 5 mikrometrelik bir filitreden geçirilerek transformatöre doldurulur. İdeal bir transformatör yağının 60 kV değerinde bir delinme dayanımına sahip olması beklenir. Transformatörün gerilim seviyesi yükselir ise bu değerin daha yüksek olması gerekmektedir.

#### 2.4.7. Soğutma Ünitesi

Transformatörlerin işletme esnasında sargılarda oluşan ısınmalar, kazan yağının radyatör, yağ/hava, yağ/su soğutucuları gibi ekipmanlar vasıtası ile soğutulup tekrar kazana verilmesi ile izolasyon ve yağ değerlerini bozmayacak seviyelerde tutarlar.

#### 2.4.8. Donanım ve Koruma Cihazları

İşletme anında transformatörlerde çeşitli sebeplerden dolayı oluşacak arızaların izlenmesini ve transformatörün bu olumsuzluklardan etkilenmemesini sağlayan cihazlar koruyucu cihazlar olarak adlandırılır. Bu cihazlardan bazıları alarm, bazıları trip, bazıları ise hem alarm hem trip özellikleri ile donatılmışlardır. Bu cihazların sağladığı sinyaller kontrol odasına gönderilerek görevlileri uyarırlar ve bazıları ise

otomatik olarak kesicilere bu sinyalleri aktararak transformatörün enerjisini keserler. Şekil 2.5'te transformatör üretim aşamaları verilmiştir (Astor Enerji, 2009).



Şekil 2.5. Transformatör üretim aşamaları.

Şekil 2.6'de ise MAG kaynak yöntemi ile üretilen transformatör kazan duvar görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.6. Transformatör kazan duvar üretimi görüntüsü.

# BÖLÜM 3

### YAPI ÇELİKLERİ

Avrupa ve İngiltere'de 1980 ve 1990 yıllarında çelik yapı, kompozit kiriş ve döşeme imalatında yapı çelikleri oldukça çok tercih edilmiştir. Ülkemizde ise 1999'da gerçekleşen Marmara depremi ardından inşaat sektöründe bir yapı malzemesi olarak adı daha çok duyulur olmuştur (Şık, 2007).

Yapı çelikleri genellikle, köprü, demiryolu, endüstriyel bina, gemi üretimi, dalgakıran, kablo direği, petrol ve offshore yapılar, ticari yapı, sosyal tesis, çatı katı vb. üretiminde kullanılmaktadır (Şık, 2006, Kaya, 2018).

## 3.1. YAPI ÇELİKLERİ GENEL ÖZELLİKLERİ

Yapı çelikleri genellikle çekme mukavemetlerine göre belli gruplara ayrılmıştır. Öncelikle çekme mukavemetine göre ayrılan yapı çelikleri, akma sınırının da önem arz ettiği köprü, çelik konstrüksiyon, basınçlı kap, taşıt imalatı ve makine yapımında kullanılır.

Yapı çelikleri genelde alaşımsız çelikler olarak bilinir. Mekanik özellikleri daha çok karbon oranına bağlı olarak değişmektedir. En başta azot ve fosfor elementleri de yapı çeliklerinin özellikleri için önem arz etmektedir. Ayrıca üretim şekillerinden dolayı Mn, Si, Cu ve S elementleri de yapı çelikleri için önemli elementlerdir (Najafi v.d. 2019, Kocamanoğlu, 2022).

Ülke ekonomilerinin genel göstergesi olarak demir çelik talebi referans alınır. Bir ülkenin altyapısına harcadığı yatırım, konut yatırımları ve inşaat sektörünün gelişmişlik düzeyi ülkenin ekonomisiyle doğrudan bağlantılıdır. Tüm dünya geneli referans alınacak olursa üretilen çelikler arasında en ciddi pazar payına sahip olan çelikler yapı çelikleridir. Yapı çelikleri başka çelikler ile mukayese edildiğinde gerek fiyat gerek bulunabilirlik yüzdesi olarak çok daha avantajlı konumdadır. Genel çelik piyasasında bulunan ve kullanılan çeliklerin yaklaşık %75 ini yapı çelikleri oluşturur (Kocamanoğlu, 2022).

# 3.2. YAPI ÇELİKLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Yapı çelikleri kalitelerine göre sınıflandırılırlar. Yapı çeliklerinin sınıflandırılmasında bazı yeni düzenlemeler yapılmıştır ve isimleri değişmiştir.

1. Kalite: bu grupta sadece St33 çeliği mevcuttur. Bu çelikte kimyasal içerik analizi olmaz, üretim metodu ve döküm şekli serbesttir. Bu kalitedeki çeliklerin ergitilmesi zordur.

2. Kalite: Bu gruptaki çelikler, maksimum %0,05 P ve %0,05 S ihtiva eder. Bu çeliklerin kaynak kabiliyetleri iyidir ve genelde kaynaklı birleştirme içeren konstrüksiyonlarda tercih edilirler. Belli miktarlarda Si ve Mn'de içerirler. Bu kalite grubunda olan Fe 37 çeliği kaynar döküme uygundur. Ayrıca sakin döküm ya da yarı sakin döküm yapılarak da dökülebilir. Bu kalite grubuna ait Fe 44, Fe 50, Fe 60 ve Fe 70 çelikleri kaynar döküme uygun değildir, mutlaka sakin veya yarı sakin dökülmelidir.

3. Kalite: Bu gruptaki çelikler ince taneli yapısına bağlı olarak yaşlanmaya oldukça dayanıklıdır. Bu kalite grubundaki çelikler genellikle sakin döküm yöntemi ile üretilir. İçeriklerinde bulunan P ve S element miktarları yaklaşık olarak %0,04 ile sınırlıdır. Bu çelikler üretim aşamasında genellikle alüminyum ile deoksidasyon işlemiyle beraber üretilirler.

Genel yapı çeliklerinin talaşlı imalatında, genellikle normal tavlama işlemine tabii tutulmuş veya soğuk şekillendirme ile şekillendirilmiş malzemeler tercih edilir. Genel yapı çeliklerine ekstra bir tavlama işlemi uygulanmasına gerek yoktur. Genellikle tavlama ve 600-650°C'de gerilim giderme tavlanmasıyla, bu çeliklerin sorunsuz

kullanımı için yeterlidir. Bunun dışında bir ısın işlem uygulamasına gerek yoktur (Kınıkoğlu, 2001, Kocamanoğlu, 2022).

# 3.3. YAPI ÇELİKLERİNİN ÜRETİMİ VE KAYNAKLANABİLİRLİĞİ

Yapı çelikleri, genellikle inşaat sektöründe, alaşımsız ve normalize edilmiş düşük karbonlu haddelenmiş levhalar dahil olmak üzere oldukça büyük ve çeşitli bir kullanım alanına sahiptir. Yapı çelikleri genelde mikro alaşımlama veya tane boyutunun kontrolü ve tane boyutu yönlendirmesiyle akma ve çekme mukavemetleri değiştirilerek ve düşük sıcaklıkta tokluk özellikleriyle üretilirler ve bu şekilde kullanıma sunulurlar. Yapı çeliklerinin en önemli imalat yöntemleri soğuk ve sıcak deformasyon, kaynaklı birleştirme, talaşlı imalat yöntemidir. Bu yöntemler arasından en önemlisi şüphesiz ki kaynaklı birleştirme yöntemidir. Yapı çelikleri düşük karbon içerikleri sayesinde çok iyi kaynak özelliklerine sahiptir. Yani kaynaklanabilirlikleri çok iyidir (Çalık, 2009, Kocamanoğlu, 2022).

Yapı çelikleri; köprü, demiryolu, endüstriyel bina, alt yapı projeleri, gemi üretimi, dalgakıran, kablo direği, petrol ve offshore yapılar, sosyal tesis, ticari yapı ve çatı katı vb. üretiminde kullanılmaktadır. Bu çeliklerin birleştirme işlemlerinde genellikle MIG-MAG kaynak yöntemi kullanılması ve kullanım oranının artmasıyla kullanılan koruyucu gaz veya gaz karışımlarının geliştirilmesi ve kaynaklı birleştirme üzerine etkilerinin incelenmesine dair araştırma ve geliştirmeler yapılmaktadır. Gaz karışımları, kaynaklı birleştirmenin özelliklerini iyileştirmesi, daha ekonomik ve hızlı birleştirmeler oluşturması bakımından da oldukça önemlidir (Şık, 2006). Günümüzde sanayisi gelişmiş ülkelerde çok tercih edilen yarı otomatik bir kaynak yöntemi olan MIG-MAG, ülkemizde de her geçen gün tercih edilirliğini arttırmaktadır. Üretimi gerçekleştirilen kaynak makinası ve tel elektrodlar bunu açık olarak ifade etmektedir. Bu yöntem diğer yöntemlerle kıyaslandığında bariz üstünlükleri vardır. Bunlar kaynak hızı, verim yüksekliği, yüksek ergime kapasitesi, emek gücü, malzeme ve kalitedeki artıştır (Şık, 2007).

Endüstride üstünlükleri sebebi ile MIG-MAG kaynak metodu çok tercih edilmektedir (Ünlü, 2011). Son yıllarda sanayileşmiş ülkelerde en çok tercih edilen yarı otomatik
bu kaynak yöntemi ülkemizde de her geçen gün kullanımı artmaktadır (Ören, 2002). Günümüzde ülkemizde yaygınlaşan MIG-MAG kaynak yöntemi; özlü tel, yüksek ergime hızı, bütün pozisyonlarda kaynak edilebilirlik gibi avantajları sayesinde birçok sektörde kullanılmaktadır (Fındık, 2008). Bu yönteme uygun olan özlü tel, iyi dikiş görünümü, iyi tokluk değeri ve düşük birleştirme hatası oluşumu sebepleri ile birçok endüstri alanında tercih edilmektedir. Zor pozisyonlarda bile kaynaklı birleştirmeye sağladığı ekonomik avantajlar sebebiyle çelik yapı ve gemi üretiminde kullanımı her geçen gün artmaktadır (Gülsöz, 2000, Çelik 2013).

### 3.3.1. MIG-MAG Kaynağı

Kaynak için gerekli ısı, devamlı beslenen ve ergiyen bir tel elektrod ile kaynak metali arasında elde edilen arkla ve elektrod üzerinden geçirilen akımının da elektrodda meydana getirdiği direncin ısıtmasıyla oluşturulur. Elektrod çıplak bir tel olup, elektrod besleme sistemiyle kaynak bölgesine ayarlanan sabit hızda iletilir. Çıplak elektrod, kaynak metali, ark ve esas metalin kaynak bölgesine bitişik bölgeleri, atmosferin olumsuz etkilerinden nozuldan iletilen uygun bir gaz/gaz karışımıyla korunur.

Ergiyen elektrot ve soygaz kullanılması sebebiyle metoda MIG (Metal Inert Gas) kaynağı denilir. Bu metotda düşük akım yoğunlu ve darbeli akım kullanma, farklı malzemelere uygulama ve koruyucu gaz olarak aktif bir gazın (CO<sub>2</sub>) veya farklı gaz karışımlarının kullanılması gibi ilerlemeler elde edilmiştir. Bu ilerlemelerle, aktif koruyucu gaz kullanıldığında metoda MAG (Metal Active Gas) kaynağı denilmektedir. Bu isim farkı yalnız metodun ismini belirtirken problem çıkarmıştır ve bu sebeple farklı ülkeler metodu belirtirken farklı isimler kullanmaktadır. Bu metoda Amerika "GMAW-Gaz Metal Ark Kaynağı", İngiltere ve Almanya da "MIG/MAG Kaynağı" ismi verilmiştir. Ülkemizde ise, "Ergiyen Elektrodla Gazaltı veya MIG/MAG Kaynağı" isimleri ile anılmaktadır (Eryürek, 2003).

Torç kaynak makinasına, içinde tel elektrod kılavuzu, akım kablosu, koruyucu gaz hortumu ve soğutma suyu geliş ve dönüş hortumlarını içeren metal spiral takviyeli ve kalın hortumla (torç bağlantı paketi) irtibatlanmıştır. Torç ve kablo grubunun üç görevi vardır. Bir, koruyucu gazı ark bölgesine iletir. İki, elektrodu temas noktasına iletir. Üçüncü ve son görevi ise güç ünitesinden gelen akım kablosunu temas noktasına iletir. Kaynak torcu tetiğine basıldığında, önceden ayarlanmış debide koruyucu gaz akışı başlar, kısa bir süre sonra ark oluşur ve ark oluştuktan çok kısa bir süre sonra da tel sürme tertibatı devreye girer. Kaynağa son verilmesi halindeyse, bu sıralamanın tersi meydana gelir. Büyük güçlü makinalarda ayrıca, soğutma suyunun devreye giriş ve çıkışı da yine aynı kumanda tertibatı tarafından oluşturulmaktadır (Kahraman ve Gülenç, 2016).

### 3.3.1.1. Çalışma prensibi

Bu metodla dışarıdan sağlanan gaz ile korunan, otomatik olarak devamlı beslenen ve ergiyen elektrod kullanılmaktadır. Kaynak operatörünce ilk ayar yapılmasının ardından arkın elektriksel karakteristiği, iç ayar sistemi sayesinde otomatik olarak makina tarafından ayarlanır. Bu sebeple yarı otomatik kaynakta kaynak operatörünce sağlanan elle kontrol, kaynak hızı, doğrultusu ve torc pozisyonudur. Uygun donanım tercih edilip, uygun ayarlar yapıldığında ark boyu ve ark şiddeti kaynak makinasınca otomatik olarak sabitlenir (İnternet, 2011). Şekil 3.1'de kaynağın şematik görüntüsü verilmiştir (Kahraman ve Gülenç, 2016).



Şekil 3.1. MIG-MAG kaynağı prensibi.

## 3.3.1.2. Kaynak donanımı

Kaynak teçhizatı 4 gruptan oluşur,

- a) Torc ve kablo seti
- b) Akım üreteci
- c) Tel sürme mekanizması
- d) Koruyucu gaz sistemi

Şekil 3.2. MIG-MAG kaynağı teçhizatı şeması görülmektedir (Kahraman ve Gülenç, 2016).



Şekil 3.2. MIG-MAG kaynağı techizatı şeması.

## 3.3.1.3. Damla iletim mekanizmaları

MIG-MAG kaynağında metal damlalar elektrodtan iş parçasına dört temel iletim mekanizmasıyla geçer:

- K1sa devre
- İri damla
- Sprey
- Darbeli ark

## 3.3.1.4. Kaynak parametreleri

Kaynak nüfuziyeti, dikiş geometrisi ve kaynak kalitesini etkileyen kaynak parametreleri aşağıda verilmiştir:

- Kaynak akımı
- Ark gerilimi
- Kaynak hızı
- Serbest elektrod uzunluğu
- Elektrod açıları
- Kaynak pozisyonları
- Elektrod çapı

Kaliteli kaynak dikişi eldesi için bu parametrelerin etkilerini anlamak ve bu parametreleri kontrol etmek gerekir. Bu parametreler birbirinden bağımsız değildir. Birinin değiştirilmesi, istenen sonucun eldesi için diğerlerinin veya birkaçının değiştirilmesini gerektirir. Her bir uygulamada en uygun ayarları seçmek için, önemli ölçüde yetenek ve tecrübe gerekir. Kaynak parametrelerinin optimum değerleri aşağıdaki faktörler göz- önüne alınarak seçilir (Eryürek, 2003).

- Esas metalin tipi
- Elektrod bileşimi
- Kaynak pozisyonu
- Kaynaklı birleştirmenin kalitesiyle ilgili istekler

## 3.3.1.5. MIG-MAG kaynağının avantaj ve dezavantajları

Endüstriyel uygulamalarda sıklıkla tercih edilen MIG-MAG kaynak yönteminin üstünlükleri aşağıda verilmiştir.

- Yüksek erime hızı
- Derin nüfuziyet

- Bütün posizyonlarda kaynaklanabilmesi
- Aralıksız kaynak yapılması
- Demir esaslı/demir dışı metal ve alaşımlarının; uygun koruyucu gaz, elektrod ve kaynak parametrelerini seçerek kaynak yapılabilmesi
- Kolay uygulama
- Ekonomik bir yöntem olması
- Yarı otomatik olması
- Tam otomatiğe dönüşüm imkanı.

MIG-MAG kaynağının dezavantajları ise,

- MIG-MAG kaynak yöntemi ekipmanları, örtülü elektrod ark kaynak yöntemi ekipmanlarına göre daha karmaşık, pahalı ve taşınması zordur.
- MIG-MAG kaynak torcu iş parçasına yakın olması gerektiği için örtülü elektrod ark kaynak yöntemi dar alanlarda çalışmak zordur.
- Sertleşebilen çeliklerde MIG-MAG kaynak yöntemiyle yapılan birleştirmeler çatlamaya daha meyillidir. Çünkü örtülü elektrod ark kaynak yöntemindeki gibi kaynak metali soğuma hızını azaltan bir curuf katmanı yoktur.
- MIG-MAG kaynak yöntemi, koruyucu gazı kaynak bölgesinden uzaklaştırabilecek hava akımlarına karşı bir koruma tedbiri gerektirir. Bu sebeple, örtülü elektord ark kaynak yöntemine göre açık alanda kaynak yapmaya uygun değildir (Aran ve Temel, 2004).

## **BÖLÜM 4**

#### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, güç trafoları kazan imalatında genellikle tercih edilen EN 10025-2 S235JR ve EN 10025-2 S355J2 çelikleri, S235-S235, S235-S355 ve S355-S355 grupları halinde üç farklı kaynak akımı kullanılarak, MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. MAG kaynak yönteminin farklı birleştirme grupları kaynak bölgesi üzerine etkileri tahribatsız ve tahribatlı muayene yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Kaynaklı numunelerin yüzey/yüzey altı kusurlarının belirlenmesi için tahribatsız testlerden gözle (VT), sıvı penetrant (PT) ve manyetik parçacık (MT) muayene yöntemleri gerçekleştirilmiştir. Bu testlere ek olarak kaynaklı bağlantıların mekanik özelliklerini belirlemek için de tahribatlı testlerden mikrosertlik incelemeleri, çekme, eğme ve çentik darbe deneyleri uygulanmıştır. İlaveten kaynak bölgesindeki yapısal değişimleri incelemek için kaynaklı birleştirmeler üzerinde mikroyapı çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1. KULLANILAN MALZEMELER

Çalışmalarda 500x125x10 mm boyutlarında S235JR ve S355J2 yapı çelikleri kullanılmıştır. Kullanılan çeliklerin kimyasal içerikleri Çizelge 4.1'de, Çizelge 4.2'de ise mekanik özellikleri verilmiştir. Kaynak işlemlerinde kullanılan 1.2 mm kalınlığındaki, EN 10204-3.1 ESAB özlü ilave metalin Çizelge 4.3'te kimyasal bileşimi, Çizelge 4.4'te ise mekanik özellikleri verilmiştir.

Malzeme (%max)	С	Mn	Р	S	Si	Cu	Ν	Fe
S235JR	0.17	1.40	0.035	0.035	0.40	0.55	0.012	Kalan
S355J2	0.24	1.60	0.035	0.035	0.55	0.55	0.012	Kalan

Çizelge 4.1. S235JR ve S355J2 çelik levhaların kimyasal bileşimi.

	Akma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Uzama (%)
S235JR	235	360-510	24
S355J2	355	470-630	20

Çizelge 4.2. S235JR ve S355J2 çelik levhaların mekanik özellikleri.

Çizelge 4.3. İlave telin kimyasal bileşimi.

3Si1-ESAB	С	Si	Mn	Р	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Fe
EN ISO 14341-A: G	0.08	0.87	1.47	0.014	0.013	0.02	0.02	0.01	0.04	Kalan

Çizelge 4.4. İlave telin mekanik özellikleri.

