

**AISI304L VE AISI430 KALİTE PASLANMAZ  
ÇELİKLERİN NOKTA DİRENÇ KAYNAK  
KABİLİYETİNE İLAVE YAPIŞTIRICININ ETKİSİ**

**2019  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

**Fatih DAĞLAR**

**AISI304L VE AISI430 KALİTE PASLANMAZ ÇELİKLERİN NOKTA  
DİRENÇ KAYNAK KABİLİYETİNE İLAVE YAPIŞTIRICININ ETKİSİ**

**Fatih DAĞLAR**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalında**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Haziran 2019**

Fatih DAĞLAR tarafından hazırlanan “AISI304L VE AISI430 KALİTE PASLANMAZ ÇELİKLERİN NOKTA DİRENÇ KAYNAK KABİLİYETİNE İLAVE YAPIŞTIRICININ ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Harun ÇUĞ

.....

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 10/06/2019

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Khangardash ASGAROV (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Harun ÇUĞ (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKKAŞ (KÜ)

.....

.../.../.....

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.



*“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.”*

Fatih DAĞLAR

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **AISI304L VE AISI430 KALİTE PASLANMAZ ÇELİKLERİN NOKTA DİRENÇ KAYNAK KABİLİYETİNE İLAVE YAPIŞTIRICININ ETKİSİ**

**Fatih DAĞLAR**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Harun ÇUĞ**

**Haziran 2019, 71 sayfa**

Bu çalışmanın amacı, ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerin ilave yapıştırıcı kullanarak elektrik direnç nokta kaynak yöntemi ile birleştirilmesi esnasında değiştirilen bazı kaynak parametrelerinin mekanik ve mikroyapı özelliklerine etkisini araştırmaktır.

Çalışmada, 1.5 mm kalınlıkta, 30x100 mm boyutlarındaki AISI 430 ferritik ve AISI 304L kalite östenitik paslanmaz çelikler direnç nokta kaynak yöntemi ile yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olmak üzere birbirleri ile birleştirilmiştir. Kaynak işlemleri; 6 kN elektrot kuvveti, 5, 8, 11 kA kaynak akımı ve 10, 20, 30 periyot kaynak zamanı olmak üzere 9 farklı parametrede yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak 2 farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinde Tereson ms 9220 nokta kaynak yapılabilir yapıştırıcı malzeme kullanılmıştır.

Kaynak bağlantılarının dayanımlarını saptamak için çekme-makaslama deneyi yapılmıştır. Dijital kumpas yardımı ile numunelerin kaynak çekirdeği çapları ve kaynak çekirdek derinliği ölçülmüştür. Numunelerin kaynak çekirdeklerinde sertlik ve optik mikroskop çalışmaları yapılmıştır ve en uygun kaynak parametreleri tespit edilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; kaynak akımının artması ile buna paralel olarak kaynak çekirdek çapı ve elektrot dalma derinliği artmıştır. İlave yapıştırıcı kullanılan yapıştırıcılı numuneler yapıştırıcısız numunelere göre daha fazla çekme-makaslama dayanımı sağladığı gözlemlenmiştir. Sertlik deneyleri sonucunda en yüksek değerler kaynak çekirdeğinden ölçülmüştür. Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde östenitik kısımlarda yüksek ısı girdisinden dolayı kaynak çekirdeğinde oluşan tanelerin irileştiği gözlemlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** Paslanmaz çelik, elektrik direnç nokta kaynağı, ilave yapıştırıcı, mikroyapı ve mekanik özellikler.

**Bilim Kodu :** 914.3.019

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **EFFECT OF ADDITIONAL ADHESIVE ON THE POINT RESISTANCE WELDING ABILITY OF AISI304L AND AISI430 GRADE STAINLESS STEELS**

**Fatih DAĞLAR**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Mechanical Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Asist. Prof. Dr. Harun ÇUĞ**

**June 2019, 71 pages**

The aim of this study was to investigate the effects of some welding parameters on the mechanical and microstructural properties of ferritic and austenitic stainless steels during the combining of electrical resistance point welding method using additional adhesive.

In the study, AISI 430 ferritic and AISI 304L quality austenitic stainless steels with 1.5 mm thickness and 30x100 mm dimensions were bonded to each other with and without glue with resistance spot welding method. Welding processes; Electrode force of 6 kN, welding current of 5, 8, 11 kA and welding time of 10, 20, 30 periods were realized in 2 different ways with and without adhesive in 9 different parameters. Tereson MS 9220 spot weldable adhesive material was used in the adhesive welding samples.

The tensile-shear test was performed to determine the strength of the welding connections. With the help of the digital caliper, the welding core diameters and the weld core depth of the samples were measured. Hardness and optical microscope studies were performed on the welding cores of the samples and the most suitable welding parameters were determined.

As a result of experimental studies; The welding core diameter and the depth of the electrode plunge were increased in parallel with the increase of the welding current. Adhesive samples with additional adhesive were observed to provide more tensile-shear strength than non-adhesive samples. As a result of hardness tests, the highest values were measured from the welding core. When the microstructure images were examined, it was observed that the grains formed in the welding core became larger due to the high heat input in the austenitic parts.

**Key Word** : Stainless steel, resistance spot welding, additional adhesive, microstructure, microstructure and mechanical properties.

**Science Code** : 914.3.019



## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Harun ÇUĞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışmasında yardımlarını esirgemeyen, sayın hocam Doç. Dr. Mehmet Akif ERDEN'e teşekkür ederim.

Elektrik direnç kaynak uygulamalarını yaptığımız ALBAKSAN DIŞ TİC. A.Ş.'ye ve şirket çalışanı sayın Ayhan YILMAZ'a bu çalışmaya yardım ve katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: KBUBAP-18-YL-109.

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

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	3
ÇELİKLER HAKKINDA GENEL BİLGİLENDİRME .....	3
2.1. ÇELİKLER.....	3
2.1.1. Karbon Çelikleri .....	5
2.1.1.1. Düşük Karbonlu Çelikler .....	6
2.1.1.2. Orta Karbonlu Çelikler .....	6
2.1.1.3. Yüksek Karbonlu Çelikler .....	6
2.1.2. Alaşımli Çelikler.....	7
2.1.3. Takım Çelikleri.....	7
2.1.4. Paslanmaz Çelikler .....	8
2.1.4.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler.....	9
2.1.4.2. Östenitik Paslanmaz Çelikler .....	10
2.1.4.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler .....	11
2.1.4.4. Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler .....	11
2.1.4.5. Çökeltme Sertleşmesi Uygulanabilen Paslanmaz Çelikler .....	12
2.1.5. Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları .....	12

BÖLÜM 3 .....	14
ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAĞI.....	14
3.1. DİRENÇ KAYNAĞI PRENSİBİ.....	14
3.2. DİRENÇ KAYNAĞI YÖNTEMLERİ .....	16
3.3. ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAK KABİLİYETİ.....	17
3.4. ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI.....	18
3.4.1. Elektrot ve Kaynak Çekirdek Boyutu.....	18
3.4.2. Direnç Kuvvet.....	20
3.4.3. Akım ve Zaman .....	22
3.4.4. Çekirdek Oluşumu .....	23
3.4.5. Direnç Nokta Kaynağında Zamanlama .....	25
3.4.6. Seri Kaynak .....	25
3.4.7. Isı Dengesi .....	26
3.5. ELEKTRİK DİRENÇ DİKİŞ KAYNAĞI .....	26
3.6. ELEKTRİK DİRENÇ ALIN KAYNAĞI .....	28
BÖLÜM 4 .....	30
LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	30
BÖLÜM 5 .....	33
DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	33
5.1. DENEY MALZEMESİ .....	33
5.2. DENEY NUMUNELERİNİN BOYUTLARI.....	34
5.3. DENEY NUMUNELERİNİN KAYNAĞA HAZIRLANMASI .....	34
5.4. KULLANILAN KAYNAK MAKİNESİ .....	35
5.5. KULLANILAN ELEKTROTLAR .....	36
5.6. ELEKTİRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞININ YAPILIŞI.....	37
5.7. ÇEKME-MAKASLAMA DENEYİ.....	38
5.8. KAYNAK NUMUNELERİNİN ÇEKİRDEK ÇAPLARI VE DERİNLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ .....	41
5.9. SERTLİK DEĞERİNİN ÖLÇÜMÜ .....	41
5.10. KAYNAK NUMUNELERİNİN METALOGRAFİK İNCELEMESİ.....	42

BÖLÜM 6 .....	43
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	43
6.1. ÇEKME-MAKASLAMA DENEYİ SONUÇLARI.....	43
6.1.1. Çekme-Makaslama Dayanımına Kaynak Akım Şiddetinin ve Kaynak Zamanının Etkisi.....	44
6.1.2. Çekme-Makaslama Dayanımlarının Birbirleri İle Karşılaştırılması.....	46
6.1.3. Kaynak Numunelerinin Çekme-Makaslama Deneyi Sonucu Meydana Gelen Kopma Tipleri .....	48
6.2. KAYNAK NUMUNELERİNİN KAYNAK ÇEKİRDEĞİ ÇAPI VE DERİNLİĞİ ÖLÇÜM SONUÇLARI .....	50
6.3. SERTLİK DENEYİ SONUÇLARI.....	53
6.3. KAYNAK NUMUNELERİNİN MİKROYAPILARININ İNCELENMESİ 56	
BÖLÜM 7 .....	66
SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	66
KAYNAKLAR .....	68
ÖZGEÇMİŞ .....	71

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Demir-Karbon diyagramı.....	4
Şekil 3.1. Direnç kaynak makinesinin temel bileşenleri ve kaynak bölgesi .....	14
Şekil 3.2. Direnç kaynak makinesinin elektriksel sistemi.....	15
Şekil 3.3. Direnç nokta kaynak uygulaması.....	18
Şekil 3.4. Özel ofset elektrot tipleri.. .....	20
Şekil 3.5. Kaynak dirençleri.....	21
Şekil 3.6. Metalografik inceleme ile belirlenen, kaynak çekirdek oluşumu sırasında çelik nokta kaynağında sıcaklık dağılımı. ....	24
Şekil 3.7. Seri kaynak .....	25
Şekil 3.8. Dikiş kaynak çalışma mantığı.....	27
Şekil 3.9. Elektrik direnç alın kaynak basit gösterimi. ....	29
Şekil 5.1. Kaynak yapılacak numune boyutları ve kaynak sonrası oluşacak boyutlar mm cinsinden gösterimi.....	34
Şekil 5.2. Kullanılan elektrik direnç nokta kaynak makinesi.....	35
Şekil 5.3. Kaynak esnasında kullanılan elektrot .....	36
Şekil 5.4. Kaynak esnasında kullanılan elektrot adaptörü .....	36
Şekil 5.5. Kaynağı yapılan numuneler ve kaynak yapılışı. ....	38
Şekil 5.6. Çekme test cihazı donanımı .....	39
Şekil 5.7. Çekme-makaslama deneyinde numune görüntüleri.....	40
Şekil 5.8. Mikrosertlik ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı. ....	41
Şekil 5.9. Metalografik incelemede kullanılan; Kesme cihazı, Bakalite alma cihazı, Zımparalama ve parlatma cihazı, Optik mikroskop .....	42
Şekil 6.1. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 10 periyot kaynak süresinde kaynak akım şiddetinin çekme-makaslama dayanımına etkisi.. .....	45
Şekil 6.2. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 20 periyot kaynak süresinde kaynak akım şiddetinin çekme-makaslama dayanımına etkisi. ....	45
Şekil 6.3. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 30 periyot kaynak süresinde kaynak akım şiddetinin çekme-makaslama dayanımına etkisi. ....	46