3Si1-ESAB	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Uzama
	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(%)
EN ISO 14341-A: G	470	560-600	26

# 4.2. MALZEMELERİN KAYNAK İŞLEMİNE HAZIRLANMASI VE BİRLEŞTİRİLMESİ

S235JR ve S355J2 yapı çelikleri, MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmeden önce, şerit testere ile gerekli ölçülerde kesilmiş (500x1250) ve levhaların yüzeyleri oksit, pas veya yağlı atıklardan arındırılması için tel fırça ve üstübü yardımı ile temizlenmiştir. Sonrasında ise TS EN ISO 9692-1 standartlarına göre Şekil 4.1'de görülen çift taraflı V kaynak ağzı levhalara (ölçüler mm olarak verilmiştir) açılmıştır.



Şekil 4.1. Levhara açılan kaynak ağzı detayı.

Levhaların boyutlandırılması, kaynak ağzı açılması ve temizlik aşamalarından sonra da aralarında en az 2 mm kalacak şekilde puntalanarak sabitlenmiştir (Şekil 4.2). MAG kaynak yöntemi ile birleştirme işlemleri, 15 lt/dk %8 CO<sub>2</sub> + %92 Ar içeren karışım gazı kullanılarak, PA (yatay) pozisyonda ve 4'er pasoda gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.3'te kaynak pasoları düzenlemesi görülmektedir.



Şekil 4.2. Kaynak için hazır hale getirilen görüntüsü.



Şekil 4.3. Kaynak pasoları düzenlemesi şematik görüntüsü.

Kaynak işlemleri, Çizelge 4.5 (1 numaralı kaynak akımı), Çizelge 4.6 (2 numaralı kaynak akımı) ve Çizelge 4.7'de (3 numaralı kaynak akımı) verilen kaynak parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Birleştirme işlemlerinde kullanılan Fronius TPS 500'i marka MIG-MAG kaynak makinesi Şekil 4.4'te görülmektedir.

Paso	Akım (A)	Gerilim (V)	Akım türü	Tel besleme hızı (mm/dk)	Hız (mm/sn)	Isı girdisi (KJ/mm)
1	150-170	16-17		4.1	120	0.017
2	220-240	23-24	DC	8.8	70	0.050
3	150-170	16-17	(+)	4	120	0.020
4	220-240	23-24		7.3	80	0.050

Çizelge 4.5. 1 numaralı kaynak akımı işlemlerinde kullanılan kaynak parametreleri.

Çizelge 4.6. 2 numaralı kaynak akımı işlemlerinde kullanılan kaynak parametreleri.

Paso	Akım (A)	Gerilim (V)	Akım türü	Tel besleme hızı (mm/dk)	Hız (mm/sn)	Isı girdisi (KJ/mm)
1	170-190	16-17		4.8	110	0.020
2	270-290	23-24	DC	8.8	70	0.070
3	170-190	16-17	(+)	4.8	110	0.020
4	270-290	23-24		8.8	70	0.070

Çizelge 4.7. 3 numaralı kaynak akımı işlemlerinde kullanılan kaynak parametreleri.

Paso	Akım (A)	Gerilim (V)	Akım türü	Tel besleme hızı (mm/dk)	Hız (mm/sn)	Isı girdisi (KJ/mm)
1	180-200	18-19		5.2	80	0.035
2	340-360	27-29	DC	12.2	55	0.140
3	180-200	18-19	(+)	5.2	80	0.035
4	330-350	27-29		12.5	55	0.140



Şekil 4.4. Kaynak işlemlerinde kullanılan kaynak makinesi görüntüsü.

## 4.3. KAYNAK YÖNTEM SPESİSİFİKASYONLARI (WPS)

MAG kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilen basınçlı kap çeliği numune gruplarının WPS'leri Şekil 4.5 (S235-S235 1 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.6 (S235-S235 2 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.7 (S235-S235 3 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.8 (S235-S355 1 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.9 (S235-S355 2 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.10 (S235-S355 3 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.11 (S355-S355 1 numaralı kaynak akımı), Şekil 4.12 (S355-S355 2 numaralı kaynak akımı) ve Şekil 4.13'de (S355-S355 3 numaralı kaynak akımı) verilmiştir.

	4			ÓN	KAY	AST	OR E	NER	Uİ A.Ş. M SARTNAM	FSI		Distor	nan Ne: wet Mo.		
	1	-		W	LOIN	IG PR	OCEO	URF	SPECIFICATION			Acritect	Taring		
	AS	ro i	5.				WPE	100	14			Anvalue à	lote:		
-		_			( 160	1057	NIA.	LT IN	TASE OF MELD	1007		Anteler /	ka:		
Kayna WPQR	ik Yönten No:	n Testi	No:	50100		i DEL	TLA	1/14	Malzeme Kall (ISO 15608 'e Motenci Gualit (Acc. To ISO 15	tesi ve Grubu Göre): y and Group sonj		Groe	up 1.1	Group 1.2	
ligii și Applici	landart: abie Code	ĸ		15 EN ISO	156	4-1			Boru Dig Çapı Ripe Outside D	(mm): lameter (mm):					
Kayna Weidin	ik Yönten g Process	ni / Uy / Type:	gulama:	N/A		- 3	35		Malzeme El K Parent Metal 7		,	rom 3 to	20 mm		
Kayno Joint Ty	ik filpit /pe:			BY	N		Kaynak Pazisyonu: Welding Position						PA	🖾 Plaka	
			Kaynak Diza	ym / John Design					12 12	Kaynak Sin	osi / Weichn	g Seque	108	Supervision of	
	10		N	2							2 1 3 4				
Paso Run	Yönlem Process	Çap	Dolgu Tell / Siniflanderna v	Filer Metal 8 Marka Designation ade Name	Al	Voltaj voltage (V)		Alam Tipl/*olorite Type of	Tel Basleme Hizi Wire Feed (mm/or)	Ha Travel Sc (mm/r	xed	ls: Gi MD	irdisi Aleat ut (KJimm)		
t	135	012	EN ISO 1434	-A-G 350 - ESAB	150	150 120 14 1 12			DC/+)	(mm/m)	120	1	-	0.017	
2	135	@1,2	EN ISO 1434	1-A: G 35i1 - ESA8	220	240	22	23	DC(+) DC(+)	8.8	70		0,017	0.050	
3	135	Ø1.2	EN ISO 1434	1-A: G 3511 - ESA8	150	50 170	170	17	18	DC(+)	4	12	)		0.020
4	135	@1.2	EN ISO 1434	1-A: G 3511 - ESAB	220	240	23	24	DC(+)	7.3	80	10	1	0.050	
Weidin	g Protect	ve Gas	200;	EN ISO 1/	175:	M2			Booking:	sečan:			Haye	/No	
Gaz D Gas Fic	ebisi (ilm ove Rate (i	e/dk): rec/min	el.	1,	5				Kök Destek M Bocking Mater	alzemesi: al					
Nozul Nozzie	Çapı: Diameter	ŝ		N/	A				Arkadan Yan Back Gauiging	na:			Evel Hays	/ Yes / Na	
Nozul	Îș Parça Port Dista	nce or	afesi ve Açısı: no Angie:	135:10 mm		135	: 90*		Arkadan Yan Method of Bac	na Yöntemi: t Goulging :		taş gr	lama va Inding, 1	<b>trçalama</b> wire brush	
Tungst	len tiekh an Eischo	od Tip de Typ	l / Copc e / Ster	ж		1	•		Kaynak Ağzı Method ol Prej	un Hazırlarımar saratları and Cle	it aning	Sic Arçala Therm wite	ok kesin ma ve y min or out or brush or nece	s/tastama. ağ gidermeyi alt altor grinding degrecse as ssary	
Ön lai Prehec	lma: 21 Temper	of wet		Room	Temp	p.			Pasalar Arası Interpots Yemp	Sicaldik: erchue:			N	/A	
	Kaynak S Past Weld	ionras Heal <sup>1</sup>	i tol Işlem: Neotment:	Isifma Hizi (°C/h) Heating Rate (°C/h		,	Sicak	dek (*	(C) H(C)	Boldeme Süres Holding Time (	i (dk) mini	50	ğutma boling R	Has ("C/h) ofe /"C/h/	
	Evet / Yes	Ø	Hayır / No					+	-				-	-	
	Notion: Removis:		Bu WPS aynca to	amir koynoklarında k	ullar	idobi	k / Th	s wr	5 ato con be u	ed for repair we	di	1			
-			Hazirlayan /	Prepared by						Onaylaya	n / Approv	ed by			
		.tr	Half GO T	OPLYAN Ung Engineer					int.	MERICAN	OPL/XI Iding Eng 00715-10	AN ineer	1	8	

Şekil 4.5. S235-S235 1 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	1	1		ÖN	AST KAYNAI ELDING PR	OR ENE K YÖNT	RJİ A.Ş. EM ŞARTNAJ E SPECIFICAN	MESI 2N		Dickliman Nor Document No. Resizyon Tarihi	
	ASI	0				WPSNO	007			Review Dele	-
	_			KAYNA	K TEST DEL	AYLARI /	DETAILS OF WELL	D 1EST		and the	
Kayna	ik Yönten No:	n Teall	No				Molzeme Kr (ISO 15408 <sup>-</sup> Motorial Gua (Acc. 7a ISO	allesi ve Grubu e Göre): Vity and Group 15508):		Group 1.1	Group 1.3
ilgili Si Applic	andart: able Code	-		TS EN ISC	15614-1		Boru Dis Co Pipe Outside	pi (mm): Diameter (mm):			
Kayna	k Yönten g Process	ni / Uy / Type:	gulama:	N/A	1	35	Malzeme El Kalinhiĝi (mm): Parent Aletal Thianesi (mm):			from 3	o 20 mm
Kayna Joint It	ik Tipi: pe:			8	w		Kaynak Poz Welding Posi	layonu:		PA	Plaka
			Kaynak Diza	iyni / Joint Design				Kaynak Se	as / Weldin	g Sequence	C DOID
	10		2	2					134		
Paso Jun	Yönlem Process	Çop Site	Dolgu Teli , Sinflandirma v and 7	(Filer Métal • Marka Designation rade Nome	Alom Current (A)	Voltoj Voltops (V)	Akm Tipl/Polarit Type of Curent/Polar	e Him Wire Feed	Ha Pavel Sc (mmis	seed In C	Findial Heat put (KJ/mm)
1	135	Ø1,2	EN ISO 1434	1-A: G 35/1 - ESAB	170 190	16 1	DC[+]	4,8	110		0.020
2	135	@1.2	EN ISO 1434	1-A: G 3511 - E5A8	270 290	23 2	DC(+)	8,8	70		0.070
3	135	01.2	EN ISO 1434 EN ISO 1434	1-A: G 351 - ESA8	220 290	23 2	DC(+)	4,8	110		0.020
Kayna	k Korvyu a fratecti	eu Ge	m:	EN ISO 1	4175; M2	1 1	Kök Destek	Parçası.		D Ever	/Yes
Ges D Ges Fie	ebisi (like w Rote //	/dk):	đ	t	5		Kők Destek	Malzemesk mar			-
Nogul Hogie	Çopi : Diameter;	5		N,	(A)		Arkadan Ya Back Goulai	ema; O		Evel 2 Hay	r / Yes r / No
Nozul	ls Porços Port Disto	Meso	afesi ve Açısı: d Angle:	135:10 mm	135	90*	Arkedon Yo Method of Br	anna Yäntemi: ack Gaviging :		taşlama v grinding,	e firçalama wire brush
Tungs	len Bekin m Becho	od Tipi de Typi	l / Capc e / Ster	3	3	÷	<b>Kaynak Ağı</b> Method of A	enin Haerlanma reparation and Ck	er Hanivig:	Sicak kes fingalama ve mi Thermal cut a wite brush o nec	in/faskama, yağ gidarmay luaft nd/or grinding r degreate as essary
Ón Isi Prohoc	ima: It Tempers	sture!		Room	Temp.		Pasolar Ara Interpassion	s Sicaldik: sperature:		,	4/A
	Kaynak S Post Weld	onrasi Necr I	tal blom:	Islima Hus ('C/h Heating Rate ('C/l	1 1	Sicaklik emperatu	('C)	Bekterne Süres Holaing Time (	il (dik) minj	Soğutma Cooling	Has ("C/h) Rate ("C/h)
	Evet / Yos	12	Hayır / No	-				-			•
1	Notion Remarks		Bu WPS aynca I	amir kaynaklarında l	kulianiabi	lir / This W	91 also can be	vsed for repair we	lds		
			Hazrlayon /	Prepared by				Onaylaya	an / Approv	edby	
		Inte		FLAVAN			. Ar	Harin GUL Investional Ve INVESTOR 27	OPCAYA Joing Engl Co715-10	ncer	

Şekil 4.6. S235-S235 2 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	4			ÖN	KA	AST	OR E	NER	Uİ A.Ş. M ŞARTNAM	esi		Dokin Jocan	ran No: ent No:	
	As	TO	2	W	ELDIN	G PR	OCED WPS I		SPECIFICATION X07	(		Revieword Analogo D Revieword	Tarthi No:	
				KAYNA	K TEST	T DET/	AYLAR	8/0	ETAILS OF WELD 1	1637		prosta a	-	
Kayna WPGR	sk Yönter No:	n Testi	No:						Malzeme Kali (ISO 15408 'e Material Qualit (Acc. To ISO 15	tesi ve Grubu Gâre): y and Group 608;:		Grou	ip 1.1	Group 1.2
<b>igili S</b> Applic	landart: obie Coa	e:		TS EN ISO	1561	14-1			Beru Diş Çopi Pipe Outside Di					
Kayna	sk Yönter 19 Process	ni / Uy / Type	gulama:	N/A		1	35		Malzeme El K Parent Metal D			rom 3 k	20 mm	
Kayna Joint T	sk tipi: ype:			8	N				Kaynak Pozisi Welding Positio		F	A	Hake	
	-	1.5	Kaynak Diza	syni / Joint Design						Kaynak Se	ası / Weidin	g Sequer	nce	12010
	10			2							1 3 4			
Paso Kun	Yönlem Process	Çop Size	Dolgu Teli Sinflandirma v and 7	/ filer Metal ve Marka Designation hade Norte	A) Cur J	kem Vor mm/r (A) I		itaj oge	Akm Tipl/Polarite Type of Curont/Polarity	Tel Besleme Max Wre-Feed Im/di/	Haz Trowei Sa Jimmis	xed nj	lai Gi	rdial iteot (f 永//mm)
1	135	@1,2	EN ISO 1434	11-A: G 3511 - ESAB	180	200	18 27	19	DC(+)	/ /m/dk/ 5.2	80			0.035
2	135	@1.2	EN ISO 1434	11-A: G 3511 - ESA8	340	360		29	DC[+]	12.2	55	s		0,340
3	135	Ø1,2	EN ISO 1434	(1-A: G 35)1 - ESA8	180	200	18	19	DC(+)	5,2	80	5 - 1 1		0.035
Kayna	g Protect	CU GO	EN ISO 1434	EN ISO 1	175	350 M2	21	29	Kök Destek Po Bocking:	12,5 arçası:	50		Evel . Novr	0,140 / Yes / No
Goz D Goz As	ebisi (litra ow Rote (l	e/dk): her/mir	4	1	ş				Kök Destek M Bocking Materi	alzemest al,				-
Nozul Nozale	Çapı: Diameter			NZ	и				Arkedan Yaw Back Gouiging	na:			Evel . Hayr	l Yes / No
Nozul Nozzle	lş Parça Part Dara	nce or	alesi ve Açısı: Ist Angle:	135:10 mm		135	90*		Arkadan Yan Melhod of Bac	na Yöntemit k Gauging :		taşi gri	ama ve nding, v	hrçalama vire brush
Tungs Tungst	len Bektr en Electro	od Tip de Typ	l / Copc e / Stat:	+		2			Kaynak Ağzır Method ol Prej	un Hazrionmo sarafion and Cie	ic oning:	Sic firçala therm wite	ak kesih ma ve y mik al cut an brush or nece	ni <b>tasiama</b> , <b>sğ glalermey</b> a <b>t</b> d/or grinding degrease as isony
Ön laf Pieheo	t <b>ma</b> : st Tempers	ofwe:		Room	Temp	3,			Pasolar Arasi merpasi temp	Sicaldik: erature			N	/A.
1	Kaynak S Post Weld	ionras (Hea/1	i <mark>tal İşlem:</mark> heatment:	Islima Has (°C/h) Heating Rate / C/h	1	,	Sical enpe	dik (	(C)	Bekleme Süres Holding Time ()	l (dlk) min/	So	ğutma i oalng k	Har (°C/h) ste (°C/h)
	Evel / Yes	2	Hayır / No					+		-			-	
	Notiar: Remarks		Bu WPS ayaca 1	lamir kaynaklannda k	ullan	ilabil	ir / Th	is WP	S alla con be us	ed for repair wei	08			
		130 Kaliwa	Hasiloyon /	Prepared by	-				inter	Oncylays	In / Accrow	ACDK	1	

Şekil 4.7. S235-S235 3 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	4	1		ÖN	AST KAYNA	K YÖN	NER	Uİ A.Ş. M ŞARTNAMI	esi		Böküm Docume	im No: re: Ma:	
	AST	OF	2	W	LOING PR	OCED	URE	SPECIFICATION	1		Revizyan Aevit/on Co	Tarihi Ar	
						WPS N	0.1	805			Aestalas Ad		
Kayna	ik Yönten No:	n Testi	No:	KAYNA	K TEST DET	AYLAR	10	Malzeme Kali (ISO 15608 'e Maleriol Quality (Acc. To ISO 15	EST Göre): y and Group 605)		Grou	p 1.2	Group 1.2
ligil Si Applic	andart: abis Code			TS EN ISO	15614-1			Boru Dış Çapı Pipe Outside Di	(mm): umeter (mm)				
Kayna Weidin	sk Yöntes g Process	ni / Uy / Type:	gulama:	N/A	1	35		Malzeme El Ki Parent Metal Th	ainliği (mm): ickness (mm):		to	om 3 to	20 mm
Kayna Joint Tj	ak Tipit vpa:			84	N			Kaynak Pozicy Welding Positio		P	٨	Plaka	
			Kaynak Diza	ayna / Joint Design				4	Koynok Sin	as / Weichi	g Sequen	0ê	Steen a
	10		N							2 1 3 4			
Paso Run	Yöntem Procesi	Çap 10e	Dolgu Teli Smillandirma and	/ filler Metal <b>ve Marka</b> Designation Nade Hame	Akm Curest (A)	orm Voltaj Voltage Al (V)		Alam Tipl/Polarite Type of Curent/Polarity	Tel Besleme Han Whe Feed (mm/bit)	Hiz Travel Sp jmmus	t Isi G pried Inc soj		<b>irdisi</b> /Heat ut (KU/mm)
1	135	Ø1,2	EN ISO 143	41-A: G-35i1 - ESAB	150 170	16	17	DC(+)	4.1	120		-	0.017
2	135	Ø1,2	EN ISO 1434	41-A: G 3511 - ESAB	220 240	22	23	DC(+)	4,1 8,8 4	70	1		0,050
3	135	@1.2	EN ISO 143	41-A: G 35i1 - ESAB	150 170	17	18	DC(+)		120	1		0.020
4 Kayna	a Protect	EU Go	BN 150 143	EN ISO 14	220 240 175: M2	23	24	Bocking	7.3 жçая:	-60		Evel	0.050 / Yes
Gar D	ebisi (lim	k/dk): for/imir	τĮ.	1	5	_		Kók Destek M Bocking Materi	alzemest: at		15	nete	
Nozul	Çapı: Diameter			N/	A			Arkedan Yerr Back Gauiging	na:			Evet. Hayr	/ Yes / No
Nozul Nozale	-liş Parçaı Part Dista	nce on	afesî ve Açısı: Id Angle:	135:10 mm	133	5: 90*		Arkadan Yan Method of Bac	na Yöntemi: EGasiging :		taşle grit	ama va nding, n	feçalama wire brush
Tungs Tungst	len Elektr en Flecho	od Tip de Typ	l / Çapc e / Sze			•		Kaynak Ağzır Method ol Pres	un Kazırlarımas saratları and Cle	ir oning	Sice Arcalor Thormo wire 2	ali kesh na ve y min sl cut ar srush or nece	n/Taplama, ağ gidermey alf ad/ar grinding degrease as isary
Ön Ist hehe:	lma: 21 Temper	ofune:		Room	Temp.			Pasalar Arası Milerpats Temp	Sicakik: elature:			N	/A
	Kaynak 1 Post Weld	ionras reat	i <mark>tul lşlom:</mark> Neatment:	larima Haz (°C/h) Hearing Rate (°C/h		Sicak Temper	lik (	(C)	Bekleme Süres Holding Time in	i (dk)	Sol	jutma soling k	Has ('C/h)
۵	Evel / Yes	2	Hayer / No				÷.					÷	-
	Notion Remarks		Bu WPS ayrica	tamir kaynaklarında k	ullaniebi	lir / the	1 147	15 also can be u	ed for repair wei	đi			
		.1	Hapilayan /	TOPLAYAN Hung Engineer						IN ADDRESS	AYAN Loyaki	-	

Şekil 4.8. S235-S355 1 numaralı kaynak akımına ait WPS.