Şekil 6.4. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 10 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması..	47
Şekil 6.5. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 20 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması...	47
Şekil 6.6. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 30 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması...	48
Şekil 6.7. 5 kA kaynak akımında 10 periyot kaynak zamanında oluşan yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız ayrılma tipi kopma görüntüleri.....	49
Şekil 6.8. 8 ve 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında oluşan yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız düğme tipi kopma görüntüleri.....	50
Şekil 6.9. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinin kaynak çekirdek çapına kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.....	51
Şekil 6.10. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinin kaynak çekirdek çapına kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.....	52
Şekil 6.11. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinin kaynak çekirdek derinliğine kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.....	52
Şekil 6.12. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinin kaynak çekirdek derinliğine kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.....	53
Şekil 6.13. Sertlik ölçüm noktaları.....	53
Şekil 6.14. 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı olarak birleştirilmiş kaynak numunelerinin sertlik değerleri.....	53
Şekil 6.15. 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız olarak birleştirilmiş kaynak numunelerinin sertlik değerleri.....	53
Şekil 6.16. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü .....	57
Şekil 6.17. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü .....	58
Şekil 6.18. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü .....	59
Şekil 6.19. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü .....	60
Şekil 6.20. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü .....	61
Şekil 6.21. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü .....	62
Şekil 6.22. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin (a) ITAB ve (b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü .....	63

Şekil 6.23. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin (a) ITAB ve (b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.....	63
Şekil 6.24. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin ITAB ve Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.....	63
Şekil 6.25. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin ITAB ve Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.....	64
Şekil 6.26. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin ITAB ve Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.....	64
Şekil 6.27. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin ITAB ve Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.....	64

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 5.1. Çelik malzemelerin kimyasal bileşimleri.....	33
Çizelge 5.2. Kullanılan direnç nokta kaynak makinesinin özellikleri .....	35
Çizelge 5.3. Birleştirme işleminde kullanılan kaynak parametreleri .....	37
Çizelge 6.1. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinin çekme-makaslama deney sonuçları .....	43
Çizelge 6.2. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinin çekme-makaslama deney sonuçları .....	44
Çizelge 6.3. Numunelerin tümünün en düşük ve en yüksek sertlik değerleri.....	54



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

Cr	: krom
Ni	: nikel
Al	: alüminyum
C	: karbon
Mo	: molibden
Mn	: manganez
Mg	: magnezyum
Zn	: çinko
P	: fosfor
Si	: silisyum

### KISALTMALAR

AISI	: American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü)
ITAB	: Isı Tesiri Altında Kalan Bölge
MIG	: Metal Inert Gas
TIG	: Tungsten Inert Gas
HAZ	: Heat Affected Zone
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
kA	: Kilo Amper
daN	: Deka Newton

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Paslanmaz çelikler, genel olarak korozyona karşı dayanıklı demir alaşımı olarak tanımlanırlar. İçerisinde % 12 krom ve % 1,2 karbon içerirler. Paslanmaz çeliklerin tümünün korozyona karşı meydana gelen direnci yoğun krom oksit yüzeyin oluşmasıyla meydana gelir. Oksidasyonun derine doğru hareketini engelleyen, meydana gelen bu yüzeydir. Oksidasyonun daha derine doğru ilerlemesini engeller. Paslanmaz çelikler 5 gruba ayrılırlar. Bunlar; östenitik, ferritik, martenzitik, çift fazlı dubleks ve çökeltme sertleşmesi uygulanabilen paslanmaz çeliklerdir.

Östenitik paslanmaz çelikler, içerisinde karbon, nikel, azot ve bakır bulundururlar. Bu çelikler en çok ve en yaygın kullanılan paslanmaz çelik türüdür. En yaygın kullanım alanları; eczacılık, gıda, kimya ve petrokimya sanayisidir. AISI 304L, östenitik paslanmaz çelikler arasında en önemli olanıdır. Bunun sebebi bu kalite paslanmaz çelikler çok iyi korozyon direncine sahiptirler ayrıca bu tür paslanmaz çeliklerin diğer bir önemli özelliği, diğer çeliklerin aksine manyetik özellik göstermemesidir. AISI 304L çelikleri AISI 304 göre farkları bakımından daha düşük karbon oranına sahiptirler. Bundan dolayı kaynak kabiliyetleri daha yüksektir.

Ferritik paslanmaz çelikler, içerisinde bileşiminde % 11 ile % 28 arasında krom bulunur. Faz dönüşümü göstermedikleri için sertleştirilemeyen paslanmaz çelik olarak bilinirler. Otomotiv sanayisin de, mutfak aletlerin de ve dekoratif uygulamalar da yaygın olarak kullanılmaktadır. AISI 430 içerisindeki krom, azot ve karbon bulundururlar. 430 kalite paslanmaz çelikler mıknatıslanma özelliği gösterirler. Bunun sebebi bileşiminde Nikel bulundurmamalarıdır. Bu çelikler mekanik olarak ortalamanın üzerinde bir mekanik kuvvete sahiptirler.

Paslanmaz çeliklerin farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilmesi mümkündür. Bunlardan bazıları; elektrik ark kaynağı, tozaltı ark kaynağı, MIG kaynağı, TIG kaynağı, plazma ark kaynağı ve bu kaynak yöntemlerinin yanı sıra modern kaynak yöntemi olan elektron ışın kaynak yöntemi ile de günümüzde rahatlıkla kaynak yapılabilirler. Paslanmaz çeliklerin birleştirilmesinde farklı kaynak yöntemleri kullanılmasına rağmen özellikle ince sac levhaların birleştirilmesinde elektrik direnç kaynak yöntemleri seri üretime uygunluğu, düşük işçilik giderleri, yüksek kaynak mukavemeti, hızlı bir şekilde imalat yapılabilmesi ve diğer yöntemlere nazaran düzgün bir kaynak görünümü elde edilmesi gibi nedenlerle tercih edilmektedir.

Günümüz endüstrisinde yüksek sıcaklıkta servis koşullarında oksidasyona direnç, uygun mekanik özellikler ve yüksek korozyon dirençleri bakımından kimya, petrokimya, basınçlı kaplar, depolama tankları, paslanmaz boruların üretiminde gemi inşası, otomotiv, mutfak ev eşyaları endüstrisinde, hatta tıp ve mimari dekorasyon işlerinde çok sık kullanılırlar.

Elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilen ferritik ve östenitik paslanmaz çelik bağlantılarının mekanik özelliklerinin bilinmesi ve üretilen makine, ekipman ya da konstrüksiyonun daha güvenli kullanılması açısından önemlidir. Elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilen paslanmaz çeliklerin kaynak bölgesindeki sertlik dağılımı, bağlantının çekme-makaslama dayanımı, kaynak sonrası oluşan çekirdek çapı ve elektrot dalma derinliği gibi özelliklerin belirlenmesi çok önemlidir. Bu özelliklerin belirlenmesinde en önemli yer kaynak bölgesinin mikroyapısıdır.

Bu çalışmada endüstride oldukça önemli ve kullanımı yaygın olan AISI 430 temel ferritik kalite ile yüksek sıcaklık malzemesi olarak bilinen AISI 304L östenitik paslanmaz çelik sacların nokta direnç kaynağıyla kaynaklı bağlantıları yapılmıştır. Ayrıca nokta direnç kaynak uyumlu ilave yapıştırıcı (Tereson MS 9220) kullanılarak bu birleştirmelerin mekanik özelliklerine etkisi incelenmiş, çeşitli deney koşullarında mevcut parametreleri değiştirilerek araştırılmıştır.

## BÖLÜM 2

### ÇELİKLER HAKKINDA GENEL BİLGİLENDİRME

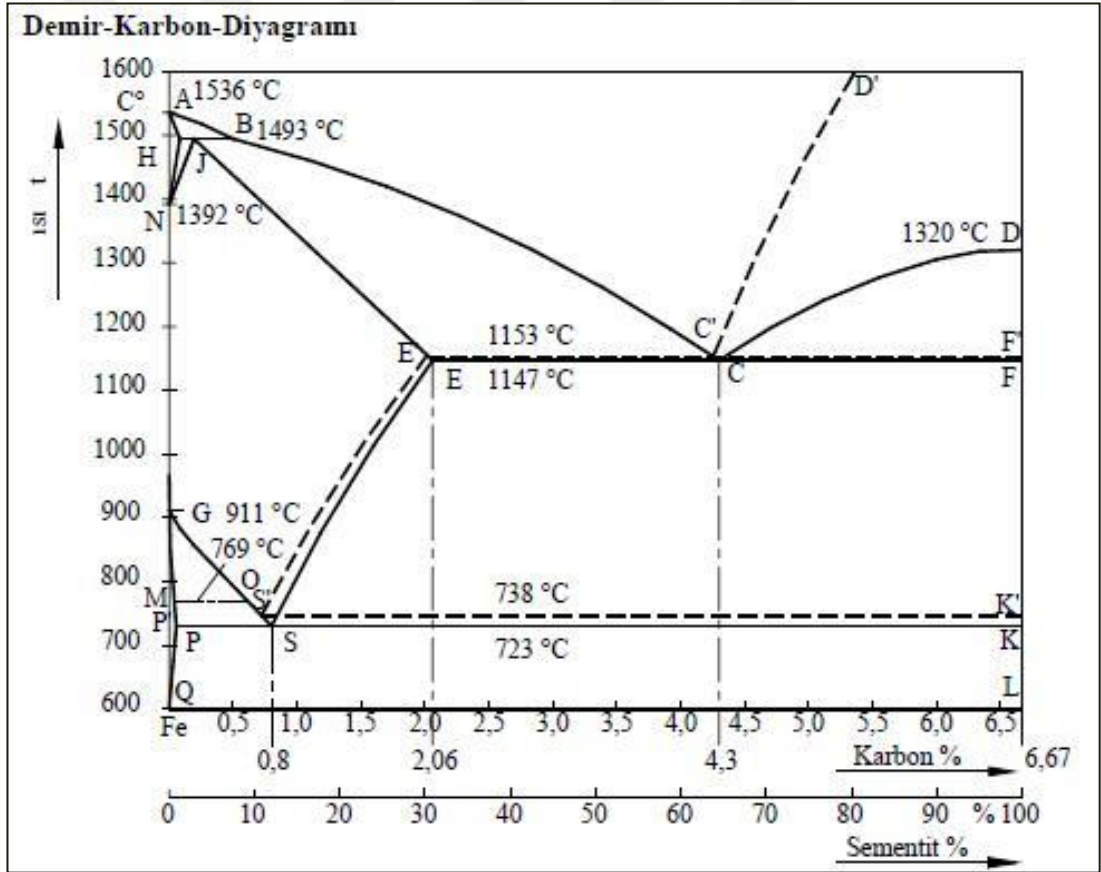
#### 2.1. ÇELİKLER

Çelikler, yüksek gerilme mukavemeti ve düşük maliyetlerinden dolayı inşaat ve diğer uygulamalarda yaygın olarak kullanılan demir ve başta karbon olmak üzere demir ve diğer elementlerin alaşımlarıdır. Demir içerisindeki karbon, diğer elementler ve inklüzyonlar, demir atomlarının kristal kafeslerinde meydana gelen dislokasyonların hareketini engelleyen sertleştirici maddeler olarak işlev görür (Oğuz, 2001).

İnşaatta manganez, silikon, kükürt ve fosfor gibi çelik yapım yöntemlerinden elementler içeren az sayıda demir-karbon alaşımları bulunmaktadır. Bina ve üretim endüstrilerinde kullanımlarından dolayı çelik üretimi olarak da bilinir. İçerisinde bulunan karbon miktarının artması ile süneklik (% uzama ve % kesit küçültme) ve darbe dayanımı özellikleri azalırken çeliklerin sertlik, verim ve çekme mukavemeti artmaktadır. Karbon miktarındaki artış çeliklerin plastik deformasyon kabiliyetlerini azaltmada büyük rol oynar. Bununla birlikte, martensitik dönüşümde oldukça önemli bir unsur olan çeliklerin su söndürme dediğimiz mekanizma ile sertleşmesini sağlar. Çeliklerde karbon miktarındaki artışın, çeliğin su ve kaynaklanabilirliği absorbe etme yeteneği üzerinde olumsuz bir etkisi vardır. Alaşım elementlerinin miktarını değiştirmek, ortaya çıkan çeliğin içinde bulunan ya da çözülmüş fazlar halinde oluşumu, demiri nispeten sünek ve zayıf yapan dislokasyonların hareketini geciktirir ve böylece sertlik, süneklik ve gerilme mukavemeti gibi özellikleri kontrol eder. Çeliğin dayanıklılığı, saf demirler ile kıyaslandığında, sadece süneklik pahasına, yani demir fazlalığıyla mümkün olur. Çelik, binlerce yıldır çiçek fırınlarında üretilmesine rağmen, 17.yüzyılda, daha sonra kabarma çeliği ve daha sonra pota çelik için daha verimli üretim yöntemleri tasarlandıktan sonra çelik kullanımı yaygın bir şekilde genişlemiştir (Oğuz, 2001; Baytemir, 2011).