_							_	-				-		
	4	1	-	ÕN	KAY	AST	OR EN	ITE	LIİ A.Ş. M ŞARTNAMI	esi		DOKOM DOCUM	un No: ent No:	
	451	-		W	ELDINI	G PR	OCEDI	IRE	SPECIFICATION	1		Revieyon ferrior 2	Tarihi	
	1000	21	2				WPS N	0:0	202			Reviework I	Mai .	
			-	KAYNA	C TEST	DETA	AYLARI	/ D	FALL OF WELD T	EST	/			
Kayna	sk Tönlen No:	n Testi	No:						Malzeme Kall (ISO 15608 'e ( Material Guality (Acc. To ISO 150	esi ve Grubu Gôre): rand Group 500		Grou	ip 1.1	Group 1.1
Applo	landarl: able Code	e		TS EN ISC	1561	4-1			Boru Dış Çapı Pipe Outside Di	(mm) ometer (mm):	i i			
Kayna Weidin	ak Yönlen 19 Process	ni / uy / Type:	gulama:	N/A		1	35	Malzeme Et Kalınlığı (mm): Parent Metal Thickness (mm):				+	om 3 fo	20 mm
Kayne John Ty	ak Tipi: vpe:			87	N				Kaynak Pezisy Welding Position	onu: T		P	A	🖸 Plaka 🗆 Boru
			Koynak Diza	ayns / Joint Design					2	Kaynak Ser	ası / Weidin	g Sequer	ice .	
	10	L	N								21.34			
-			Doigu Teli	/ Filer Metal		-		-	Alum	In Sectors	1			
Paso Run	Yöntem Process	Çap 10e	Sinflandima v	re Marka Designation Dade Name	neot. N	Volto Volto	ge ge	Tipi/Polarite Type of Curent/Polarity	Hize Wite Reed (mm/dR)	Ha Travel Sc (mm2)	t peed in)	Isi Girdisi Hi Input (K.//mm		
- 1	135	Ø1.2	EN ISO 143	41-A: G 35i1 - ESA5	170	190	16	17	DC(+)	4,8	110	)		0;020
2	135	@1.2	EN ISO 1434	41-A: G 3511 - E5A8	270	290	23	24	DC(+)	8,8	70			0.070
4	135	Ø1.2	EN ISO 1434 EN ISO 1434	41-A: G 3511 - ESAB	270	290	23	24	DC(+) DC(+)	4.8	70	3	-	0.020
Kayna	ak Koruyu ng Protecti	icu Gas	un:	EN ISO 14	4175:	м2	1.001		Kök Destek Po Rocking:	нçан:			Evel , Hays	/Yes /No
Gaz D Gas Fie	ebisi (Iltre ow Role (Il	e/dk): her/min	IJ	1	5				Kök Destek M Bocking Materia	atzemest: st				-
Nozul Nozrie	Capi : Diameter			N/	A				Arkadan Yam Back Gauging	na:		0	Evel Hayr	/ Yes / No
Nozul-	-ls Parças Part Dista	nce an	alesi ve Açısı: oʻAngler	135:10 mm		135	90*		Arkadan Yam Method of Back	na Yönlemi: KGaviging :		taşi gri	ama ve nding, v	<b>lirçalama</b> wire brush
Tungsh	ten Elektro	od Tipl de Type	/ Çope e / Sze				•		Kaynak Ağısın Method ol Prep	in Hazifarimas aration and Cie	ic aning:	Sic Arçalar Therms wire i	alt kesh ma ve y mö ol out or brush or nece	n/faplama, ağ gidarmey alf diar grinding diagradus at sany
On ter	tma: at Temper	ture		Room	Temp				Pasolar Arasi	Sicokik:			N	A
110-10-0	Kaynak S	ionrasi	tsi İşlem:	Istino Has (°C/h) Neating Rate (°C/h	1	,	Sicald	ik ('	(C) 1	Boldeme Süresi Holding Time ir	i (dk)	50	ğulma soling A	Has ("C/h)
	Evet / Yes	2	Haya / No	-			-	-						•
	Notion: Remarks:		Bu WPS aynca i	tamir koynaklarında k	ullan	fabi	le / The	WP	3 ato can be us	ed for repair wel	th.	1		
-			Hazrlayan /	Repored by						Onaylaya	n / Abbrow	ed by		
		Ha	P	TIS 10					1 Int	talil GULT	ding Eng	AN	-	

Şekil 4.9. S235-S355 2 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	4	•		ÖN	KAY	AST	OR E	NER	JÎ A.Ş. M ŞARTNAM	esi		DSk5m Dajum	san Na: Ierit Ma	
	As	0	2	90	LOIN	G PR	OCED WPS N	URE IO: 0	SPECIFICATION	(		Revizyor Revision 2 Nevision 1	n Tarihi Isle Na	
-		-		KAYNA	K TEST	DETA	YLAR	10	ETALS OF WELD 1	1537		hereter	he	
Kayno WPQR	sk Yönler No:	n Testi	No:						Malzeme Kall (ISO 15408 'e Matarial Quality (Acc. To ISO 15	lesi ve Grubu Göre): y and Group 600):		Grou	up 1.2	Group 1.2
igii Standart: Appleable Code: AppleAble Vialent / Itura Jama				TS EN ISO	4-1			Boru Dış Çapı Pipe Outside Di	(mm): (mm):				Ē	
Kayno	g Process	ni / Uy / Type:	gulama:	N/A		1	35		Malzeme El Ki Porent Metal In	ainiği (mm): Icines (mm)!			iom 3 lo	20 mm
Kayna Joint Ty	ak Tipi: koer			81	N				Kaynak Pozisy Welding Positio	yonu: n			PA .	Maka
			Kaynak Diza	aynı / Joint Design				- 3		Kaynak Sin	on / Weicks	g Seque	nce	140
	1.		Rabor Fre	2	_						4			
Pasa Run	Yónfem Process	Çap	Similandiana v and l	/ Aler Metal <b>re Marka</b> Designation Trade Name	Al Cur	cern nervt N	Vol Volto (M	(a)	Alum Tipl/Polarite Type of Curent/Polarity	Tel Besleme Ha Wire Feed (m/ak)	Ha Travel Sc (mm,d	peed Inp		indisi Ae-at ut/KJ/mm/
1	135	Ø1,2	EN ISO 1434	41-A: G 35i1 - ESA8	180	200	18	19	DC(+)	5.2	- 60	5		0.035
2	135	Ø1.2	EN ISO 1434	41-A: G 3511 - ESAB	340	360	27	29	DC(+)	12,2	55			0,140
4	135	Ø1.2	EN ISO 143	41-A: G 3511 - ESAB	330	350	18	29	DC(+) DC(+)	12.5	80		-	0.035
(ayna Weidin	ak Korvyu g Protecti	ve Gos	m;	EN 150 1	175:	M2			Kök Destek Po Bocking:	акфаан:			Evet, Hoya	/ Yes / No
Gaz D Das Fil	ebisi (iltre ow Rote (i	/dk) /er/min	ų.	1.	5				Kők Destek M Backing Materi	lolzemes): Iol			-	5
Nozul Nojzle	Çapez Diameter			N/	A				Arkadan Yam Back Gaviging	ma:			Evel Hayr	/Yes /No
Nozul	l <b>a Parça</b> Part Dista	nce an	desî ve Açısı: d'Angle	135:10 mm		135	90*		Arkadan Yan Method of Bac	ma Yöntemi: k Gauging :		taşi gri	lomo ve inding.	frçalama wire brush
Tungs Tungsh	len Elektr en Decho	od Tipi de Type	/ Çopt :/ Sze				1		Kaynak Ağzır Method ol Pres	an Hazirlanmas paration and Cle	ic oning:	Sic firçala Therm wite	cek kesh ma ve y mö of cut or brush or hece	n/taplama. oğ gidarmay iall ial/or grinding degrecse os isory
On Isitma: Preheat Temperature: Room					temp	».			Pasolar Arasi Sicaklik: Interpass Temperature:			N/A		
	Kaynak Sanrasi Isl İşlem: Isitma Hizi ("C/h Post Weld Heat Neatment: Heating Rate ("C/					r	Sicak	lik (	C) Beideme Süresi (dk) e(°C) Holding Time (min)			Soğutma Hai (°C/h) Cooling Aate (°C/h)		
	Evel / Yes	Ø	Hayır / No					•		-				-
	Notion: Remarks		Bu WPS ayrica	tamir kaynaklarında k	ullan	fabi	ir / Thi	WP	5 also can be us	ed for repair wel	di			
		Ha	Hazilayan /	Prepared by					ş Int	Onayloya	PPL (1)	ed by		

Şekil 4.10. S235-S355 3 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	4			ŌN	KAY	AST	OR E	NER	LIİ A.Ş. M ŞARTNAI	ME	ISÍ		Dákůs Decun	man No: Nord No:		
	Ast	IOF	2	W	ELDIN	G PR	OCED WPS N	URE	SPECIFICATIO	NC			Reviaya Antoint Recipion	n Tarihi Dare Na		
				KAYNA	K TEST	DETA	AYLAR	170	ETALS OF WELL	0 78	EST		Anten	Ac		
Kayna WPQR	ak Yönter No:	n Testi	No:				Malzeme Ki (ISO 15608 Material Gua (Acc. To ISO	esi ve Grubu Sõre): and Group 1081:	Group 1.1		Group 1.1					
iigii S Apple	landart: able Code	6		TS EN ISC	1561	4-1			Boru Dış Ça Pipe Outside	pi ( Dic	(mm): ameter (mm):					
Kayna Weldin	sk Yönten 9 Process	ni / Uy / Type:	gulama:	N/A		1	35		Malzeme Et Parent Metal	Ko	aknlığı (mm): ickness (mm):		1	irom 3 to	20 mm	
Kayna Joint Tj	sk Tipi: vpe:			8	N				Kaynak Pos Weicing Posi	isy tor	onut v			PA	Plaka Boru	
		_	Kaynak Disa	rymi / Joint Design							Kaynak Sire	as / Weldin	g Seque	nce		
	10		0	2								2 - 1 3 4				
Paso Run	Yöntem Process	Çap Size	Dolgu Tell ( Siniflandirma v and 7	Filer Metai     Marka Designation     rade Name	Ak Cum /A	ent U	Volto	taj ige	Alam Tipl/Polarit Type of	0	Tel Besleme Has Wite Feed	Hia Travel Sp (mm/s	leod Isi Gi m)		n <b>disi</b> Heat At (KC/mm)	
1	135	@1.2	EN ISO 1434	11-A: G 3511 - ESAB	150	170	16	17	DC(+)	ux	4.1	120	)	0.017		
2	135	@1.2	EN ISO 1434	II-A: G 35I1 - ESA8	220 240 150 170		22	23	DC(+)		8.8	70			0.050	
3	135	@1,2	EN ISO 1434	II-A: G 35II - ESAB				17	18	DC(*)		4	120	)		0.020
4	135	@1,2	EN ISO 1434	IT-A: G 3511 - ESAB	220	240	23	24	DC(+)	_	7.3	80			0.050	
Veidin	g Protecti	re Gal	800	EN ISO 14	(175: )	M2			Kök Destek Backing:	Pa	rçası:	1100.0	0	Evet , Haye	Yes /No	
Gaz D Gas Pic	ebisi (litre ow Rate (V	e/dik): tec/min	d	13	5				Kök Destek Backing Mat	Mo	skemest: I:	-10				
Nozul Nozzle	Çapı: Diameter			N/	A				Arkadan Yarma: Back Goviging:					Bayer / No		
Nozul	l <b>ș Parças</b> Part Dista	nce an	afesî ve Aças: Ia Angle:	135:10 mm	135: 90*				Arkadan Yarma Yöntemi: Method of Back Gauging:					faşlama ve firçalama grinding, wire brush		
Tungs Tungst	len Bektr en Bectro	od Tipi de Type	/ Çapc » / Saar	*			ŝ		Kaynak Ağı Method of P	zini V P	in Hazirlanmas aration and Cle	c oning:	Se Arçala Therm wite	ak kesin ma ve yo müs al cut an brush ar nece	(Maplama, ağı gildermey alf d/or grindin; degrecise as isory	
Ön Isilma: Preheat Temperature: Room					1emp	÷			Pasolar Arası Sıcaklık: Interpass Temperature:					N,	A	
Kaynak Sonrasi Isil Işlem: İsilma Has Past Weld Heat Treatment: Heating Rat						R	Sicak	lik (* oture	C) Bekleme Süresi (dk) ef Cl Nolding Time (min)			(dk)	50	Soğulma Haı (°C/h) Cooling Kale (°C/h)		
	Evet/Yes Have / No															
	Nollar: Remarks		Bu WPS aynca t	amir kaynaklarında k	ullani	labili	r / Thi	s WP	S alto can be	LSC	id for repair web	dı.				
	1	Hal	Haziloyan /	Avan Avan Bugineer S-10					In	Ha	Chayloya	ACCOUNT OF A	nder	/		

Şekil 4.11. S355-S355 1 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	4	1		ÖN	KAY	AST	OR E	NER NTE	Uİ A.Ş. M ŞARTNAM	ESÍ	600	Dökies	an No- cré No		
	AST	0	2	W	ELDIN	G PR	OCED WPS N	NO: 0	SPECIFICATION	v		Havityon Position Jo Reviewen P	Tarihi stv: Va		
-		_		KAYNA	K TEST	DET.	TLAR	1/D	TALS OF WELD	WSF		Datation A	n .		
Kaynak Töntem Testi Na: WPGF Na: ligil Standart:									Malseme Kali (ISO 15668 'e Material Osofit (Acc. To (SO 15	Resil ve Grubu Göre): y and Grosp 605;	Group 1.2		Group 1.2		
Applic SI	andart; obie Code	-		75 EN 150	4-1			Boru Dış Çapı Fipe Outside D	(mm): (mm):				é.		
Kayna	ak Yönten gi Process	nl / Uy / Type:	gulama:	N/A		1	35	_	Malzeme B K Parent Metal 1	alınlığı (mm): Nokness (mm):			om 3 lo	20 mm	
Kayna Joint Ty	ak fipi: pe:			57	N				Kaynak Pozis Welding Posito	yanu: m		P	A	Plaka Boru	
			Kaynak Diro	<b>tyrti /</b> Joint Design				ī		Kaynak Sin	DSK / Welder	g Sequer	10 F	an an	
	10		N	2							2 1 3 4				
Pasa	<b>Tönlem</b> Process	Çap Size	Dolgu Teli / Sindlandirma v and f	Filler Meta/ re Marka Designation rade Name	Al Car	om reat 4/	Volto Volto	taj oge 1	Alam Tipi/Polasite Type of Curent/Tolath	Tel Besleme Hai Wirs Feed (mm/dk)	Hia Travel Sp (mmb)	t peed in sn)		<b>Andisi</b> Heat put (KJ(mm)	
1	135	@1.2	EN ISO 1434	11-A: G-3511 - ESAB	170	190	16	17	DC(+)	4.8	110	)		0.020	
2	135	Ø1.2	EN ISO 1434	11-A: G 35i1 - ESAB	270	290	23	24	DC(+)	8,8	70			0.070	
3	135	Ø1.2	EN ISO 1434	41-A: G 3511 - ESAB	170	190 16 17			DC(+) 4.8 11			0.020		0.020	
n Kayna Weidin	g Protect	ey Go	EN 130 1434	EN ISO 14	4175:	M2	23	24	Kök Destek P	arçası.			Evel /	/Yes /No	
Gaz D	ebisi (iline	e/dk):	ų	1	5				Kök Destek M Backing Mater	laizemest: ci:					
Nozul Nozałe	Çapi : Diameter			N	UA.				Arkadan Yan Beck Glaviging	ma:		Evet / Yes     Hayar / No			
Nozul Nozzle	ls Parças Part Dista	e Meso nce an	afesî ve Açısı: Id Angle:	135:10 mm	133: 90*				Arkadan Yan Method of Bac	na Yönlemi: k Gaviging :	taşlama ve tirçalama grinding, wire brush				
Tungs Tungst	len Dektr en Sectro	od Tip de Typ	l / Çapı: c / Sue:	*		32	•		Kaynak Ağar Memod of Piej	nin Haprionma parafon and Cie	ic aning	Sie Nepalai Merris with 1	ait kesin ma ve y mis al cut an brush ar nece	n <b>, taylama,</b> ağ gidarmay ağ dılar grinding degrease as isary	
On Istma: Priheat Temperature: Room					Temp	p.			Pasolar Aras Sicaklik: Interpass Temperature			N/A			
1	Kaynak S Post Wela	nynak Sonrası təl İşlem: sel Weld Heat Treatment: Heating Rate (*C/h				3	Sicak	dik (	"C) Beideme Süresi (dk) e("C) Holding Time (min)			50	Soğutma Hai ("C/h) Cooling Rate ("C/h)		
	Evet / Yes	Ø	Hayır / No					*							
	Nollar: Remarks		Bu WPS aynca t	lamir kaynaklarında k	ullan	labil	ir / Th	ib WP	1 abo can be u	ed for repair we	ch .				
		H	Hasilayon /	Prepared by					h		PLA	edby (ATV gineer	-	8	

Şekil 4.12. S355-S355 2 numaralı kaynak akımına ait WPS.