19. yüzyılın ortalarında, Bessemer sürecinin icadıyla, kitlesel üretilen yeni bir çelik dönemi başladı. Bunu Siemens-Martin süreci ve daha sonra çelik kalitesini iyileştiren Gilchrist-Thomas süreci takip etti. Onların tanıtımları ile, hafif çelik yerine dövme demir yerini aldı. Şekil 2.1, çeliklerin ve demir döküm parçalarının görülebildiği Demir-Karbon diyagramı göstermektedir.

Bu süreçte, temel oksijen çelik üretimi gibi daha fazla iyileştirme, üretim maliyetini daha da düşürerek ve metalin kalitesini artırarak büyük ölçüde eski yöntemlerin yerini almıştır. Bugün çelik, yılda en çok 1,3 milyar ton üretilen dünyadaki en yaygın malzemelerden biridir. Binalar, altyapı, araçlar, gemiler, otomobiller, makineler, aletler ve silahların önemli bir bileşenidir.



Şekil 2.1. Demir-Karbon diyagramı.

Modern çelik genel olarak Amerikan Demir-Çelik Enstitüsüne (AISI) göre çeşitli standart organizasyonlar tarafından tanımlanan çeşitli sınıflar halinde tanımlanır, çelikler genel olarak kimyasal bileşimlerine göre dört gruba ayrılabilir:

- Karbon Çelikleri
- Alaşımli Çelikler
- Takım Çelikleri
- Paslanmaz Çelikler

### 2.1.1. Karbon Çelikleri

Yapılarında karbona ilave olarak %1.65 'den az manganez, %0.50 'den az silisyum, %0.40 'dan az bakır ve belirlenmiş limitlerde (%0.045 max) fosfor ve kükürt bulunur. Nikel, krom ve molibden gibi kalıntılar da küçük miktarlarda bütün karbon çeliklerinde bulunurlar. Mekanik özelliklerinin geliştirilmesi için karbon çeliklerine bazen bor eklenir. Yapı ve imalat sektörleri başlıca kullanım alanlarıdır. İmalat çelikleri olarak da bilinirler.

Karbonlu çelikler, içerdikleri karbon miktarıyla doğru orantılı olarak farklı özellikler içerirler. Bu tür çeliklerde karbon miktarı arttıkça akma, çekme dayanımı ve sertlik gibi özellikler artarken, darbe dayanım ve süneklilik gibi özellikler azalır. Bu özelliklere bağlı olarak karbon miktarında görülen artış çeliklerin plastik şekil değiştirme kabiliyetlerini azaltır. Karbon miktarı martenzitik dönüşümde önemli olmasına rağmen bu çeliklere su verme işlemi denilen mekanizma yardımı ile bu çelikleri sertleştirilebilme imkânımız bulunur. Çeliğin su alma kabiliyeti ve kaynak kabiliyeti üzerinde ters etkide bulunan en önemli olay çeliğin Karbon miktarında görülen artıştır. Karbon çelikleri, içerdği karbon miktarlarına göre üç gruba ayrılırlar (Baytemir, 2011; Kaluç, 1995).

- Düşük Karbonlu Çelikler
- Orta Karbonlu Çelikler
- Yüksek Karbonlu Çelikler

### **2.1.1.1. Düşük Karbonlu Çelikler**

Bünyelerinde (% 0,10 - % 0,25) arasında karbon içeren çeliklere düşük karbonlu çelikler denir. Mekanik özelliklerinden dolayı yumuşak çelikler olarak da adlandırılır. Dünyada en yüksek miktarda üretilen çelik türüdür. Başlıca kullanım yerleri olarak özellikle inşaat sektöründe kullanılan çelik çubuk, yassı mamuller ve profiller en yaygın kullanım alanlarıdır. İçerisinde karbon miktarı oldukça düşük olduğu için ısıtma işlemi ve kütle olarak yeterli miktarda sertlik gösteremezler ancak nitrasyon, semantasyon gibi işlemler ile yüzeyleri sertleştirilebilirler.

### **2.1.1.2. Orta Karbonlu Çelikler**

Bünyelerinde (% 0,25 - % 0,60) arasında karbon içeren çeliklere orta karbonlu çelikler denir. Mekanik özellikleri bakımından orta seviyedirler. Bunun sebebi ise içerdiği karbon miktarı ile doğrudan ilişkilidir. Bu çeliklerin ısıtma işlemi ile yeterli miktarda sertleştirilebilmeleri en önemli özellikleridir. Bu çelikler özellikle makine imalat sanayisinin çok fazla tercih edilen çelik türüdür. Bu çeliklerin düşük karbonlu çeliklere göre işlenebilme, şekil alabilme ve kaynak kabiliyetleri daha düşüktür. Çeliğin yapısal değişiminde kontrolsüz meydana gelen değişimlere sebebiyet veren en büyük neden kaynak sırasında oluşan kontrolsüz ısıtma etkileridir ve bu olay malzemelerde genellikle hatalara sebep olur. Bu nedenle orta karbonlu çeliklere kaynak işlemi uygulanırken özel titizlik ve itina göstermek gereklidir.

### **2.1.1.3. Yüksek Karbonlu Çelikler**

Bünyelerinde (% 0,60 - % 0,80) arasında karbon içeren çeliklere yüksek karbonlu çelikler denir. Sünekliği az, yüksek mukavemetli ve ısıtma işlemleriyle sertleştirilip yüksek sertlik değeri kazanan çeliklerdir. Bu özelliklerinden dolayı aşınmaya dayanıklı ve kesici özelliğe sahiptirler. Düşük ve Orta karbonlu çeliklere göre işlenme, şekil alabilme ve kaynak kabiliyetleri daha düşüktür fakat daha kolay su alabilirler ve sertlikleri daha fazladır. Bu sebepten dolayı kaynak yapılabilirlikleri daha özel teknikler ile mümkündür. Bu çelikler özellikle takım üretiminde kullanılmak için tercih edilirler.