	4	1		ŌN	KAY	AST	OR E	NER	ul a.ş. M şartnam	esi		Délécre Docume	en Nus ent Mor		
	AST	0	2	WE	A DIN	3 PR	OCED	URE 10:0	SPECIFICATION	N		Reviewen Andelon De Reviewen S	Tanihi re		
-		_		KAYNA	C TEST	DETA	YLAR	1/ 0	TAILS OF WELD	TEST		participation se			
Kaynak Yönlem Testi No; WPGR No Boli Standart:								Malzeme Kal (ISO 15608'e Material Guali (Acc. To ISO 12	Ilesi ve Grubu Göre): ly and Group seat():	Group 1.1		Group 1.1			
ilgili \$ Annici	andart: able Coak	-	<b>NINE</b>	TS EN ISO	<del>4</del> 1		-1	Boru Dış Çap Pipe Outside D	i (mm): Kameter (mm):				÷		
Kayna Weldin	ik Yönlen g Process	ni / Wy / Type:	gulama:	N/A		1	35		Malzeme El I Parent Mela/1	(aknikār (mm): hickness (mm):		fn	om 3 to	20 mm	
Kayna Joint Ty	ik Tipl: ope			BV	N				Kaynak Pazis Welang Pasiti	iyonu: on:		r.	A	E Plaka	
-		_	Kaynak Diza	symu / Joint Design				- 3		Koynak Se	ası / Weidin	g Sequer	ce	20	
	10		~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	2							2 1 3 4				
Paso Run	Yöntem Process	Çap Size	Dolgu Teli Sinifandirma v and 1	/ Filor Metal ve Marka Designation rade Name	Ak Cut (A	me toot V	Vol Vom (1	toj 200	Alam Tipi/Polarite Type of Curent/Polarit	Tel Sesleme Hizi Wite /sod y (m/dk)	Ha Trovel S; jmm/	seed In G		indisi Heat set (KJ/mm)	
1	135	@1.2	EN ISO 1434	II-A: G 35II - ESAB	180	200	18	19	DC(+)	5.2	80	6	0.035		
2	135	@1.2	EN ISO 1434	41-A: G 3Sil - ESAB	340	360	27	29	DC(+)	12,2	55	0 8		0,140	
3	135	@1,2	EN ISO 1434	41-A: G 3SII - ESAB	180	200	18	19	DC(+)	5.2	80		_	0,035	
Koyno Weldin	ak Koruyu g Protecti	eu Gos	EN GO 143	EN ISO 14	175:1	300 M2	2	29	Kök Destek P Bocking:	orçası:			Evet . Haye	/Yes /No	
Gaz D	ebisi (ilm ov Role (i	e/dk): teomin	ų.	1,	5				Kök Destek M Booking Mote	Aalzemesi; ko:					
Nozul Nozze	Çopi : Diameter			N/	N/A				Arkadan Yar Back Gavging	ma: r	Evet / Yes				
Notoli	-la Parças Port Dista	a Meso nce an	afesî ve Açat: Id Angile:	135:10 mm	135: 90*				Arkadan Yar Nethod of Bar	ma Tõnlemi: ck Gaulging :	faşk gri	faşlama ve firçalama grinding, wire brush			
Tungst	len Elektr en Electro	od Tip de Typ	l / Çapc e / Size				•		Kaynak Ağa Nethod of Pie	nin Haaifanma paration and Cle	e aning	Sick Argelar Thermo whe t	of: kesh na ve y mä si cut ar brash or nece	n/leglama, oğ gidermey iail id/or grindin; degrease as stary	
Ön Istma: Freiheat Temperature: Room					Temp.				Pasolar Aras: Sicakik: Interpasi Temperature:			N/A			
	Kaynak Sonrasi Isil İşlem: İstma Hızı ("C/h Parl Weld Heat Treatment Heating Rate ("C/h				) Sicakik ( h) Temperatur			tik (	(°C) Sekleme Süresi (dk) re(°C) Holding Time (min)			Soğutma Hızı (*C/h) Cooling Rate (*C/h)			
	Evet / Yes		Hayır / No					÷.,					-	<	
	Notion: Remotal		Bu WPS ayrica I	tamir kaynaklarında k	ullan	labil	k / D	à WP	S elle can be u	sed for repair we	ds				
		H	Hazilayan /	Pro-Cal					H.a. Inter		In / Approv	ed by			

Şekil 4.13. S355-S355 3 numaralı kaynak akımına ait WPS.

## 4.4. KAYNAKLI NUMUNELERİN TAHRİBATSIZ TESTLERİ

MAG kaynak yöntemi birleştirilen basınçlı kap çelikleri öncelikle kaynak mühendisi tarafından genel kontrolü yapılmıştır. Sonrasında ise basınçlı kap çelik numuneler, gözle (VT), sıvı penetrant (PT) ve manyetik parçacık (MT) muayene testleri uygulanmıştır.

### 4.4.1. Gözle Muayene (VT) Testi

Kaynaklı numunelerin gözle muayene testinde yüzeysel süreksizlikler belirli şartlar altında gözle tespit edilmesidir. Yeterli miktarda ışık altında (en az 350 lüx, tavsiye edilen 500 lüx) ve belirli mesafeden belirli açıyla (60 cm mesafe, 30°'den büyük açı) çıplak gözle ve/veya büyüteç kullanılarak kontrol edilmesini içermektedir. Gözle muayene kaynak sonrası ilk muayene yöntemi olması, diğer yöntemlere kıyasla maliyetinin az olması ve hızlı sonuçlandırılması açısından oldukça önemli bir muayene yöntemidir. Diğer tahribatsız muayene yöntemlerinin gerekli olup olmadığına ve hangi yöntemin kullanılmasına karar verilmesinde etkilidir.

Bu teknik metal veya metal olmayan malzemeler için kullanılabilmektedir. Kontrol edilecek malzeme yüzeyine gözle ulaşım mümkün değilse yardımcı endoskopik aletlerde (ayna, kamera, videoskop, fiberoskop vb.) kullanılabilir. Bu muayene ile yüzeysel kaynak hatalarından; yüzey çatlağı, yanma oluğu, gözenek, krater, başla/bitiş hatası, dikiş geometrisi hatası, nüfuziyet azlığı/fazlalığı, eksenel kaçıklık vb. tespit edilebilmektedir. Bu yöntemin dezavantajı ise inspektörün muayene kalitesine göre sonuç vermesidir.

### 4.4.2. Sivi Penetrant (PT)

Kaynaklı numunelerin PT testinde, MARKER MR 311-R penetrant, MR 70 developer ve MR 85 cleaner (Şekil 4.14) uygulanmıştır. 15 dakika bekleme süresi, 15 dakika gelişme süresi kullanılmış ve yüzey temizleme üstübüyle yapılmıştır. Testler uzman (NDT Level 2) PT operatörü tarafından yapılmış ve raporlanmıştır.



Şekil 4.14. PT yönteminde kullanılan ürünlerin görseli.

## 4.4.3. Manyetik Parçacık Testi (RT)

Kaynaklı numunelerin RT testi, MARKER MR 51 manyetik parçacık test cihazı, MR 72 beyaz arka fon boya ve MR 76 S manyetik toz süspansiyon (Şekil 4.15) kullanılarak, uzman (NDT Level 2) RT operatörü tarafından yapılmıştır ve raporlanmıştır.



Şekil 4.15. RT yönteminde kullanılan cihaz ve manyetik toz görseli.

## 4.5. KAYNAKLI MALZEMELERİN TAHRİBATLI TESTLERİ

Tahribatsız testlerde kullanılan numuneler, testler sonrasında tahribatlı testlerde de kullanılmıştır. Kaynaklı numunelere tahribatlı testlerden mikro, sertlik, çekme, eğme ve çentik darbe testleri uygulanmıştır.

## 4.5.1. Mikroyapı İncelemeleri

Kaynaklı levhaların mikroyapı incelemeleri için numuneler çıkarılmıştır. Numuneler standart metalografik numune hazırlama aşamalarından geçirilmiştir (zımparalama). Sonrasında parlatma işlemine tabi tutulmuş ve dağlama aşaması için hazı hale getirilmiştir. Zımparalama ve parlatma işlemlerinde Şekil 4.16'da görülen Prest Megapol P262 model cihaz kullanılmıştır. %2 Nital (%98 saf su + %2 Nitrik Asit) karışımı ile dağlanan numuneler Şekil 4.17'de görülen optik mikroskop (Nikon Epiphot 200) ile tane yapısı incelenmiştir.



Şekil 4.16. Zımparalama ve parlatma işlemlerinde kullanılan cihaz görseli.



Şekil 4.17. Mikroyapı işlemlerinde kullanılan mikroskop.

## 4.5.2. Sertlik Testi

Kaynaklı numunelerin sertlik ölçümleri ana malzeme, ITAB ve kaynak metalinden 3'er adet noktadan gerçekleştirilmiştir. Sertlik ölçümleri vickers yöntemi ile 500 gr yük uygulanarak, Şekil 4.18'de görseli verilen Shimadzu HMV cihaz kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.18. Sertlik ölçümlerinde kullanılan cihaz görüntüsü.

## 4.5.3. Çekme Testi

Çekme testlerinde kullanılan numune ölçülendirmeleri Şekil 4.19'da verilmiştir. Çekme testleri TS EN ISO 4136 standartlarına göre Şekil 4.20'de görseli verilen 5 ton kapasiteli Shimadzu Ag-Sı marka cihaz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 5 mm/dk çekme hızı kullanılan testler, her kaynaklı birleştirmeden 3'er adet numuneye uygulanmış ve sonuçların ortalaması tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Çekme testlerinde kullanılan numune şematik resmi.



Şekil 4.20. Çekme testlerinde kullanılan cihaz görüntüsü.

## 4.5.4. Eğme Testi

Eğme testleri TS EN ISO 5173 standardına uygun olarak kaynak kep ve kökü freze tezgahında alınan 120x20x10 mm boyutlarındaki (Şekil 4.21) numunelere uygulanmıştır. Her bir kaynaklı birleştirme için 3 adet eğme testi yapılmıştır.



Şekil 4.21. Eğme testi numuneleri görseli.

## 4.5.5. Çentik Darbe Testi

Çentik darbe testleri ITAB'lar ve kaynak metalinden alınan 3'er adet numuneye uygulanmıştır. 55x10x10 mm boyutlarında hazırlanan numune görseli Şekil 4.22'de verilmiştir. Çentik darbe testleri Şekil 4.23'te görseli verilen cihaz kullanılarak oda sıcaklığında yapılmıştır.



Şekil 4.22. Çentik darbe test numuneleri görseli.



Şekil 4.23. Çentik darbe test cihazı görseli.

## **BÖLÜM 5**

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

## 5.1. KAYNAKLI NUMUNELERE UYGULANAN TAHRİBATSIZ TESTLER

### 5.1.1. Gözle Muayene (VT) Testi

Kaynaklı numunelerin yüzeysel kusurlarını tespit etmek için gözle muayene testi uygulanmıştır. Gözle muayene uygulanan kaynaklı numunelere Şekil 5.1-5.9'da verilmiştir. Gözle muayene testleri gerekli şartlarda (ışık, mesafe ve açı) tahribatsız muayene uzmanı (NDT Level 2) tarafından yapılmış ve yorumlanmıştır.

Kaynaklı numunelerin gözle muayene testi sonrasında, kaynak yüzeylerinde standart toleransı dışında herhangi bir yüzeysel hata (gözenek, mikro/makro çatlak, yanma oluğu, boşluk vb.) olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş S235-S235, S235-S355 ve S355-S355 basınçlı kap çeliği numunelerin yüzeysel olarak uygun olduğu herhangi bir yüzeysel hata içermediği anlaşılmıştır.

Akay (2012) X60, X65 ve X70 çeliklerinin tozaltı ark kaynak yöntemiyle birleştirilmesi ve kaynak bölgesi etidü konulu yüksek lisans tezinde ve Akay vd. (2013) benzer konulu araştırmalarında kaynaklı birleştirmelere uygulanan gözle muayene testleri sonrasında kaynaklı numunelerde standart toleransı dışında herhangi bir yüzeysel kusura (yüzeysel çatlak, nüfuziyet azlığı/fazlalığı, yanma oluğu vb.) rastlanmadığı ve kaynakların standart toleransları dahilinde kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir.



Şekil 5.1. S235-S235 1 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü.



Şekil 5.2. S355-S355 1 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü.



Şekil 5.3. S235-S235 2 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü.



Şekil 5.4. S355-S355 2 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü.



Şekil 5.5. S235-S235 3 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü.



Şekil 5.6. S355-S355 3 nolu kaynak akımı kullanılarak birleştirilmiş levha görüntüsü.

Çolak (2018) sualtı kaynak yöntemiyle birleştirilmiş düşük karbonlu çeliklerin tahribatsız/tahribatlı testleri konulu yüksek lisans tez çalışmasında kaynaklı birleştirmelere uygulanan gözle muayene testi sonucunda atmosferik şartlarda yapılan birleştirmelerde yüzeysel hatalardan kaynak kepi azlığı/fazlalığı, eksen kaçıklığı, yüzeysel çatlak, yanma oluğu, açısal çarpılma vb. kaynak hatasına rastlanılmadığı bazı

kaynaklarda ise başlama/bitiş hatası tespit edildiği rapor edilmiştir. Sualtı kaynaklarında (4 m, 8 m ve 16 m) ise yanma oluğu kaynak hatası tespit edildiği bildirilmiştir.

Yalçın (2023) basınçlı kap çeliklerinin MAG kaynak yöntemiyle birleştirilmesi ve tahribatsız/tahribatlı testleri konulu yüksek lisans tezinde kaynaklı birleştirmelere uygulanan gözle muayene testi sonucunda kaynak yüzeylerinde herhangi bir kaynak hatasına rastlanılmadığı rapor edilmiştir.

## 5.1.2. Sıvı Penetrant Testi (PT)

Kaynaklı numunelerin PT testi tahribatsız test uzmanınca (NDT Level 2) gerçekleştirilmiş ve TS EN ISO 23277 standardına göre raporlanmıştır. Şekil 5.7-5.15'te deneysel çalışmaların görseli verilmiştir.



Şekil 5.7. S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.8. S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.9. S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.10. S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.


Şekil 5.11. S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.12. S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.13. S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.14. S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.



Şekil 5.15. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT görüntüsü.

PT sonrası tahribatsız test uzmanınca onaylanan raporlar Şekil 5.16-5.24'te görülmektedir.

A.	STOR	8				A KAYNAK SIZDIRI (WELD SEA)	STOR ENERJI A	.Ş. CONTROL FO	RMU	
Minteri Contemp					Değarlandirmə Star desember Standers	ndards /	TS EN 150 27	12.17	Hapur Na Kapur Tarihi	3.12.2421
Malazare Tamas Malazard Description			TEST PLA	KAS2	Sector me Sector me				Surviv Na. Surviv Na.	-
17	NETRASYON Central	SCINILASI	NONTROL				KAYNAK SIZDIRM Weld inperme	AZLIK KONUMLA ability Prostory	RI .	
		KI	MLANAS Aber Souds	Internation of the second seco	100	1 that		- Profession		-225 N
NONTHOL T Control of Dec	ANIMI	ILK NO Parat C	NTROL.	TABLAT SOVERS KOVERSE Post-Renardan Control		32		NY I	Da (	at at
Ponontrant Dygalan Ponotrant App. Time	an Saat	1.0	пк						plant an approximation	-
Bekleme Sitresi Watt Fime	lekkene Sireni Kau Zine 13 DK -					1- 9	5 - 10 - 10 - C	and and	CONTRACTOR OF THE	
Kontrol Yapılan Saat Control dur Zime 10 DK					( + + + + 20 + - ) C	To Jada	2 7	esra		
Hata Sayna The Amount of Looke	η×.					0.5	Constant of the second second	THE OWNER OF	ADAMA TEST	Protect Mar
KAYNAR	KONTROLD		Kaynak fe ihere o	hatan var mi ? welding federe?	EA1 G	NAK KONTROLÊ miral ej Weldong	Kaynak hanası var mi 7 Ji ihere o nedding fedare?	KA	NAK RONTROLÜ	Kaynak hatan var m ? Is show a walding failure?
YANNA OLUĞI Undersal	4	D	□ 1407 🖬 sate	/ Ten. II / Net	VETERSIZ NEPEZIYET Lack of Fonduation	611 4021	DEET / Yes	ISI TESDI BÖLGZ CATLANLADI MAZ Crucks	E.	DET/Yes
GDEENEK Pavandy		\$	Полт 2 нал	/Yes R /Ne	ASTRI NEPLZIYET Esseno Pimetrolom		DICT / Yes HARR/ No	KAYNAK KALINLIGI VE GENIŞLIĞI Feld Tracinecs ond Fragis	a de la companya de l	ELET / Yes
KAYNAK EKSIKLIGI Non-Field Arm	-		□ 040 20 Heat	/ 16m. 18./ 18m	KAYNAK METALI CATLANLARI Fold Menal Crude	1004	DICT / Yes	HAYALI BAŞLAMA- BİTİRME Pror Januro- Finad		CAEY / Yes
NOT: Kaynak batalar	için âçili stan	listististe	e álipálise da	jarin hata kritarke	i iprisinde olup elma	alağı bakılışı kenteri mirineli. ( FN	80 5817, 75 EN 6528-1 v.b.)			
	MONTHOL Castro	EDEN - IN	EA/			ONAY - IMZA / Approval - Supantero			SONDC / Result	
SELAHA	SELAHATTIN GÖRKEM DIVARD (NDTC/2021 202)					11D/heland				

Şekil 5.16. S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.



Şekil 5.17. S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

ASTOR	¢°			AS KAYNAK SIZDIR (WELD SEA)	STOR ENE MAZLIK TES	RJÍ A.Ş. I VE KONTRO D CONTROL FO	L FORMU RM			
Müşteri Castoner			Deterleadirme Stand	iară.	15	EN 190 23277	Roper No-Roper Tarihi Report No-Report Date	3.12.2021		
Malerne Tourn Material Description	TEST PL	AK ASI	Sartanae Specification				Seri No. Serut Ne			
PENETRASVO	N SONRASE KONTROL				KAYNAR	SIZDIRMATLIK KON Id Impermeability Positio	MLARI			
	EUMLAMA After Send	SONRASE Muning		COLUMN TWO IS NOT				and the second second second second second second second second second second second second second second second		
KONTROL TANIMI Control of Description	ILE KONTROL First Gastral	TABILAT SONRASS KONTROL Pusi-description Control	2	Talack A-re- Olim						
Peneutrant Uygulanan Sant Penetrant App Time	renetrent Uygulassa Sast. concinent App. Tanar 30 DK -		2							
Belleue Stresi Hat Tine	15 DK		-		-			-		
Control Yapaha Sant Control the Time 10 DK		- and	SEL)		73	)				
Hana Sayan The Associat of Leakege			-	50			-	and the second sec		
KAYNAK KONTROLÜ Control of Webbing	Koyas /s there	t knows vor au ? a welding fishere?	KAN	NAK KONTROLÜ Jourol of Welding	Kayash hatwa ve It there a weidog	ne ma ? Jodane ?	KAYNAK EONTROLÜ Control of Webling	Kayash hatata yar na ? Is there a welding follow?		
TANMA OLUGU		1/786 8/345	VETERMZ NÚPUZÍVET Lack of Penetration	511 4021	DUET/Ves	INI TESIRI I ÇATLAK HAZ Ou		HAVIR/No		
COTENEX Paraday		' / Yes 11. / No	AŞIRI NÜPÜLİYET Esceni Penetnikon	54	DIET/Vas.	KAYN. KALINLI GENIJL Weid Machn Weid Machn	AK DIVE 101 rec and 1	HAVE / Yes		
EAYNAK EKIDLIGI Ned-Weld Area		1/Yes (R/No	KAYNAK METALI ÇATLAXLARI Weld Metal Ouks	1061	EVET / Yes	HATA BAŞLAJ BITIRJ Poor Restort	ti tita frank	517 Distr/Yes		
NOT: Kaynak hataları için ilgili itanda	ertlærtlærdan ökçtiken deger	in h <mark>ata</mark> kritetleri içe	rivinde olup olmadığı ba	http://www.icentrol.edilmeli.com/1800.5817,	IS EN 6520-1 v.b.)					
KONTRO	KONTROL EDEN - IMEA / Control - Signature		QNAY - IMIA / Approval - Signature			SONUÇ / Arnali				
SELAHATTIN GÖRKEN	SELAHATTIN GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2021-202)			SELAHATTIN GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2023-202)				RED / Setural		

Şekil 5.18. S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

AA	STOR		KA	ASTOR YNAK SIZDIRMAZLI (WELD SEALING TI	ENERJÍ A K TEST VE K	A.Ş. ONTROL FOI	RMU	
Mittperi Canoner		-	Deterleadirme Staadards Aussewent Steedard		15 EN 150 23	1277	Raper No-Raper Tarihi Report No-Report Date	3.12.2021
Makene Taam Material Description		TEST PLAKASI	Şartasme Sverification				Seri Na. Seved No	
21	ENETRASVON SONRASI Control after Pener	KONTROL			KAYNAK SITDIKM Weld toportu	ATLIK KONUMLAR	1	
	1	CUMILAMA SONRASI After Scoutbiostry	-	A CONTRACTOR OF THE OWNER	Service Man			
KONTROL TJ Control of Desc	ANIMI replice ILE KO First	ONTROL Gentred Control Control	-	Dùs	ue n	Junita.	0	Di stano
Pearatraat Uygalaasa Pearatust App Tana	transformer Typelasse Sast transformer App Town 10 Dis; .		The Statement			- Chinese and		
Belleue Strei Wax Time		- Dir	Ture a star	(D-Th		P	and the second	
Kontrol Yapilan Sant Control the Time	Kentrel Vaplen Sant Gentrel für Tone 10 DK .		KO-	04		R.	-	
Hata Layan The Arount of Leakege			TAKE T	Sa . Contractor	11.000			
KAYNAE	NONTROLC	Keynsk haten var m ? Is there a vælding fallere?	EAYNAK KONTROLČ Control of Weiding		ik kotsea vor an ? a weiding fallare?	KAT	INAX EONTROLC	Exyast lates ver m? is there a welding falare?
YANMA OLUGU		DUTT / Yes	VETENSIZ NUTURINET Lack of Prostrution		T/Vac HR/No	ISI TESIRI BÖLGE ÇATLAKLARI MSZ Oucks		EVET / Vac
GÖTENEK Paradju	2011	EVET / Yee	AGELI NCFUENTET	502 D FAC	f/Vec KR/No	KAYNAK EALINLIĞI VE GENİŞLIĞI Weld Dáchness and Weigle	and an	EVET / Yes
EAYNAX EXSELIGI Non-Weld Area	-	EFT/Pes	KAYNAK MITALI CATLAKLARI Weld Mend Ouds	1061 Erve	7 / Yes 1791 / No	HATALI BAŞLAMA- BITIRME Poor Restart-Fotok	517 517	rver/ses ₩ Havi®/160
NOT: Kaynak hataları	için ilgili ələndarilərilərdən	Siçülen değerin hata kriterleri içe	ivinde oliep olmadig: bakelip kontrol ed	ileach. ( £N 150 5817, 15 £N 6820	(dx1)			
	EONTROL EDEN - D Control - Nguates	412A /	ONAY . Approval	SONUÇ / Areal				
SELAHAT	SELAHATTİN GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2021-202)		SELAHATTIN GÖRKEM D	CARLE / Acces	apterce	Crutin/fepair	RED / Refusal	

Şekil 5.19. S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

	ror*		KAYNAK SIZ (WELD)	ASTOR ENERJÍ A ZDIRMAZLIK TEST VE H SEALÍNG TEST AND CON	A.Ş. CONTROL FORMU TROL FORM	
Mujeri Centorer			Degerleadirme Staadarda Assessment Staadard	TS EN ISO 2	Rapor No-Rap	or Tsrihi st Dute 3.12.2021
Makene Trans Material Description		TEST PLAKASI	Şartanın Specification		Seri Nu. Serial Nr	
PENET	RASVON SONRASI Control ofter Peners	KONTROL		KAYNAK SEEDIRA B cid Imperio	IATLIK KONUMLARI cubility Positions	
	x	UMLAMA SONRASI After Sesublasting	and the second second	1	State of the owner of the	A DECEMBER OF THE OWNER.
KONTROL TANIA Control of Description	E ELK KO	INTROL Control Control	A.A	- Cathin		0
Protestreat Uygolaana Saat Protestat App Time			- Carter and Carter		36	
Betteme Streni Watt Tone	15	DK -	and the local division of the local division	-		Statement and a local division of the local
Xourrel Yapılın Sast Control the Time 10 DK .			11-12-12-12-12-12-12-12-12-12-12-12-12-1		Contraction of the	(S275 almet)
Hata Sayan The Amount of Lookege			Conception of Conception			C. C.
EAVNAK EOS Control of W	TROLD	Kayash hatata yar an ? Is there a welding failure?	KAYNAE KONTROLD General of Weiding	Kryash katna var an ? Is daew a welding juliaw?	KAYNAE KONTR Control of Weille	OLD Krynsk heten var an ? 12 dare a welding father?
VANMA OLUĞU		DET/No	VETERSTE NUTVETVET Lack of Prosenution	221	INI TESIRI BOLGE ÇATLANLARI IMACOuchi	CVCT / Yes
GOTENEX Parently	J.	DVT/Vec	ASIRI NOTVEDNET Recent Preservative 504	502 DVTT / Yes	EATNAK KALINLIGI VE GENIŞLIĞI Weld Thektores and Beigle	2012 П/ТТ / Унк. 1017 / Унк. 2117 / Унк. 2117 / Унк. 2117 / Унк.
EAYNAE EESIBLIGI Joor-Peid Area	0	ENT/No	KAYNAK METALI CATLAKLARI Beld Mend Outs	1061 Drtt / Yes 63 HAYER / No	HATALI BAJLAMA- BITIRME Poer Resur-Fash	517 EVIT / No.
NOT: Kaynak hataları için i	lgili standartlartlardar	oletilen degerin hata kriterler	i içerisinde olup olmadığı bakılıp kontrol edilmeli. ( EN	( 150 5417, TS EN 6520-1 v.h.)	· · ·	
X	Control - Signator	MIZA /	ONAY - İMZA / Approval - Signature		SONUC	Rendt
SELAHATTIN	GÖRKEM DIVARCI (	NDTC/2021-202)	SELAHATTIN GÖRKEM DIVARCI (NDTC)	/2021-202) 🛛 🕞 KABUI / Are	apterva 🗌 Oriut	IN/ Tapak RIO / Refusal



ASTO	R°			AS KAYNAK SIZDIR (WELD SEAL	STOR ENERJÍ MAZLIK TEST VE I ING TEST AND CON	A.Ş. KONTROL FO	RMU	
Mitgeri Gadomer			Degerleadiruse Mas Assessment Massland	dərdi	15 EN 180 2	\$277	<b>Rapor No-Rapor Tacihi</b> Report No-Report Date	3.12.2021
Makene Tauna Material Description	TEST B./	(KASE	Şertanar Specification				Seri No. Serial No	
PENETRASV	ON SONRASI EONTROL				KAYNAK SITDIRA B'eld Impero	ATLIK KONUMLA southing Positions	83	
	KUMLAMA After Send	SONRASI Josting	1000	STR. SPORT	A REAL PROPERTY.	IL CREATED		AND A DAY OF AN
KONTROL TANDE Control of Description	ILK KONTROL Fast Goand	EX KONTROL First Control First Control						
Pearatreat Uygalaana Saat Pearatest Ayy Time	10.00				-			
Bollons Mroii Fait Inc	IS DR							
Xautrol Yapdau Sust Control the Time	10.04		111		S23 3 nolu k	15-5355 aynak akımı	Partie - 1	-1-1-1
Hata Sayua The Amount of Leakeys							And and and a start of the	and the second
EAVNAK EONTRO Control of Welding	LC Ksynsk Juliene s	keten ver m ? velding faller:?	KAY	NAK KONTROLD	Keynsk koten ver an ? Is dare a selding fallere?	EA	VNAK KONTROLD	Keyneb keines var an ? Is davar a varkling father?
SANMA OLUGU		/ Yes R / No	VETERSIZ NÜFUZİVET Lack of Penetration	511 6021	Cutt / Yes	ISI TESIRI BOLGE ÇATLAKLARI HAZ Ouch		DUCT/Vas
GORDAX Ferrily		/ Van 15. / Thu	ASIRI NCFUEIYET Excess Penetration	502	DALL / And	EAYNAK EALINLIGI VE GENIŞLIGI Weld The Knews and Weigle	2	DVIT / Yes
KAYNAK EKSILLIÖI Ner-Vell Ana		// Nai Si / Na	EAYNAE MFTALI ÇATLAELARI Weld Mead Oods	1084	PATT / Nas	HATALI BAŞLAMA- BITIRME Foor ficture-Fould	517 517	Hartik / No
NOT: Kaynak hataları için ilgili ita	ndanlartlardan ökçülen deği	orio hata kriterleri	igerivinde olep olmadig	r bakshp kontrol e <mark>ði</mark> hveli. ( 5/N 15O 56	117, 15 EN 6829-1 v.b.)		1	
KONTI	COLEDEN - IMEA /			ONAY - DEA Approval - Signature			SONUÇ /Reads	
SELAHATTIN GÖRK	SELAHATTIN GÖRKDM DIVARCI (NDTC/2021-202)		SELAHATTIN GÖRKEM DIVARCI (ND1C/2021-202)		202) RABUL/An	$\geq$	CALATINE / Repair	RID / Rateral

Şekil 5.21. S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

ASTO	R°			AS KAYNAK SIZDIR (WELD SEA)	STOR ENERJÍ	A.Ş. CONTROL FO	RMU	
Møgreri Castoner		•	Degerleadirme Staa	darda	TS EN ISO 2	1277	Raper No.Raper Tarihi Perpest No.Report Data	3.12.2021
Mobene Teams Material Description	TEST	PLAKASI	Sarmane Sportfruiter		1.0		Seri No. Serial Nr	
PENETRASY	ON SONRASI KONTR	0L			KAYNAK SIZDIRA Weld Incom	AZLIK KONUMLAR	a a a a a a a a a a a a a a a a a a a	
	KUNEAN After Se	LA SONRASI relificating	1.00		0 11 511L	Contraction of	- CO	HARE C.
KONTROL TANIM Gentred of Description	ELK KONTROL First Costnol	TABLAT SINRASI KINTHE PRISINGENERATION Control			Jasoe	- mp		DESI DAM
Peneutrant Uygulanan Sant Peneutrant App. Time	esestrat Upplasas Sast enerval App Tane 10 DK -				-	13-1		30.
Belleue Streil Weit Dive	15 DK			Dian -	-	-		In the second second
Koutrol Vapilan Sant Control the Pine	10.0%		2	Dicks DI	2)	X		
Hata Sayua the Arecent of Leakege			1	255	TRANSION .	198		1
KAYNAK KONTRO Gentred of Weigling	LC Ke	nok kotna vor m ? re a welding fallore?	KA	YNAK KONTROLŪ Geened of Weiking	Knynsk hetera ver on ? Je there a welding falare?	KAT	TNAK NONTROLO	Ksynsk kotna vor me? Is flave a weiding fallow?
VANMA OLDGU	יים ייש לנקבל	NET / Yau GANIR / No	YETENSIL NOFULIYET Lack of Procession	511 	<ul> <li>□ PVT7/No</li> <li>2 HAVE/No</li> </ul>	ISI TESINI BÖLGE ÇATLANLANI HAZ Ouelte	A.C.	EVET/Nes     HAV8/No
COTENEK Percedy		VET / Ves HAVIR / No	AJERI NCPUZIVET Escon Penebulan	500 500 500	Pott / res	EAUNAK EALINLIGI VE GENIJLIGI Weld Thekness and Height	and the second second	E FYET / Nac
KAYNAK EKSIELIGI Joon Weld Area		NET / Yes	KAYNAK METALI ÇATLAKLARI Feld Mend Cody	1064	Pett/Ves.	HATALI BAŞLAMA- BITINAG Peur Restart Finish	517 517 517	Press
NOT: Kaynak hataları için ilgili sta	ndartlandan ökçülen d	gerin hata kriterleri iç	erivinde olup olmadığı b	akilp kostrol edilmeli. ( 5N ISO 5817	15 EN (629-1 v.b.)			
EONTI	EONTROL EDEN - IMPA / Control - Signature		ONAY - DiZA / Approximi - Signature			SONUÇ / Remit		
SELAHATTIN GÖRK	SELAHATTÍN GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2021-202)		SELAHATTÍN GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2021-202)			apteros	ONARM / Repair	RED / Nufusal

Şekil 5.22. S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

ASTO	S,			A KAYNAK SIZDIR (WELD SEAL	STOR ENERJÍ A MAZLIK TEST VE B LÍNG TEST AND CON	A.Ş. CONTROL FO	RMU									
Mitgeri Gestover	· ·		Degezleadirme Stat	dərdi	TS EN ISO 2	\$277	Rapor No-Rapor Turihi Report No-Report Date	3.12.2921								
Makeme Tauna Makerial Description	TEST PLA	KASI	Sartanne Specification				Seri Na. Serial N	*								
PENETRASVO	IN SONRASI EONTROL	1			EAYNAE SIZDERA Weid Imperio	ATLIK KONUMLAN	u									
	KUMLAMA S	ONRASI	Contraction of the local division of the loc	States -			- Transmitter									
KONTROL TANIM Control of Description	ILK KONTKOL First Control	LAS KONTROL First Control Fort Control		OFTA Ariber (D.												
Pesentrant Uygulaana Saat Penetront App Dirac	10 DK					and the second division of the second divisio										
Bollone Strei Walt Thur	IN DK			Gare	ATA		and a second									
Xoured Yapdau Sont Control the Time	10 DK			1000												
Hata Sayan The Arount of Leakege					57.	Constanting of	C.	area var as ? veiding fedare?	KAY	INAE EONTROLÜ	Kayaak katara yar aa ? Is darre a welding fallere?	KAY	INAE KONTROLŪ Inand of Weiding	Kayaal katata yar an ? Is shere a vaching fathere ?		
VANILA OLUGU		/ Yes. L/ No	VETERSIZ NÚFUZÍVET Lack of Penetration	511 	DVTT / Yes	ISI TESIRI BOLGE ÇATLAKLARI MAZ Overis		DUTT/Yes								
GÖTENEK Pavesäy		Yac 1 / No	ASIRU NCFUEIVET Excess Penetbulko	502 504	Drtt/Van	KAYNAK KALINLIGI VE GENIŞLIGI Weld Patekwest and Weight	2 4 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1									
KAYNAK EKIRLIÖI Noo-Heid Area	<ul> <li>□ fvff,</li> <li>Ø Herr</li> </ul>	r Yası 7 / No	KAYNAK METALI ÇATLAKLARI Weld Mend Ouds	1064	EVET / Nos	HATALI BAŞLAMA- BITIRME Pour Rosars-Fash	517 517	EVIT / No								
NOT: Kaynak hataları için ilgili star	dardardan öksülen değe	rin hata kriterleri	çerisinde olap olmadığ	s bakilıp kontrol edilmeli. ( EN ISO 5	817, IS EN 6520-1 v.b.)			<u> </u>								
KONTRO	KONTROL EDEN - İMEA / Control - Signature		ONAY - DiIIA / Approval - Spanney			SONUÇ / Result										
SELAHATTIN GÖRKE	M DIVARCI (NDTC/2021-	202)	SELAHATTIN	GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2021	202) 🛛 🕞 KABUL / Aut	apterce	CNATM/ Sepair	RID / Referai								

Şekil 5.23. S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

ASTOR	20	KAYNAK SIZD (WELD SE	ASTOR ENERJÍ A IRMAZLIK TEST VE H ALÍNG TEST AND CON	A.Ş. KONTROL FORMU NTROL FORM				
Mușteri Cintoner	· ·	Degerleadirme Staadards Assessment Standard	15 EN 150 2	15277 Roper No-Roper Tarihi Report No-Report Date	3.12.2021			
Malorme Trainin Malorial Description	TEST PLAKASI	Sertanne Sper Bereton		Seri Na. Sevial No				
PENETRASVO	N SONRASI KONTROL		KAYNAK SEDERA D'eld Jugarn	MATLIK KONUMLARI membility Positions				
	KUMLAMA SONRASI		A COLUMN TWO IS NOT		and the second second			
KONTROL TANDA Courses of Description	ILK KONTROL First Control First Control	101	lsch Amr	00	Contraction of the second			
Peneutraat Uygulaana Sant Penetuat App. Time	10.05							
Belleus Strei Walt Des	IS DK	COM V. (S)						
Kentrel Yspitsa Sant Control the Time	10 DK -				The second second			
Hata Sayus The Around of Leokege					2000 300			
EAYNAK KONTROLD Counted of Webblag	Kayash katan yar an ? Is there a weiding falare?	KAYNAE KONTROLŪ Gastrol of Walding	Kayash hatara yar an ? Is facre a welding fallere?	KAYNAK KONTROLŪ Gontrol of Welding	Kayash kama yar na ? Ia darw a miding fahrw?			
VANALA OLUČU	□ 1VE7 / Ves.	VETERSIZ NUFUZIVET Lack of Presentative 4021	Dutt / Yes	ESI TESIELI BÓLGE ÇATLANZARI MAZ Ouzki				
GOTINEX Parently 2011		ASTEI NOTUDINE Excess Procession 504	2 DUTT/Ves	EAITRAK KALINLIĞI VE GENELLĞI Weid Jin konsen and Bright	n Matt/No			
KAYNAK EKSBALIÓI New-Peld Avez	EVET / Yes	KAYNAK METALI CATLALLARI Brill Medi Ooks	19 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	HATALI BAÇLALLA BİTIRAR Pare Reserve Fiscale	517 D EVET / THE SAVER / No			
NOT: Kaynak hataları için ilgili stand	lartlartlardan ölçülen değerin hata kriterler	i içerisinde olup olmudığı bakılıp kontrol edilmeli. ( EN 156	3 3817, 15 EN 6520-1 v.b.)	d d	10 1			
KONTRO	L EDEN - ÎMEA / of - Signatore	ONAY - DAZA / Approval - Signature		SONUÇ / Rendt				
SELAHATTIN GÖRKDI	I DIVARCI (NDTC/2021-202)	SELAHATTIN GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2023-202)			RSD / Ratural			

Şekil 5.24. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune PT raporu.

PT sonrası kaynaklı numuneler incelendiğinde, kaynak yüzeyinde boşluk, çatlak, yanma oluğu ve gözenek vb. yüzey kusurları tespit edilmemiştir. Uzman raporunda da bütün kaynaklı birleştirme (S235-S235, S235-S355 ve S355-S355) ve kaynak akımlarında da (1, 2 ve 3 nolu kaynak akımlarında) yüzeysel hata görülmediği ve kaynaklı birleştirmelerin standartlara uygun olduğu bildirilmiştir.

Özkan (2019) yapı çeliklerinin kaynak sonrası tahribatlı/tahribatsız testleri konulu yüksek lisans tezinde PT sonucunda kaynak yüzeyinde herhangi bir süreksizlik görülmediği bildirilmiştir.

Atılgan (2022) tozaltı ark kaynak yöntemi ile depolama tankı imalatı ve kaynak bölgesinin incelenmesi konulu yüksek lisans tezinde PT sonucunda kaynak yüzeyinde herhangi bir kaynak hatası görülmediğini rapor etmiştir.

# 5.1.3. Manyetik Parçacık Testi (MT)

Kaynaklı numunelerin MT tahribatsız testler uzmanınca (NDT Level 2) TS EN ISO 9934 standardına göre gerçekleştirilmiş ve raporlanmıştır. Deneysel çalışmaların görseli Şekil 5.25-5.32'de verilmiştir.



Şekil 5.25. S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.26. S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.

Steek A in the S235-S235 3 nolu kaynak akımı

Şekil 5.27. S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.28. S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.29. S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.30. S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.31. S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.32. S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.



Şekil 5.33. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT görüntüsü.

Şekil 5.34-5.42'de MT sonrası tahribatsız testler uzmanınca onaylanan raporlar verilmiştir.