### 2.1.2. Alaşımli Çelikler

Bu çelikler, bileşimleri düz karbonlu çeliklerde belirtilen oranları aşan veya kendileri diğer alaşım elementlerinin bir veya daha fazlasını içeren çeliklerdir. Bileşimdeki alaşım elementlerinin % 5'ini geçmeyen çelikler düşük alaşımli olup ve % 5'den büyük çelikler yüksek alaşımli çeliklerdir. Alaşımli çeliklerde karbon çelikleri için belirtilen değerlerin üzerinde manganez, silisyum veya bakır bulunur. Alaşım elementleri çeliklerin mekanik ve işleme özelliklerini geliştirir (Kaluç, 1995).

### 2.1.3. Takım Çelikleri

Takım çeliği, takımlar için özellikle uygun olan çeşitli karbon ve alaşımli çeliklere atıfta bulunur. Takım çelikleri, diğer malzemelerin biçimlendirilme uygulamalarının kullanıma uygundur. Uygunlukları, belirgin sertliklerinden, aşınma ve deformasyona dirençlerinden ve yüksek sıcaklıklarda bir kesici kenar tutma kabiliyetlerinden gelir.

İçerisinde (% 0,5 - % 1,5) arasında karbon bulundurulur. İstenen kaliteyi üretmek için dikkatli bir şekilde kontrol edilen koşullar altında üretilmektedirler. Karbürlerin matrislerinde bulunması, takım çeliğinin niteliklerinde baskın bir rol oynamaktadır. Takım çeliğinde karbür oluşturan dört ana alaşım elementi şunlardır: tungsten, krom, vanadyum ve molibden. Farklı karbürlerin demirin östenit formuna çözülme hızı, çeliğin yüksek sıcaklık performansını belirler. Bu çeliklerin doğru ısıl işleme tabi tutulması yeterli performans için önemlidir. Manganez içeriği, su söndürme sırasında çatlama olasılığını en aza indirmek için genellikle düşük tutulur. Altı takım çelik takımı vardır: su sertleştirme, soğuk çalışma, darbelere dayanıklı, yüksek hızlı, sıcak çalışma ve özel amaçlı. Seçilecek olan grup seçimi maliyete, çalışma sıcaklığına, istenen yüzey sertliğine, dayanıklılığa, şok direncine ve tokluk şartlarına bağlıdır.

Takım çeliklerinin en yaygın kullanım yerleri, metallerin ve diğer malzemelerin kesilmesi, preslenmesi, sıkılması ve kaplanması için kullanılır. Enjeksiyon kalıplarının üretimi gibi kullanımları, yüz binlerce kalıp ürünü veya parçasını üretmek için kullanılacak bir kalıp için önemli bir kriter olan aşınma direncinden dolayı esastır.



#### 2.1.4. Paslanmaz Çelikler

Bünyelerinde esas olarak demir, karbon ve genellikle nikel içeren alaşımlara paslanmaz çelik denir. En önemli özelliklerini kroma borçludurlar. Demir alaşımlarının korozyona karşı dayanabilirliğini artırmak için geliştirilmiş paslanmaz çeliklerin, uygulama alanlarının büyük bir hızla artarak devam etmesinin nedeni, korozyona maruz kalınan ortamlarda mekanik özellikleri kaybetmeden gösterdikleri yüksek korozyon dirençleridir. Paslanmaz çelikler içerlerinde en az % 10,5 krom (Cr) bulundurulur.

Paslanmaz çeliklerin keşfedilmesi belli bir süreç dahilinde gelişmiştir. 1822'de Faraday, demir kroma eklendiğinde atmosferik oksidasyona karşı yüksek dirençli bir alaşımın olduğunu gösterdi. 1838'de Mallet, kromlu çeliklerin bazı ortamlarda korozyona dayanıklı özellikler sergilediğini keşfetti. 19. yüzyılın sonlarına kadar, krom çelikler sadece sıcak sülfürik asit kapları için kullanıldı. 1904 yılında Monnartz, oksitleyici atmosfere krom katkılı çeliklerin eklenmesinin pasifleştirme özelliğini daha belirgin hale getirdiğini buldu. Bu metallerin korozyon direncinin, metal yüzey üzerinde oluşan pasif tabakadan geldiği kanıtlanmıştır. Bununla birlikte, alaşımın tüm ortamlarda korozyona karşı dirençli olması için pasif film oluşumu yeterli değildir. Paslanmaz çeliklerin daha esnek hale getirilmesinin yollarından biri, karbon içeriğini azaltmak için krom ve nikel gibi ana alaşım elementlerinin oranını arttırmaktır (Baytemir, 2011; Kaluç, 1995).

Paslanmaz çelik direnci ve korozyon direnci onu ideal ve vazgeçilmez bir malzeme haline getirmektedir, çünkü paslanmaz çelik, diğer çelikten daha ucuz ve çarpıcı bir görünüme sahip olan çok çeşitli uygulamalarda ticari olarak daha ucuzdur. Toplamda 150'den fazla paslanmaz çelik türü olmasına rağmen, bunların 15'i piyasada çok yaygın ve çok popülerdir.

Paslanmaz çelikler, yassı ürünler, levhalar, çubuklar, teller, borular, özellikle petrokimya, kimya gibi diğer benzer çelikler gibi birçok farklı yolla soğuk ve sıcak haddeleme teknikleri ile şekillendirilir.

Döküm bileşenleri gıda endüstrisinde, sigaralarda, cerrahi teçhizatlarında, endüstriyel ekipmanlarda, otomotivde, beyaz eşya yapımında, inşaatlarda ve yapı elemanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Paslanmaz çeliğin kullanıldığı alanlardan biri de günlük hayatımızda takı ve saatler gibi hiç ayrılmadığımız ürünlerdir. Takıda kullanılan en yaygın kalite 316L östenitik paslanmazdır. Paslanmaz çelik, gümüş gibi zamanla oksitlenmez ve kararmaz. Buna ek olarak, paslanmaz çeliğin yoğunluğu gümüşten biraz daha hafiftir, bu yüzden tasarımcılar için daha kolaydır.

Paslanmaz çeliklerin diğer çelik türlerine göre en önemli özelliği içerisinde bulunan krom miktarının diğer çelik türlerine göre çok fazla olmasıdır (% 12). Krom miktarı arttıkça buna paralel olarak yüksek sıcaklıklarda oksidasyon direnci artar.