ASTOR	ζ°			KAYNAK MA	ASTOR ENERJÍ A NYETIK TEST VE KO SNETIC TEST AND CO	A.Ş. NTROL FORM	MU D	
Megeri Cadaver			Degetiendirme Stand Announcet Standard	arê.	TSAN IND H	028-1	Raper No-Raper Tarihi Report for Report Date	8.2.2022
Makeme Tumm Manual Description	\$215	8218	Sermanne Specification				Seri No.	
MANYETTX PARÇACIX Control offer of	MUAYENE BONRASI	KONTROL			KAYNAK MIDERI Øvid imperi	ARLIN KONUMLAR	2	
	KUMLAM	A SONRASE Dilecting		Children of	Tellas Maria	-		
SONTROL TANDE Control of Conception	ILK KONTROL Fast Control	TABILAT SONRAST NONTROL Posidescustor Control	1	1.	DU FAL	appen 1		
Manyouk Parçacık Uygalanan Baas Magnetic perder App. Time	Innyrth Paryack Uygelann Innt Ingurik paralar App Thue		1	-		-	-	
Bellene Merci Hut fime			1	- Puis	DED			
oursel Vepleo Seer 5 DK.			1		R.	1	a for the	
Note Seyna The Around of Leadurys			1		and the second	100		
EAVNAE EONTROLU Count of Westing	Esyl	nh hatnu var na 7 e a veikling dahee?	EAYNAE BONTROLU Count of Welding		Keyesh ketes ver an ? It there a welding Johnw?	EAVNAE EONTROLC Control of Publics		Especificant or as? A factor of variable glabor?
TANKA GLUĞT		018 / No	VETERATE NCPUEIVET Lack of Penetration	511 200 4021	D TVET / Yes	III TEMINI BOLGE ÇATLAKLANI HACOwite	E	DIST/No.
CORNEX Formally 2011		(T / No. 0/12 / No.	AGERI NCPUEIVET Course Principality	502 504	Dett / Yes	EATNAE KALINLIGI VE GENTILIGI Beld The been and Begin	a de la companya de l	Dirett / Yes
EATNAE Exchanged Sam Breid dow		KAYNAE METALE ÇATLAKLARI Well Metal Code	1064 1063	it District Ves	HATALI BAŞLAMA- BITISAM Poer Remot Flock		Ditt/Yes	
NOT: Kaynuk hataları için ilgili olanda	rforilardan Alçülen değe	te hata kritetleri iger	stede obg ofmadigt halet	ip kontrol eddrech (. 81N 1563-5817),	TS 8346529-1 v.35.3			
KONTRO	KONTROL EDEN - TAELA - Control - Signature		ONAY - DATA / Approval - Signature			SONUÇ / Armal		
SELAHATTIN GÖRKEI	M DIVARCI (NDTC/20	21-201}	SELAHATTIN	GÖRKEM DIVARCI (NDTC/20	121-201) E CARUE / Au		CNARM/Separ	HED / Autour

Şekil 5.34. S235-S235 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

AST	OR*				A KAYNAK MAN (WELD MAG	STOR ENERJÍ	A.Ş. ONTROL FOR	MU	
Mitgeri Cardonar				Degenieudirme fitm Insensent Standard	adarda	15 EN 190-10	028-1	Rapor No-Rapor Tacihi Report No-Report Date	8.2.2622
Molecue Team Material Description		\$235-\$23		Sartuane Specification				Seri Na. Seral N	13
MANYETIK PARCA	CIK MUAVEN	SONKASI KO	NTROL			KAYNAK MEDIRA Build Import	ALLIE KONUMLAI	u	
	1	CUMLAMA SO	NRASI		Section of the local division of the local d		) rear a	WI SAT	1
KONTROL LANIME General of Description	BAK KU	Control	TADELAT SONBASI KONTHOL Post-filorecenter Control		5			and of the	
Manyetik Parçacık Uygalanan Magnetic pender App Time	Seat	ю				and a bar		The second	
Bollows Mereci West Time		-				and the second		43	
Kentrel Yapılın Sent 5 DK				1	C.	5255	1	and the	l
Hata Sayan The Arnount of Leakege				1		Contraction of the local division of the loc	CARE LA	alite	P
KAYNAK EONT Guard of Weld	ROLC	Keynsk he It there a w	ina ver m ? Ming Johne?	SAN	INAE KONTROLD	Keynek kanna var an ? Ar dierer e verkling jishere?	EA	INAL KONTROLD	Koyash hatnu vur an ? Is duce a solding falses?
VANAA OLUĞU		□ EVET/Nos		VETERSIZ NÜPUZIVET Lack of Penetration		DVET/Vest	DI TENERI BÓLGE ÇATLANLARI HAZ Oucli		DVET/Vet
GÖTENEK Pormely	Ð		lus Tau	AJIBU NCFUZIYET Excess Penetralise	500 504	DUTT/Nex	KAYNAK KALINLIGI VE GENIŞLIGI Weld Yak karat and Huşifa		DOTT/Yes
EAYNAE Eisthaliöl New-Field Area	6		us rNo	KAVNAK METALI ÇATLARLARI Weld Mend Crobs	1064	PVIT/Ves R HAVE/Nos	HATALI BAJLAMA- BITIRME Pour Research Fatals	517	7 D BYTT / Yes
NOT: Kaynak hataları için ilgil	i standartlanda	o ók, ülen degeris	hata kelerleri i	çerivînde olap olanadığ	r bakép kostrol edilmeli. ( EN 190 )	1617, ES EN 6820-E s.b.)			
XO	Control - Signate	DIZA /			ONAY - ÎMIA / Ajproval - Signature			SONUÇ : Result	
SELAHATTIN GÖ	RKEM ONVARCI	NDTC/2031-3	01)	SELAHATTIN	GÖRKEM DNARCI (NDTC/2021	-201) 🖉 (ABUL / Au	aphres	Chattal/Repair	RID / Natural

Şekil 5.35. S235-S235 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	10			A KAYNAK MA (WELD MAG	STOR ENERJÍ A NYETÍK TEST VE KO SNETÍC TEST AND CO	A.Ş. INTROL FORM	MU			
Mitgarei Gaterner		8	Deterleadirme Staa	darth	TS EN ISO IS	1228-1	Repor No.Repor Torihi Report No.Report Date	8.2.2022		
Molecue Traum Material Description	\$215	4215	Sartanne Specification				Seri No. Serial No.			
MANYETIK PARÇACIK S Control after re	MUAVENE SONRASE	KONTROL			KAYNAK SIIDIRA Wedd Imperio	LATLIK KONUMLAR	I			
	KUMLAMA After Serie	SONRASI		State State State	And a second second	2	Section County			
Control (Chouriptee	ELK KONTROL First Control	TABLAT SINIASI First Control First Control Control		3						
Manyweik Parçacık Uygalanan Sant Maghietle pésetler Ayşı Zime	5 DK		1	a contraction	a la company	-				
Belleme Stresi Hat Time			1	-	Section 1	The second	F	-		
Kontrol Yapdan Sant Control the Tane	3 DK		1	「行きた」	Y	(3)				
Hata Sayaa The Arecount of Leadurge			1	118	Martin P.A.	- AND		- 1		
KAYNAK KONTROLD	Xaya Is there	d bots:s var os ? a weiding fodore?	KAYNAK KONTROLŪ Gontrel of Weiting		Kayasil katata yar sa ? In these is welding follow?	KA	VNAK KONTROLÖ Gudenlig Halding	Keynel ketten var me? Is there a veriding falare?		
VANNA OLUGU		7/166 101/160	YETERSIE NCFUEIVET Lock of Procession	511 4021	BANK/NO	EN TESÍRÍ BÖLGE ÇATLAKLARI HAZ Cuels		DVTT/746		
CÔTENEK Prevaly 2011		9 / vas MR / No	ASIRI NUFUZIVET Escen Perebalan	502 504	BHET/THE BHET/THE HAVER/THE	EAVNAK EALINLIGI VE GENIJLIGI Weld The back and Beight	2 Juni	D 1981/36		
KATNAK EKSIKLIGI Jose Held tree		17 / Hau 1918 / No	KAYNAK METALI ÇATLAKLARI Held Menal Oude	1064	t DVET/Val.	HATALI BAŞLAMA- BITIRME Poor Report Finish	517 J	2 Distrying		
NOT: Kaynak hataları için ilgili standa	rtlærtlændan ölçillen değe	nin hata kriterleri iç	ersiede olup obradiği )	uktip kontrol odilmeli. ( i N 15D 56	17, 15 EN (520-1 v.5.)					
EONTROI Contr	EONTROL EDEN - IMIA / Control - Signature		ONAY - DIZA - Approval - Signature			SONUÇ / Resade				
SELAHATTIN GÖRKEN	I DIVARCI (NDTC/20	21-201)	SELAHATTI	NGÖRKEM DIVARCI (NDTC/20	121-201) 🕅 KABUL / Art	rapterco	ONARM / Repar	MED / Aufwall		

Şekil 5.36. S235-S235 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	2°		KAYNAK (WELD)	ASTOR ENERJI A MANYETIK TEST VE KO MAGNETIC TEST AND CO	A.Ş. INTROL FORM	MU					
Mageri Contener			Degerlendirme Scondards feneratent Standard	ISEN ISO IS	028-4	Rapor No-Rapor Tarihi Report No-Report Date	8.3.2022				
Makeme Traum Material Description	\$235-3	665	Şertanme Specificative			Seri No. Serial No.	( #)				
MANYETIK PARÇACIK I Control after m	MUAYENE SONRASE	CONTROL	KAYNAK MIDRMARIK KONUMARI B'eli Impermentility Positione								
	KUMLAMA	SONRASI		S from	Sec. 1	Sant Santa	-				
KONTROL LANIME Control of Description	ILK KONTROL First Control First Control Control		4	Darde Mere	0	Can want	P				
Innyetik Paryacik Uygulanan Sant Inguette perseler App Time 5 DH.											
Beilene Mrei Wat Der	<u>*</u> 2		Mar and a state	LID 22	-		200				
Kontrol Yapılın Best Control für Time	5.0%		a ( 1975)		a second	al tracket	1				
Hata Seyan The Aronaut of Leakage				Daspe p-	iper C	(S395					
EAVNAK KONTROLD Canaval of Welding	Xayad Juthere	harns ver as 7 a veiding Salars?	KAYNAE KONTROLŪ General of Ficking	Keynsk kornes var an ? Is here e verking fellere?	KAY	INAE KONTROLD	Keynsk heres ver m.? Is dare a seiding falles?				
Conferred		1 / Yes 19. / No	VETERALI NUTURALITY	021	ESI TESIRI BOLGE ÇATLARLARI ILAZ Overla		CUCT/Ves				
GOTENEX Promiti		t/Vec r#c/fie	ASIRI NETVITIVET Executive	502 □ thtt://ww.	KAYNAK KALINLIĞI VE GENIŞLIĞI Weid Discharts and Weight	and the second s	DVET / Yes				
EAYNAE HEIBLIGI New Weld Sou		1/146	EATNAE METALI CATLANEARI Fred Mend Code	- 1061 9117/165 963 94298./160	BATALI BAJLAMA BITIRME Four Acades Flank		r ⊡ ever, res ⊯ save, res				
NOT: Kaynak hawlen için ilgili stand	iarthorthonian Okyahen dag	eris hata kritesleri i	ceriiinde olep olinadıp bakılıp kontrol edilmeli. ( f:	N ISO 3817, 15 EN (622-1 v.h.)							
KONTRO	CEDEN - IMEA /		OXAY - DAZA / Ageneral - Signature			SONUÇ / Resalt					
SELAHATTIN GÖRKEN	DIVARCI (NDTC/2021	-201)	SELAHATTIN GÖRKEM DINARCI (NDTO	(2021-201) 🛛 🖬 KABUL/ AM	apteres .	ONATIM / Tepair	RED / Referat				

Şekil 5.37. S235-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	2 <sup>8</sup>			A KAYNAK MAY (WELD MAG)	STOR ENERJÍ A NYETÍK TEST VE KO NETÍC IEST AND CO	A.Ş. NTROL FORM	MU 0		
Mitgeri Castoner			Degerleadirase Staat	larda	TS EN ISO R	1728-1	Rapter No-Rapor Tarihi Report No-Report Date	8.2.2022	
Makene Taum Material Description	5235	-\$3.9	Sertexae Decidentes				Seri Na.		
MANYETIK PARÇACIK Control ader o	MUAVENE SONRASI	KONTROL			EAVNAR STEDERS	MATLIK CONUMEAR	1		
NUMEANIA SONRANI After Sendblacture			Garden	Sector and the sector of the s	Nilstroop.	ENER C			
KONTROL TANDA Control of Description	ILK KONTROL Free Counted	LAK KONTROL Faul Control Faul Control Control		Plan B		Œ	\$ 155 0270 AM		
Manyetik Parçacık Uygalaana Sant Magnetic proder App Zine	3.0%		1	Produce.	and a second	-			
Belleme Strei Wat fina	÷		1	-250				-	
Kastrol Vaplas Saar Control the Dire	3 DK		1	-	- Call			-	
Bata Sayna The Amount of Leadings			1				5235		
EAYNAK EONTROLC	EAVNAK EONTROLU General of Weshing It force a version ? It force a version gathere?		KAYNAE EONTROLD Geored of Webling		Kayadi hatata yar an ? Is there a welding Jahaw?	EAYNAE EONTROLU Control of Welding		Keynek hatna var m.? Is farte a sackling falles?	
TANMA OLUGU			NETERAL NETURINET Lack of Procession		THET/YHS	III TEVIRI BÖLGE ÇATLAKLARI HAZOwis	A.	DITT / 765	
COENEK Persody 2011		ET / Yes AVIE / No	AŞIRI NCFUEYET Locus Penetudor	502 504	Even / Nes	KAYNAE KALINLIGI VE GENIJLIGI Weight Weight	a de la companya de l	EVET/No.	
EATTAX EXSISTIG Non-Weld Area		/ET / Yea 4998 / No	KAYNAK METALI ÇATLAXLARI Həld Mend Cuile	1064	EVET / Yes	HATALI BAJLAMA- BITISME Poer Reduct-Floak	517 511	DVET / Yes	
NOT: Kaynak hataları için ilgili standa	rkartlandan ökçikleri değe	rin hata kriterleri içer	iciscle ohep cileradigi balki	ip kontul oddreft ( 6N 180 5817, 1	S EN 6529-1 v.3c)				
EONTROL EDEN - IMZA - Coursel - Signature				ONAY - DATA / Approval - Signature		SONCC / Armah			
SELAHATTIN GÖRKEN	VI DIVARCI (NDTC/2)	021-201)	SELAHATTIN	I GÖRKEM DIVARCI (NDTC/202	1-201) 🕑 KARUL / AN	agues	CNARM / Repair	RED / Ratural	

Şekil 5.38. S235-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	8		ASTOR ENERJÎ A.Ş. KAVNAK MANVETÎK TEST VE KONTROL FORMU (WELD MAGNETIC TEST AND CONTROL FORM)							
Müşteri Gammer		Deperiesliene Standards     Sandards     Sandard     TS EN ISO 19228-1     Sandard								
Mahrene Trains Material Description	\$215-3	ilas.	Şartasme Şev Ziratim			Sect No.				
MANYETIK PARÇACIK MUAYENE SONRASI KONTROL Gostod aller nagieske possker testing			KATNAK SIZDIRALARI M Well Ingeneralidar Frankow							
	KUMLAMA After Send	SONRASI Mosting		CANAL PROVIDE	Carl Martin	No. of Concession, Name				
KONTROL TANDAI Control of Description	TLA KONTROL Fest Costrol	TADELAT SCINILAT SCINILAT SCINILAT SCINILAT SCINILAT Created	TOLSEL ANDER ( PORTO							
Manyeth Parpach Uygalaasa Sast Magnetic product App Time	5 DK		and the second sec	and the second second	Sel State and	- Aller and a				
Bellesse Streil Halt Time			507%·)		and the	-	and the second s			
Kontrol Vopilan Sant Control the Time	5.0%		C)	Tubel 3		A COMPANY	-			
Hats Sayes The Arevant of Leakeye	2			and the second	(MORTAN)		New York			
KAYNAK KONTROLC Control of Weiding	XAYNAK KONTROLC Xayush batasa vur an 7 Control of Weiding Is Rever a weiding Jalane?		KAYNAE KONTROLŪ Control of Weiding	Xayush katen yar an ? It there a weiding follow	KAT	KAYNAK KONTROLØ Keynel Gentred of Welding Is there a				
VANMA OLUGU		7/%n 9k/No	VETENSE NORVENSER	4021	INI TEMINI BÖLGE ÇATLAKLARI HAZ Cuela	E	EXTL/No			
COTENER Formally		t/Ves 19/Ne	AIEI NOTURINET Lucus Prostrution 504	502 Deft/745	EAVNAK EALINLIGI VE GENTILIGI Weld Backness and Weight	2	E tvet/vas isovet/vas			
EATNAK EXSELIGI New Weld See		Т/Уна 1917 Ма	EATRAK METALI CATLARELARI Held Methi Code		HATALI BAŞLAMA- BITIRIM Poer Rostars Fistale	517 J 517	Costr/Nex			
NOT: Kaynak hataları için ilgili standa	mlamlandan ölçülen değe	rin hətə kritecleri iç	erseinde ober ohnadigt baktisp kontrol oddimeli. ( 60	280 5617, TS 4N 6520-1 v.h.)	- Alia - Alia		Π.			
KONTROL EDEN - IMIA / Control - Signature			ONAY - DIZA / Apprecial - Signature		SONUÇ / Result					
SELAHATTIN GÖRKEN	DIVARCI (NDTC/20	21-201)	SELAHATTIN GÖRKEM DIVARCI (N	0TC/2021-201)	Acceptance	Osabion / Augur	RED / NATURAL			

Şekil 5.39. S235-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	8			AS KAYNAK MAN (WELD MAG)	TOR ENERJÍ A YETIK TEST VE KO VETIC TEST AND CO	A.Ş. NTROL FORM	MU		
Mitpari Canoner		<	Degerleadirme Star Assessment Standard	derdi	13 EN 180 19	TS EN ISO 19228-1		8.2.2022	
Mohrene Transa Material Description	\$385.3	E195	Sartusase Sport directore			Seri No. Const Str			
MANYETİK PARÇACIK I Control adırı m	UNVETEX PARCACEL MUAVENE BONRAUI KONTROL KAVNAR Consol abor magnetic pender untilg				KAYNAK SIZDIRA Weld Ingens	IZDIRMAZLIK KONUMLARI Ungermedalike Pesiting			
EUMEAMA SONRAM Alter Scielling			1	ONSH	Brite	C (5) (6)	5		
<b>EONTEOL TANENI</b> Control of Description	EX KONTROL First Control First Control		1	-	Dasa	T		all	
Manyedk Parçock Uygahana Sont Magnetic product App Time	5.0K		1	-			1.		
Bollowe Streil West Tone			1	Second State	and the second			1	
Kontrol Yapılan Seat Control the Time	3.0%		1	The state	DZ	-		1	
Hata Sayna The Around of Leakage			1	255	A DO		and the second s		
KAYNAK KONTROLC Control of Weinlag	Xayat is there	theres ver as ? a weiding follow?	KAYNAK KONTROLŪ Geomed of Webling		Kayash katata yar an ? Is there a welding Judare?	KAYNAE KONTROLŪ S Geored of # elding fit		Kayaak kanan yar ma ? Is these a wriding Jahaw?	
YANNA OLUGU		7/44	YETENSIE NCFUZNET Lark of Prochodom	511 2000 4021	DVET / No.	ESI TEXINI BÔLOE ÇATLASLARI HSZ Oucle		EVIT/146 ■ FAX18/160	
CÓTENEK Parvalo		T/¥us MR/Na	ASTRI NOFUZIVET Excess Proceeding		Belt/res Belt/res Belt/res	EAUNAE EAUNLIGI VE GENIŞLIĞI Weld Flackness and Pegde	and the second s	D FART / Nak	
KAYNAK EKSIBLIGI Jone Weld Area	□ Diff/Nas		KAYNAK METALI ÇATLAKLARI Feld Metal Ouls	1064	Dett/Nex	HATALI BAŞLAMA BITIRACE Prove Restarts Fields	517	7 D Dett / Nas	
NOT: Kaynak hataları için ilgili standa	erdartlandan öliçilden değe	rrin huta kriterieri iç	ericitele olep oleradığı )	užský kovitol adžineň. ( 310 150 5617,	TS EN (829-1 v.b.)				
EXONTROL EDEN - IMEA - Control - Nignature			ONAY - DIZA - Approval - Signature			SONUÇ / Kesalt			
SELAHATTIN GÖRKEN	DIVARCI (NDTC/20	21-201)	SELAHATTI	GÖRKEM DIVARCI (NDTC/2021	1-201) 🕅 KABLL / Acc	aptero	Chakkim / Regist	RED / NAGE	

Şekil 5.40. S355-S355 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	8			A KAYNAK MAY (WELD MAG	STOR ENERJÍ	A.Ş. NTROL FOR	MU			
Maşteri Gazaner			Degerlendirume Standardt Ausenment Standardt Report No-Report Date							
Makeme Tamm Material Description	\$355.0	255	Sartunese Specification				Seri No. Serad No			
MANYETIK PARÇACIK MUAYENE SONRASI KONTROL Control after magnetic prindler texting			KAYNAK SIZDIRMAZLIK KONUMLARI Wedd Impermedality Protisma							
	KUMLAMA After Scol	KUMLAMA SONRASI Alter Scudblotting			Themas alt	No Martin	THE OWNER WATER OF THE OWNER WATER			
KONTROL TANDAI Control of Description	ILK KONTROL First Control First Control Control			P	Dus	ut pop	· 2	Sand Cardo		
Manyetik Parçacık Uygalanan Saat Magnetic provider App Thur	5 DK		1		A REAL					
Belleme Streni Bull Thur	17		1		9		The states	1		
Kontrol Yapılan Sant Cantrol the Time	5 DK		1		Junes DE			Carl Contraction		
Hata Sayza The Amount of Leakege			1			A star	and the second	2		
KAYNAK KONTROLÜ Control of Welding	Kayas Is there	t batata var au ? a welding Kallove?	KAYNAK KONTROLŪ Cisturol of Welding		Ksynsk hatsen var an ? Is there a welding fallare?	KA	KAYNAK KONTROLŪ Ksyssik la Control of Welding dx there a w			
YANMA OLUGU	сти наз	T/Yes (R/No	VETERSIZ NCFULIVET Lack of Penetration	511 4021	EVET / Yas	ISI TESIRI BOLGE ÇATLAKLARI HAZ Ozeks		EVET / Yes		
COTENEK Presonaty 2011		T/Ves 187.No	AŞIRI NÜFUZİYET Axcess Penetration	502	D TVIT / Yes	KAYNAK KALINLIGI VE GENIŞLIĞI Weld The knew and Weight	2	HAYS / No		
EAYNAK EKSIKLIĞI Nose-Weld Area		T / Yes YIR / No	KAYNAK METALI ÇATLAKLARI Well Metal Ordes	1061	EVET / Yes	HATALI BAŞLAMA- BITIRME Poor Restort-Fields	517 517	CVET/Yes		
NOT: Kaynak hataları için ilgili standa	rtlartlardan ölçülen deği	rin hası kriterleri içi	rrisinde olup olmudigi baki	ip kostrol edilmeli. ( EN 150-581	7, TS EN 6529-1 v.b.)		···			
KONTROL EDEN - IMIA / Control - Nigmature			ONAY - IMIA / Approval - Signature			SONUÇ / Result				
SELAHATTÍN GÖRKEN	I DIVARCI (NDTC/20	21-201)	SELAHATTIN G	ÖRKEM DIVARCI (NDTC/20)	21-201) 🛛 🖾 KABUL / Ao	Lepterce	ONARM / Repair	TED / Refusal		

Şekil 5.41. S355-S355 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

ASTOR	e			KAYNAK MA	ASTOR ENERJÍ	A.Ş. DNTROL FORM	MU		
Mitgeri Gaitsuw		Degarlesdirate Issadardi Insummer Maddard ISLAN ISO 10229-1 Rapor No-Report Tarihi Insummer Maddard							
Malerne Teams Manual Description	\$535-)	\$333	Sartanme Specification				leri Na. Serad Ite		
MANYETIK PARÇACIK M Control after an	dUAYENE SONRASI	LONTROL			KAYNAK SIZDIKI Weld Imperi	MATLIE KONUMLAR	a		
KUMLAMA SONR After Scouthartin		SONRASI Heating							
KONTROL TANDA Control of Description	ELK KONTROL First Gantred	TADILAT SCHILASI KONTROL Pest-democritise Created	Yolsel have a a a a						
Manyeth Parcock Uygalaasa Soot Magnetic pender App Time	5 DK		1				was		
Bellenze Mereci Wull Thru:	-		1		P	- Contraction	No. of Concession, Name		
Kourrol Yapdan Sant Control the Time	5.0%		1		1	-	the second second	2	
Hata Sayan The Amount of Leakege			1			100	and in		
EAVNAE KONTROLD	EAVNAE KONTROLD Coursel of Weldon: Is there a veldon failure?		KAYNAE KONTROLŪ (Longed of Walding		Esynal koma var ma? Is farre a seridag jahre?	KAS	KAYNAE KONTROLŪ Kayaat a Gaurai of 0 aiding da dare a		
VANMA OLUGU		1/16 18/16	VETERSIZ NÜPUZIYET Lack of Perchation	511 602 402	) DVTT/Ves 2 x4vtt/Ne	DEI TESIRI BOLGE ÇATLARLARI HAZ Oucla			
GÖTENEX Parendity		T/Vec PB/No	AŞIRI NCFUENET Excess Percentiss		2 DET/Yes	EAYNAK KALINLIĞI VE GENIŞLIĞI Wold Dir Lucro ord Boişle	2	DALL AND	
KAYNAE EKSIRLIGI Non-Palel Area	C tvt7 / vus indvt8 / tue		KAYNAK METALI ÇATLAKLARI Peld Meid Cods	1084	85 D 1977/966	HATALI BAJLAMA- BITIRME Poor Research Fault	517 517	E DEET / THE B HANNE / NO	
NOT: Kaynak hataları için ilgili standa	artlartlardan ölçülen değ	perin hutu kriterleri	içerisinde ohtpohnadığ	) bakilıp kontrol edilmeli. ( EN 15	80 5817, 15 EN 6529-1 v.h.)			-	
KONTROL EDEN - DAZA / Control - Signature			ONAY - D.IZA Approval - Signature			SONUÇ (Result			
SELAHATTIN GORKEM	DWARCI (NDTC/262)	1-201)	SELAHATTI	GORKEM DIVARCI (NDTC/20	021-201) 🛛 🕞 KARUI / Au		CKARM/Repair	RED / Refut	

Şekil 5.42. S355-S355 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numune MT raporu.

MT sonuçları incelendiğinde, kaynak yüzeylerinde gözenek, çatlak, yanma oluğu vb. kusurlar görülmemiştir. Uzmanca onaylanan raporlar da bütün kaynaklı birleştirmeler (S235-S235, S235-S355 ve S355-S355) ve kaynak akımlarında da (1, 2 ve 3 nolu kaynak akımlarında) yüzeysel hataya rastlanılmadığı ve kaynakların standartlar uygun olduğu bildirilmiştir.

Özkan (2019) kaynaklı yapı çeliklerinin tahribatlı/tahribatsız testleri konulu yüksek lisans tezinde MT sonucunda kaynak yüzeyinde herhangi bir damar, çatlak, gözenek vb. yüzeysel kusurlarının görülmediği rapor edilmiştir.

Atılgan (2022) tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmiş ASTM A36 (depolama tankı imalatı) çeliklerinin kaynak bölgesinin incelenmesi konulu tez çalışmasında kaynaklı birleştirmelere uygulanan manyetik parçacık testi sonucunda kaynak hatasına rastlanılmadığı tespit edilmiştir.

# 5.2. KAYNAKLI NUMUNELERE UYGULANAN TAHRİBATLI TESTLER

## 5.2.1. Mikroyapı İncelemeleri

Güç trafoları kazan imalatında kullanılan ve MAG kaynak yöntemi ile birleştirilen yapı çeliği numunelere ana malzemelerin (S235 ve S355) mikroyapı resimleri Şekil 5.43'te görülmektedir.



Şekil 5.43. Ana malzemelerin mikroyapı görüntüleri.

S235 ve S355 esas malzeme mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, ferrit (açık renkli) ve perlit (koyu renkli) fazlarından oluştuğu görülmektedir. Ayrıca ana malzemelerde ferrit tanelerinin perlit tanelerine göre daha fazla olduğu ve tanelerin hadde yönünde yönlendiği tespit edilmiştir.

Erden vd. (2016) tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirilen alaşımsız ve hardoks çeliklerinin mikroyapı incelemelerinde, S235JR çelik esas malzemenin ferrit ve perlit fazlarından meydana geldiğini belirtmişlerdir. Kocamanoğlu (2022) yapı çeliklerinini yakma alın kaynak yöntemiyle birleştirilmiş ve ITAB'ın ANSYS ile analizi adlı yüksek lisans tezinde kullanılan S355JR yapı çeliği ana malzeme mikroyapı incelemelerinde yapının ferrit ve perrit tanelerinden oluştuğu rapor edilmiştir.

MAG kaynak yöntemi ile birleştirilen yapı çeliği numunelerin kaynak bölgesi (ITAB'lar, geçiş bölgeleri ve kaynak metali) mikroyapı resimleri Şekil 5.44-46'da S235-S235, Şekil 5.47-49'da S235-S355 ve Şekil 5.50-5.52'de ise S355-S355 verilmiştir.



Şekil 5.44. S235-S235 1. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.45. S235-S235 2. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.46. S235-S235 3. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.47. S235-S355 1. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.48. S235-S355 2. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.49. S235-S355 3. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.50. S355-S355 1. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.51. S355-S355 2. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.



Şekil 5.52. S355-S355 3. kaynak akımı ile birleştirilmiş numune mikroyapı görüntüsü.

Şekil 5.44-52'deki MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş S235-S235, S235-S355 ve S355-S355 yapı çeliği numunelerin mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, kaynak bölgesinde tanelerin irileştiği, tanelerin ergime çizgisinden kaynak merkezine doğru yönlendiği ve dentritik kollarının oluştuğu görülmüştür. Kaynak metalinde ise asiküler ferrit oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca, ITAB'ların ergime sınırı yakınlarında tanelerin kabalaştığı (S235 ve S355 ana malzemelere göre), ITAB'ın ana malzemeye yakın bölümlerinde ise ince taneli yapının oluştuğu görülmüştür. S235-S355 numunelerde S235 çeliği ITAB'ı tanelerinin S355 çeliği ITAB'ı taenelerine kıyasla daha küçük olduğu gözlenmektedir. Ek olarak, bütün numunelerde kaynak metali-ITAB veya katısıvı metal sınırın yani ergime çizgisi de belirgin olarak görülmüştür. İlaveten kaynak akımı arttıkça (1 nolu kaynak akımından 3 nolu kaynak akımına) tane boyutlarında bir miktar irileşme meydana gelmiştir.

Çelik (2013) MAG kaynak yönteminde kullanılan farklı tellerin kaynak metaline etkisi konulu yüksek lisans tezinde kaynaklı numunelere uygulanan mikroyapı çalışmaları sonucunda, St 37 düşük karbonlu ana malzemenin az miktarda perlit içeren ferrit esaslı yapıya sahip olduğu, ITAB'da tane irileşmesi oluştuğu ve kaynak metalinin ısı akış yönünde oluşan sutunsal ve dentritik tanelerden meydana geldiği rapor edilmiştir.

Kaya (2018) Özlü tel elektrot kullanılarak MAG kaynak yöntemiyle birleştirilen S35JR ve S355JR yapı çeliklerinin incelenmesi konulu çalışması mikroyapı incelemeleri sonucunda; birleştirmelerin ergime sınırının kolaylıkla gözlemlendiği, kaynak metaline yakınlarında tane irileşmesi görüldüğü, ergime sınırından kaynak merkezine doğru dentritik kolların görüldüğü ve kaynak metalinde ise asiküler ferritin oluştuğu bildirilmiştir. Ayrıca, S235JR-S355JR numunede S235JR çeliği ITAB tanelerine göre daha küçük olduğu rapor edilmiştir.

Kocamanoğlu (2022) yapı çeliklerini yakma alın kaynak yöntemiyle birleştirilmiş ve ITAB'ın ANSYS ile incelenmesi adlı yüksek lisans tezinde, kaynak bölgesinin ince ve uzun dendritik tanelerden oluştuğu, oluşan bu tanelerin iğnemsi bir yapıya benzediği için asiküler ferrit yapı olarak da değerlendirilebileceği, oluşan yoğun ısıdan ve hızlı soğumadan dolayı iç yapı değişikliğine uğrayan bir bölge oluştuğu, bu bölgede ana malzemeye göre perlit kolonilerinin daha küçüldüğü ve ferrit fazları arasında ana metale göre biraz daha fazla homojen dağıldığı bildirilmiştir.

Yalçın (2023) MAG kaynak yöntemiyle basınçlı kap çeliklerinin birleştirilmesi ve tahribatsız/tahribatlı testleri adlı yüksek lisans tezinde, kaynaklı birleştirmelere uygulanan mikroyapı incelemeleri sonucunda, bütün numunelerde (P265GH-P265GH, P265GH-P355NH ve P355NH-P355NH) ergime sınırının (ITAB/kaynak metali geçiş) net olarak görüldüğü, ana malzemelerden kaynak metali merkezine ilerledikçe tane yapısının irileştiği ve kaynak metali tanelerinin merkeze doğru ilerleyen dentritik kollu iri tanelerden oluştuğu tespit edilmiştir.

### 5.2.2. Sertlik Testi

MAG kaynak yöntemiyle birleştirilen yapı çeliği numunelere uygulanan sertlik testleri sonucunda elde edilen grafik 5.53-55'te verilmiştir.



Şekil 5.53. S235-S235 kaynaklı numunelerin sertlik testi grafiği.



Şekil 5.54. S235-S355 kaynaklı numunelerin sertlik testi grafiği.



Şekil 5.55. S355-S355 kaynaklı numunelerin sertlik testi grafiği.

Şekil 5.53-55'teki kaynaklı numunelere ait sertlik grafiği incelendiğinde, bütün birleştirmelerde en yüksek sertlik değeri kaynak metalinden ölçülürken (S355-S355 245±5 HV) onu sırasıyla ITAB'lar (S355 ITAB 189±5 HV, S235 ITAB 178±5 HV) ve ana malzemelerin takip ettiği (S355 ana malzeme 146±5 HV, S235 ana malzeme 141±5 HV) belirlenmiştir.

S235-S235 numunelerde sertlik değerleri; 3 nolu kaynak akımında kaynak metali 236±5 HV, ITAB 180±5 HV, 2 nolu kaynak akımında kaynak metali 230±5 HV, ITAB

175±5 HV, 1 nolu kaynak akımında kaynak metali 224±5 HV, ITAB 170±5 HV ve S235 ana malzeme 141±5 HV olarak ölçülmüştür.

S235-S355 numunelerde; 3 nolu kaynak akımında kaynak metali 237±5 HV, S235 ITAB 178±5 HV ve S355 ITAB 189±5 HV, 2 nolu kaynak akımında kaynak metali 231±5 HV, S235 ITAB 175±5 HV ve S355 ITAB 184±5 HV, 1 nolu kaynak akımında kaynak metali 225±5 HV, S235 ITAB 170±5 HV ve S355 ITAB 179±5 HV olarak ölçülmüştür.

S355-S355 numunelerde ise 3 nolu kaynak akımında kaynak metali 245±5 HV, ITAB 190±5 HV, 2 nolu kaynak akımında kaynak metali 240±5 HV, ITAB 185±5 HV, 1 nolu kaynak akımında kaynak metali 236±5 HV, ITAB 180±5 HV ve S355 ana malzeme 146±5 HV olarak ölçülmüştür.

Uzun (2014) St 37 (S235JR) çeliğinin masif ve özlü tellerle birleştirilmesi ve kaynaklı numunelerin incelenmesi konulu yüksek lisans tezi, sertlik testleri sonucunda ana metalden kaynak metaline doğru sertliğin arttığı ve en yüksek sertlik değerinin kaynak bölgesinden elde edildiği bildirilmiştir.

Kaya (2018) Özlü tel elektrot kullanılarak MAG kaynak yöntemiyle S235JR ve S355JR yapı çeliklerinin birleştirilmesi konulu çalışması sertlik testi sonucunda, en yüksek sertlik değerinin kaynak metalinden ölçüldüğü, onu ITAB ve ana malzemelerin izlediği belirtilmiştir. Ayrıca, kaynak metali ve ITAB'lardan ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde, fazla bir fark olmakla birlikte S355JR çeliğinin S355JR çeliği tarafına göre daha sert olduğu, esas malzeme tarafındaki sertlik değerleri incelendiğinde ise, S355JR çeliğinin S235JR çelik malzemeye göre daha yüksek sertlik değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir.

Yıldırım ve Kaya (2019) üç farklı kaynak akımı (120, 150 ve 180 A) kullanılarak S355JR yapı çeliklerini MAG kaynak yöntemi ile birleştirmiş ve kaynak akımının etkilerini inceledikleri çalışmaların sertlik testi sonuçlarında, en yüksek sertlik değerinin kaynak metalinden ölçüldüğü, onu ITAB ve ana malzemenin izlediğini bildirmişlerdir.

Şık (2007), MIG-MAG kaynak yöntemi ile St 52-3 yapı çeliklerinin birleştirilmesinde gaz karışımlarının çekme mukavemetine etkisini incelediği araştırmasında, Benedetti vd (2013), MAG kaynak yöntemiyle S355JR yapı çeliğini birleştirmiş, sertlik ölçümleri sonrasında benzer sertlik sonuçlar bildirmiştir.

### 5.2.3 Çekme Testi

Şekil 5.56'da S235-S235, Şekil 5.57'de S235-S355 ve Şekil 5.58'de S355-S355 yapı çeliklerinin MAG kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilen numuneleri üzerinde gerçekleştirilen çekme testleri sonrasında elde edilen grafik verilirken, Şekil 5.59'de testler sonrasında kopma görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5.56. S235-S235 kaynaklı numunelere ait çekme testi grafiği.



Şekil 5.57. S235-S355 kaynaklı numunelere ait çekme testi grafiği.



Şekil 5.58. S355-S355 kaynaklı numunelere ait çekme testi grafiği.



Şekil 5.59. Çekme testleri sonrası kopma görüntüleri.

Şekil 5.56'daki S235-S235 kaynaklı numunelere ait çekme grafikleri incelendiğinde, en yüksek çekme dayanımı 3 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden  $480\pm5$  N/mm<sup>2</sup> – 18,3 %, onu sırasıyla 2 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden  $474\pm5$  N/mm<sup>2</sup> – 18,5 % ve 1 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden  $469\pm5$  N/mm<sup>2</sup> – 18,7 % olarak ölçülmüştür.

Şekil 5.57'deki S235-S355 kaynaklı numunelere ait çekme grafikleri incelendiğinde, en yüksek çekme dayanımı 3 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden 483 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 18,1 %, onu sırasıyla 2 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden 476 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 18,4 % ve 1 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden 471 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 18,6 % olarak ölçülmüştür.

Şekil 5.58'deki S355-S355 kaynaklı numunelere ait çekme grafikleri incelendiğinde, en yüksek çekme dayanımı 3 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden 587 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 14,2 %, onu sırasıyla 2 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden 584 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 14,7 % ve 1 nolu kaynak akımında birleştirilen numuneden 579 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 14,9 % olarak ölçülmüştür.

S235-S235 ve S235-S355 kaynaklı numune çekme dayanımlarının birbirine benzer olduğu belirlenmiştir. Bu iki birleştirmede de kopma S235 ana malzemede meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, S235-S355 kaynaklı numunede kopmanın S235 tarafında olması S355 kaynaklı numune dayanımının daha yüksek olması ile açıklanabilir.

Şekil 5.56-58 ve 5.59 beraber incelendiğinde, birleştirmelerin tümünde ana malzeme tarafında boyun vermiş ve yine ana malzeme tarafından sünek olarak kopma gerçekleşmiştir. Kaynaklı numunelerin kaynak bölgesinde ise herhangi bir hasar gözlenmemiştir.

Şekil 5.56-5.58'deki S235 ve S355 yapı çelikleri birleştirmelerinde, en yüksek çekme dayanımı S355-S355 numuneden (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune 587 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 14,2 %) elde edilirken, onu S235-S355 numune (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune 483 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 18,1 %) ve S235-S235 numune (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune 480 $\pm$ 5 N/mm<sup>2</sup> – 18,3 %) izlemiştir. Bütün birleştirmelerde kopmalar ana malzemelerde meydana gelmiş ve kaynaksız ana malzeme dayanımlarından (Çizelge 4.2'den S235 ana malzeme 360-510 (ortalama 435) N/mm<sup>2</sup> - 24 % uzama ve S355 ana malzeme 470-630 (ortalama 550) N/mm<sup>2</sup> - 20 % uzama) daha yüksektir.