Paslanmaz çelikler mikroyapılarına göre 5 gruba ayrılırlar:

- Ferritik paslanmaz çelikler
- Östenitik paslanmaz çelikler
- Martenzitik paslanmaz çelikler
- Çift fazlı (Dubleks) paslanmaz çelikler
- Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen paslanmaz çelikler (Kaya, 2012).

#### **2.1.4.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler**

Ferritik paslanmaz çelikler yapılarında genellikle nikel içermezler. İçerisinde farklı alaşım elementleri bulunduran (molibden, titanyum, vanadyum, krom v.b gibi) paslanmaz çelik çeşididir. Yüksek krom içeriği sayesinde ferritik paslanmaz çelikler, çok yüksek korozyon direnci sağlarlar. Diğer karbon çeliklerine benzer fiziksel ve mekanik özellik göstermelerine rağmen östenitlerin aksine manyetiklerdir. İçerisinde karbon miktarı az olması sebebiyle ısıyla işlem görmezler ve bu sayede basitçe şekillendirilebilirler. Tavlama ısıl işlemi uygulanabilir. En çok bilinen ferritik kaliteler AISI 430 ve AISI 442 paslanmaz çeliklerdir (Kaya, 2012).

#### 2.1.4.2. Östenitik Paslanmaz Çelikler

AISI 300 serisi veya östenitik paslanmaz çelikler, dünyadaki toplam paslanmaz çelik üretiminin yaklaşık % 60'ını oluşturmaktadır. Maksimum % 0.15 karbon ve en az %16 oranında krom ve çok düşük sıcaklıklardan erime sıcaklığına kadar östenitik yapıyı stabilize etmek için yeterli miktarda nikel veya manganez içerir. En iyi bilinen östenitik çelik tipi, içerisinde % 18 krom ve % 8 nikel bulunduran AISI 304 kalite paslanmaz çeliktir.

Bir diğer çok kullanılan östenitik paslanmaz çelik türü AISI 316L' dir. İçerisinde %12-25 oranında krom, %8-25 nikel ve %2.2 molibden içerir. Genelde AISI 304'ün yetersiz olduğu klorlu ortamlarda daha sık kullanılırlar. Süper östenitik paslanmaz çelikler olarak da bilinirler. Bu çelikler yüksek molibden, nitrojen katkı maddeleri ve yüksek nikel ile korozyon direnci sergiler. Süper östenitik'in yüksek alaşım içeriği, maliyetlerin önemli ölçüde artmasına neden olur. Bu nedenle, benzer bir performans, ferritik veya dubleks paslanmaz çelik gruplarından daha düşük bir maliyetle elde edilebilir. En yaygın bilinen östenitik kaliteler AISI 304 ve AISI 316'dır. Bu çelikler kolaylıkla soğuk şekillendirilebilir. Bu özelliklerinden dolayı iç ve dış mimari olarak sac haline getirilerek kullanılabilirler.

Östenitik krom nikel paslanmaz çelik en yaygın olarak %12-25 krom ve %8-25 nikel içeren paslanmaz çeliklerde kullanılır. Östenitik paslanmaz çeliklerde krom, nikel ve manganez toplamı %24 veya daha fazladır. Genel olarak krom içeriği %16 veya daha fazladır. Krom, oksidasyon ve korozyon direncini sağlarken nikel ve manganez, yüksek soğutma oranlarına rağmen, östenit fazının oda sıcaklığında bile stabil olmasını sağlar (Baytemir, 2011; Kaya, 2012).

#### **2.1.4.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler**

Bu çelikler, ferritik paslanmaz çeliklere içerisinde bulunan az miktarda alaşıma sahip olmaları ve yüksek mukavemetli karbon çeliklere benzeyen yapısında olduğundan dolayı benzerlik gösterirler. Martenzitik paslanmaz çelikler içerdiği fazla karbon tükenmesi sebebiyle karbon çeliklerinde olduğu gibi ısı işlemlerle sertleştirilebilirler ve mukavemeti arttırılabilir.

İçerisinde bulunan elementler krom, molibden ve karbondur. Martenzitik paslanmaz çelikler genellikle nikel içermezler. Bu çelikler manyetiktir ve içerisinde bulunan karbon miktarının artmasına bağlı olarak sertleşme ve mukavemet kabiliyetleri artarken, tokluk ve süneklik kabiliyetleri azalır. İçerisinde bulunan karbon ve diğer alaşım elementlerin miktarına bağlı olarak ısı işlem ile sertleştirilebilirler. En uygun korozyon direncine temperleme ısı işleminden sonra ve stres giderme işleminden sonra ulaşılır. Diğer paslanmaz çelik kalitelerle karşılaştırıldığında, korozyon direnci bu çeliklerde daha düşük olmasına karşın işlenebilirlik ve şekillendirilebilirlik daha yüksektir.

#### **2.1.4.4. Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler**

Bu çelikler içerisinde yüksek miktarda krom ve orta miktarda nikel içerir. Nikel miktarı en fazla % 8'dir ve tüm içyapıyı östenitik hale getirmek için yeterli değildir. Çift eksenli mikroyapı, çeliğin 1000-1050 °C temperlenmesi ve ardından hızla soğutulmasıyla elde edilir. Bu çelikler östenitik paslanmaz çeliklere göre mukavemeti daha yüksektir. Bu çeliklerin en önemli özellikleri çok düşük ve yüksek sıcaklıklarda kırılma olmalarıdır. En çok bilinen ve tercih edilen AISI 2205 kalitesindedir. Soğuk şekillendirme için daha yüksek güç gerektirir. Genellikle arıtma tesislerinde, ısı eşanjörlerinde, petrokimyasal ve kağıt endüstrilerinde ve deniz teknolojilerinde kullanılmaktadır.

Kristal yapıları hacim merkezi kübik ferrit ve yüzey merkezli kübik östenit fazından oluşur. Dupleks paslanmaz çeliklerin dezavantajı; (HAZ) ferrit-östenit dengesi, çürüme korozyon direncinin zayıflamasına bağlı olarak termal yaşlanmadan kaynaklanan kırılğan yapısı çalışma sıcaklıklarını 260-300 °C ile sınırlar.