Çizelge 4.2'de S235 ana malzeme % uzaması %24 iken, S355 ana malzeme % uzaması %20 olarak verilmiştir. S235-S235 kaynaklı numunede 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %18,7, 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %18,3 olarak ölçülürken, S235-S355 kaynaklı numunede 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %18,3 olarak ölçülürken, S235-S355 kaynaklı numunede 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %18,4 ve 1 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %18,1 olarak ölçülürmüştür. S355-S355 kaynaklı numunede %18,1 olarak ölçülürmüştür. S355-S355 kaynaklı numunede ise uzama 3 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %14,9, 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %14,9, 2 nolu kaynak akımı ile birleştirilen numunede %14,2 olarak ölçülürmüştür. Kaynak akımındaki artışa paralel % uzama oranında azalma tespit edilmiştir. Kaynaklı numunelerde % uzama azalması sebebinin kaynak bölgesindeki sertlik artışı olduğu düşünülmektedir.

Kaya (2018) yapı çeliklerinin MAG kaynak yöntemi ile birleştirilebilirliği konulu çalışması çekme testi sonrasında, MAG kaynağıyla birleştirilen S235JR ve S355JR numuneler içinde en yüksek çekme mukavemeti S355JR-S355JR (512 N/mm<sup>2</sup>) elde edildiği, S235JR-S235JR ve S235JR-S355JR çekme mukavemetlerinin yakın olduğu (363 ve 365 N/mm<sup>2</sup>), S235JR-S355JR'de kopmanın S235JR esas malzeme tarafında olmasının, S355JR çekme mukavemetinin (512 N/mm<sup>2</sup>) S235JR çekme mukavemetinden (363 N/mm<sup>2</sup>) yüksek olmasından kaynaklandığı bildirilmiştir.

Yıldırım ve Kaya (2019) üç farklı kaynak akımı (120, 150 ve 180 A) kullanılarak MAG kaynak yöntemi ile S355JR yapı çeliklerini birleştirmişler ve kaynak akımının etkisini inceledikleri çalışmaları çekme testi sonuçlarında, en yüksek çekme dayanımı bütün numunelerde birbirine yakın olmakla beraber 180 A kaynak akımı ile yapılan birleştirmeden elde edildiği, kaynaklı birleştirmelerin tümü, ana malzeme tarafında boyun vermeye başladığı ve ana malzemeden kopma meydana geldiği, kaynaklı birleştirmelerin kaynak bölgesinde herhangi bir hasara rastlanılmadığı bildirilmiştir.

Atılgan (2022) ASTM A36 çeliklerinin tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirilmesi konulu tez çalışması çekme testleri sonrasında kaynaksız ana malzemeye göre kaynaklı numunelerde % uzama azalması sebebinin kaynak bölgesinde ısı girdisine bağlı olarak sertlik değerlerinin artması olarak belirtmiştir.

Ünlü vd (2011), MIG-MAG kaynak yöntemi ile St 37 yapı çeliklerinin birleştirilmesinde farklı akım değerlerinin çekme mukavemetine etkisini incelediği araştırmasında, Canlı vd (2019) P355NL2-P355NL2, S355J2-S355J2 ve P355NL2-S355J2 basınçlı kap çeliklerinin tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin incelendiği çalışmalarında, Canlı vd. (2019) S355J2-S355J2, P460-P460 ve S355J2-P460 basınçlı kap çeliklerinin tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilebilirliği çalışmalarında, Canlı vd. (2019) S355NH basınçlı kap çeliklerinin MAG kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliği ve tahribatsız/tahribatlı testlerle incelenmesi adlı yüksek lisans tezinde, kaynaklı birleştirmelere uygulanan çekme testleri sonrasında kopmaların tümünün esas metalde gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

#### 5.2.4. Eğme Testi

MAG kaynak yöntemi ile birleştirilen S235 ve S355 yapı çeliği numunelere kep ve kök (çift taraflı) 180° eğme testleri uygulanmış ve test sonrası görüntüleri ise Şekil 5.60-62'de verilmiştir.

180° çift taraflı eğme testleri sonrası görüntüler incelendiğinde, bütün birleştirmelerde kaynak bölgesinde göz ile görülebilir herhangi bir hataya (çatlak, yırtık vb.) rastlanılmamıştır. Eğme testleri sonuçları göz önüne alınarak bütün birleştirmelerin kullanım şartlarında eğilmeye maruz kaldığında bile kaynak bölgesinde herhangi bir çatlama veya yırtılma olmadan kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

Kaya (2018) S355JR-S355JR, S235JR-S235JR ve S235JR-S355JR yapı çeliklerini MAG kaynak yöntemiyle birleştirmiş, Kaya ve Canlı (2018) P355NL2-P355NL2, P460-P460 ve P355NL2-P460 basınçlı kap çeliklerini tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirmişler, Yıldırım ve Kaya (2019) S355JR yapı çeliklerini MAG kaynak yöntemiyle birleştirmişler, Canlı vd (2019) P355NL2-P355NL2, S355J2-S355J2 ve P355NL2-S355J2 basınçlı kap çeliklerini tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirmişler, Canlı vd. (2019) S355J2-S355J2, P460-P460 ve S355J2-P460 basınçlı kap çeliklerini tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirmişler ve kaynaklı numunelere uyguladıkları eğme testleri sonrasında eğme testleri sonrasında gözle görülebilir bir hasar oluşmadığını bildirilmişlerdir.



Şekil 5.60. S235-S235 kaynaklı numunelerin eğme testi sonrası görüntüleri.



Şekil 5.61. S235-S355 kaynaklı numunelerin eğme testi sonrası görüntüleri.





#### 5.2.5. Çentik Darbe Testi

Oda sıcaklığında yapılan çentik darbe testlerinde MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş yapı çeliklerinin darbe toklukları tespit edilmiştir. S235-S235, S235-S355 ve S355-S355 kaynaklı birleştirmelerin kaynak metali ve ITAB'larına uygulanan çentik darbe testleri sonuçları Şekil 5.63'te, testler sonrası numune görüntüleri de Şekil 5.64'de verilmiştir.



Şekil 5.63. Kaynaklı numunelerin darbe tokluğu grafiği.

S235 ana malzeme darbe tokluk değeri 130 J ve S355 J ana malzeme değeri ise 115 J olarak ölçülmüştür. Kaynaklı numune çentik darbe testi sonuçları incelendiğinde, en yüksek darbe tokluğunu S235-S235 kaynaklı numune (1 nolu kaynak akımı) ITAB'ından (103 J) elde edilirken, en düşük darbe tokluğu S355-S355 kaynaklı numune (3 nolu kaynak akımı) kaynak metalinden (68 J) elde edilmiştir.

S235-S235 kaynaklı numunelerde darbe tokluğu; 1 nolu kaynak akımında kaynak metali 81 J, ITAB 103 J, 2 nolu kaynak akımında kaynak metali 77 J, ITAB 101 J, 3 nolu kaynak akımında kaynak metali 75 J, ITAB 98 J olarak ölçülmüştür. S235-S355 kaynaklı numunelerde darbe tokluğu; 1 nolu kaynak akımında kaynak metali 80 J, S235 ITAB 100 J, S355 ITAB 95 J, 2 nolu kaynak akımında kaynak metali 76 J, S235 ITAB 99 J, S355 ITAB 93 J ve 3 nolu kaynak akımında kaynak metali 74 J, S235 ITAB 97 J, S355 ITAB 90 J olarak ölçülmüştür. S355-S355 kaynaklı numunelerde darbe tokluğu ise 3 nolu kaynak akımında kaynak metali 73 J, ITAB 96 J, 2 nolu

kaynak akımında kaynak metali 70 J, ITAB 94 J, 1 nolu kaynak akımında kaynak metali 68 J, ITAB 91 J olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.64. Kaynaklı numunelerin çentik darbe testi sonrası görüntüsü.
Kaynaklı numune kaynak metali ve ITAB darbe toklukları karşılaştırıldığında ITAB'ın kaynak metaline oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Darbe tokluk değerleri bölüm 5.2.2 sertlik testi sonuçları ile kıyaslandığında sertlik artışına ters orantılı olarak darbe tokluğunun azaltığı görülmüştür.

Tozaltı kaynak yöntemiyle birleştirilen Canlı vd (2019) P355NL2-P355NL2, S355J2-S355J2 ve P355NL2-S355J2, Canlı vd. (2019) S355J2-S355J2, P460-P460 ve S355J2-P460 basınçlı kap çeliklerine uygulanan çentik darbe testi sonucunda, kaynaklı numune ITAB darbe tokluk değerlerinin kaynak metali tokluk değerlerine kıyasla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen farklı malzemelerin kaynak bölgesi incelenmesi konulu yüksek lisans tezinde sertlik artması ile darbe tokluğunun azaldığı bildirilmiştir (Çetinkaya (2002), Kaya vd. (2010), Kaya ve Canlı (2018), Atılgan (2022), Yalçın (2023)).

## **BÖLÜM 6**

## SONUÇLAR

Güç trafoları kazan imalatında genellikle tercih edilen EN 10025-2 S235JR ve EN 10025-2 S355J2 yapı çelikleri, S235-S235, S235-S355 ve S355-S355 grupları halinde üç farklı kaynak akımı kullanılarak, MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş ve kaynaklı numunelere uygulanan tahribatsız ve tahribatlı testler sonucunda;

- Gözle muayene testleri sonucunda kaynaklı numunelerin gözle muayene testi sonrasında, kaynak yüzeylerinde standart tolerensı dışında herhangi bir yüzeysel hata (gözenek, mikro/makro çatlak, yanma oluğu, boşluk vb.) olmadığı tespit edilmiştir.
- Sıvı penetrant testi sonrası kaynaklı levhalar incelendiğinde, kaynak yüzeylerinde yanma oluğu, çatlak, boşluk, gözenek vb. yüzey hatasına rastlanmadığı tespit edilmiştir.
- Manyetik parçacık testi sonuçları incelendiğinde, kaynak yüzeylerinde yanma oluğu, gözenek, çatlak vb. yüzey hatasına rastlanmadığı bildirilmiştir.
- Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde, kaynak bölgesinde tanelerin irileştiği, tanelerin ergime çizgisinden kaynak merkezine doğru yönlendiği ve dentritik kollarının oluştuğu ve kaynak metalinde ise asiküler ferrit oluştuğu gözlenmiştir. Ayrıca, ITAB'ların ergime sınırı yakınlarında tanelerin kabalaştığı (S235 ve S355 ana malzemelere göre), ITAB'ın ana malzemeye yakın bölümlerinde ise ince taneli yapının oluştuğu, S235-S355 numunelerde S235 çeliği ITAB'ındaki tanelerin S355 çeliği ITAB'ına göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak, bütün numunelerde kaynak metali-ITAB veya katı-sıvı metal sınırın yani ergime çizgisi de belirgin olarak görülmüştür. İlaveten kaynak akımı arttıkça (1

nolu kaynak akımından 3 nolu kaynak akımına) tane boyutlarında bir miktar irileşme meydana gelmiştir.

- Sertlik değerleri incelediğinde bütün birleştirmelerde en yüksek sertlik değeri kaynak metalinden ölçülürken (S355-S355 245±5 HV) onu sırasıyla ITAB'lar (S355 ITAB 189±5 HV, S235 ITAB 178±5 HV) ve ana malzemelerin takip ettiği (S355 ana malzeme 146±5 HV, S235 ana malzeme 141±5 HV) belirlenmiştir.
- Çekme testleri sonucunda birleştirmelerin tümünde ana malzeme tarafında boyun vermiş ve yine ana malzeme tarafından sünek olarak kopma gerçekleşmiştir. Kaynaklı numunelerin kaynak bölgesinde ise herhangi bir hasar gözlenmemiştir. Ayrıca, S235 ve S355 yapı çelikleri birleştirmelerinde, en yüksek çekme dayanımı S355-S355 numuneden (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune 587±5 N/mm<sup>2</sup> 14,2 %) elde edilirken, onu S235-S355 numune (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune 483±5 N/mm<sup>2</sup> 18,1 %) ve S235-S235 numune (3 nolu kaynak akımında birleştirilen numune 480±5 N/mm2 18,3 %) izlemiştir.
- 180° çift taraflı eğme testleri sonrası görüntüler incelendiğinde, bütün birleştirmelerde kaynak bölgesinde göz ile görülebilir herhangi bir hataya (çatlak, yırtık vb.) rastlanılmamıştır.
- Çentik darbe testleri sonucunda, en yüksek darbe tokluğunu S235-S235 kaynaklı numune (1 nolu kaynak akımı) ITAB'ından (103 J) elde edilirken, en düşük darbe tokluğu S355-S355 kaynaklı numune (3 nolu kaynak akımı) kaynak metalinden (68 J) elde edilmiştir. Ayrıca, kaynaklı numune kaynak metali ve ITAB darbe toklukları karşılaştırıldığında ITAB'ın kaynak metaline oranla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

Akay, A. A., "Farklı özellikteki malzemelerin tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve birleştirmelerin tahribatlı ve tahribatsız muayenesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-99 (2012).

Akay, A. A., Kaya Y., Kahraman N., "Tozaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilen X60, X65 ve X70 çeliklerin kaynak bölgesinin etüdü", *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi/Karaelmas Science and Engineering Journal*, 3 (2) 34-42 (2013).

Anık, S., Vural, M. Gazaltı Ark Kaynağı (TIG, MIG, MAG), *Gedik Eğitim Vakfı Yayın No 3*, İstanbul, (1996).

Aran, A., Temel, M. A., Paslanmaz Çelik Yassı Mamül Üretimi, Kullanımı, Standartları, *Sarıtaş Teknik Yayın No:1 2. Baskı*, İstanbul, 1-113 (2004).

Astor Enerji AŞ, İç Eğitim Dökümanları, (2009).

Atılgan, Y., "Depolama tankı imalatında tozaltı ark kaynağı uygulaması ve kaynak bölgesinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-88 (2022).

Benedetti, M., Fontanari, V., Santus, C., "Crack growth resistance of MAG buttwelded joints of S355JR construction steel", *Engineering Fracture Mechanics*, 108: 305-315 (2013).

Canlı, A., İmdat, K., Yıldırım, M. S., Kaya, Y., "Basınçlı kap çeliklerinin tozaltı ark kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin incelenmesi" *III. Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi Uygulamalı Bilimler Kitabı*, 4-7 Nisan Gaziantep-Türkiye, 412-419 (2019).

Canlı, A., Yıldırım, M. S., Kaya, Y., "Tozaltı ark kaynak yöntemiyle S355J2-P460 basınçlı kap çeliklerinin birleştirilebilirliğinin araştırılması" *2nd International Turkish World Engineering and Science Congress*, November 7-10 Antalya-Türkiye, 809-816 (2019).

Çalik, A., "Effect of cooling rate on hardness and microstructure of AISI 1020, AISI 1040 and AISI 1060 steels". *International Journal of Physical Sciences*, 4(9): 514-518 (2009).

Çelik, O., "Gazaltı (MAG) kaynağında kullanılan rutil, bazik ve metal özlü tellerin kaynak metali özelliklerine etkisinin araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-96 (2013).

Çetinkaya, C., "Düşük karbonlu çeliklerin tozaltı ark kaynak yöntemi ile kaynak edilebilirliği ve mekanik özelliklerinin incelenmesi", *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (11): 1-8 (2002).

Çolak, Z., "Su altı kaynak yöntemi ile birleştirilen düşük karbonlu çelik malzemelerin tahribatlı ve tahribatsız muayenesi" Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-134 (2018).

Erden, M. A., Gündüz, S., Çalıgülü, U., Boz, M., "Tozaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen alaşımsız ve hardoks çeliklerin mikroyapı ve sertlik özelliklerinin araştırılması", *4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi (ICWET'16)*, Gaziantep, 784-792, (2016).

Eryürek, B. İ., Gazaltı Kaynağı, *Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş. Yayını 2. Baskı*, İstanbul, 1-85 (2003).

Fındık, T., "304 tipi paslanmaz çeliklerin MIG kaynağındaki ısı transferinin sonlu elemanlar yöntemiyle analizi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-180 (2008).

Gülsöz, A., "Özlü tel elektrodların önemi ve kaynak özellikleri", *Mühendis ve Makine Kaynak Özel Sayısı*, 35-40 (2000).

Güner, M., "MAG kaynağinda elektrod tipinin (çıplak tel-özlü tel) kaynak dikişi özelliklerine etkisinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Istanbul, 1-105 (2007).

Kahraman, N., Gülenç, B., Modern Kaynak Teknolojisi Kitabı. *Epa-Mat Basın Yayın Ltd. Şti*, Ankara, 1-325 (2016).

Kaya, Y., "S235JR ile S355JR yapı çeliklerinin özlü tel elektrotla MAG kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliğinin araştırılması" *Politeknik Dergisi*, 21 (3): 597-602 (2018).

Kaya, Y., Canlı, A., "Tozaltı ark kaynak yöntemiyle birleştirilen basınçlı kap çeliklerinin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi" *IV. International Symposium on Multidisciplinary Studies (ISMS)*, Paris/France 27-28 Nisan (2018).

Kaya, Y. Kahraman, N., Durgutlu, A., Gülenç, B., "Tozaltı ark kaynağı ile birleştirilen farklı kalınlıktaki Grade A gemi saclarının mekanik özelliklerinin araştırılması" *ejournal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 1A0088, 5 (2): 348-357 (2010).

Kınıkoğlu, N., Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, İstanbul: *Yıldız Teknik Üniversitesi Yayını, Mart Matbaacılık*, 855-858 (2001).

Kocamanoğlu, G. E., "Yakma alın kaynağıyla birleştirilmiş yapı çeliklerinde ITAB'ın ANSYS ile analizi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-88 (2022).

Najafi, M., Mirzadeh, H., and Alibeyki, M., "Improved mechanical properties of structural steel via developing bimodal grain size distribution and intercritical heat treatment", *Journal of Materials Engineering and Performance*, 28 (9): 5409-5414 (2019).

Ören, E., "MAG Kaynağında Kaynak Parametrelerinin İç köşe Dikiş Geometrisine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-85 (2002).

Özkan, E., "Kaynak sonrası S355J2N yapı çeliğinde oluşan gerilmeleri gidermek için uygulanan ısıl işlemin etkilerinin tahribatlı-tahribatsız muayene yöntemleriyle belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirdağ, 1-80 (2019).

Şık A., "MIG/MAG kaynak yöntemi ile birleştirilen çelik malzemelerde ilave tel türleri ve koruyucu gaz karışımlarının eğmeli yorulma ömürlerine etkilerinin araştırılması", *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (4): 769-777 (2007).

Şık A., "Yapı çeliğinin (St 52-3) MIG/MAG kaynağında gaz karışımlarının çekme dayanımı özelliklerine etkisi", *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7 (1): 9-15 (2006).

Uzun, Y., "Konvansiyonel ve sinerjik kaynak makinaları ile masif ve özlü tel ile kaynak edilmiş St 37 çeliğin kaynak dikişlerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-86 Erzurum, (2014).

Ünlü, B. S., Yılmaz, S. S., Uzkut, M., "MIG/MAG kaynağı ile farklı akım şiddetlerinde birleştirilmiş Fe 37 çeliğinin kaynak bölgesinin mekanik özellikleri", *6. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'11)*, Elazığ, 356-359 (2011).

Yalçın, F., "Basınçlı kap çeliklerinin MAG kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve tahribatsız/tahribatlı muayenesi", Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-80 (2023).

Yıldırım, S., Kaya, Y., "Yapı çeliklerinin MAG kaynağı ile birleştirilmesinde kaynak akımının etkisi" *III. Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi Uygulamalı Bilimler Kitabı*, 4-7 Nisan Gaziantep-Türkiye, 406-411 (2019)

## ÖZGEÇMİŞ

Halil GÜLTOPLAYAN ilk öğrenimini Anamur Atatürk İlkokulunda başlayıp Tarsus 100. Yıl 24 Kasım İlkokulunda tamamladı. Orta okulu Tarsus Kasım Ekenler Ortaokulunda, Liseyi Tarsus Endüstri Meslek Lisesi Metal İşleri Bölümümde tamamladı. Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal İşleri Öğretmenliği Bölümünden 1997 yılında mezun oldu. 2016 yılında Gedik Üniversitesi Uluslararası Kaynak Mühendisliği Sertifikası aldı. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve halen eğitimine devam etmektedir.