#### **2.1.4.5. Çökeltme Sertleşmesi Uygulanabilen Paslanmaz Çelikler**

Bu tür çelikler yaşlı sertleştirilmiş olarak da bilinirler. Çökeltme paslanmaz çelikler esas olarak krom ve nikel içerir. Hem martenzitik hem de östenitik özelliklerini bir arada bulunduran paslanmaz çelik türüdür. Martenzitik ve östenitik özellikleri gibi ısıl işlem ve korozyon direncine karşı da yüksek direnç gösterirler. Bu tür çeliklerin sertleştirilmesi için bakır, titanyum, niyobyum, molibden ve alüminyum gibi alaşım elementinin eklenmesiyle elde edilir. Bu tür çeliklerden en çok bilinen ve kullanılan kalitedeki çelik 17-4 PH olarak bilinir ve aynı zamanda AISI 630 da denir.

#### **2.1.5. Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları**

Paslanmaz çelikler çok yönlü malzemelerdir. Korozyona olan direnç özelliklerinden dolayı ilk olarak çatal kaşık bıçak üretimi için kimya sanayisine girdi. Günümüzde korozyon direnci hala önemini sürdürmektedir. Yaşantımızın hemen hemen her yerinde karşılaşılabileceğimiz alanlarda özellikle evlerimizde, şehirlerimizde ve en önemlisi gelişmiş ve gelişmekte olan sanayide çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çelikler bazı kullanım alanları aşağıda verilmiştir;

Evde:

- Çatal bıçak takımı, yemekler ve diğer sofraya takımları
- Mutfak eşyaları
- Tencere ve tavalarda
- Fırın ve barbekülerde
- Bahçe ekipmanları ve mobilyalarda

Şehirde:

- Otobüs durakları, telefon kulübeleri ve diğer sokak eşyalarında
- Bina cephelerinde
- Asansör ve yürüyen merdivenlerde
- Metro, tren ve istasyon altyapılarında

Sanayide:

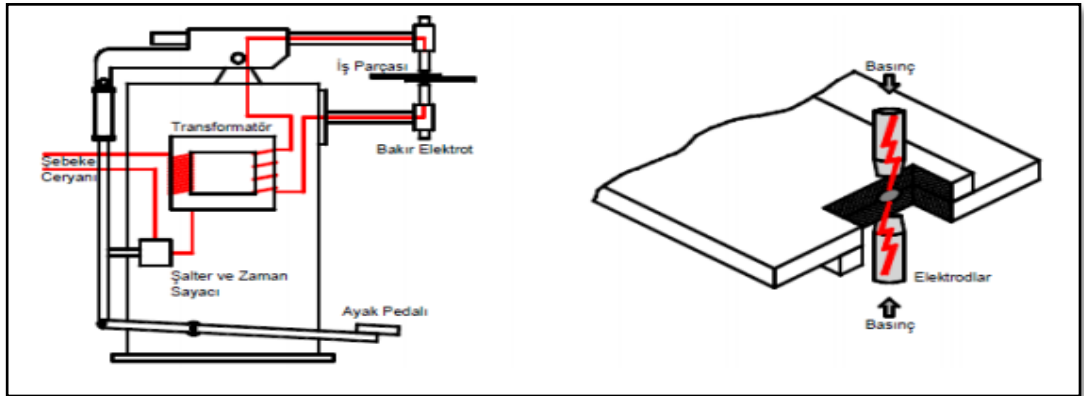
- Gıda ürünleri ve ilaç üretim ekipmanlarında
- İçme ve atık su arıtma ekipmanlarında
- Kimya ve petrokimya tesislerinde
- Otomotiv ve uçak motoru parçalarında
- Yakıt ve kimyasal tankerlerde
- Su ve buhar için konstrüksiyon parçalarında
- Aks, mil, pompa gibi yüksek dayanımlı parçalarda (Odabaş, 2004).

## BÖLÜM 3

### ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAĞI

#### 3.1. DİRENÇ KAYNAĞI PRENSİBİ

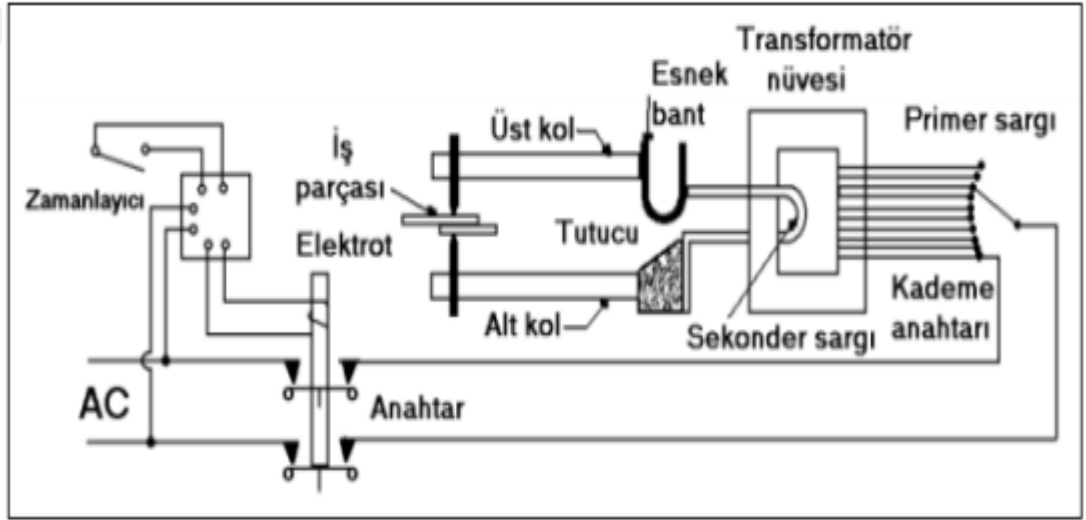
Elektrik direnç kaynağı; elektrotlar arasında tutulan basınç etkisi altında iş parçalarından geçen elektrik akımına karşı gösterdikleri direnç sebebiyle ortaya çıkan kaynak yöntemidir. Kaynak yapılacak olan iş parçalarının temas yüzeyi, kısa süreliğine uygulanacak olan düşük gerilim ve yüksek akım kullanılarak erimiş haldeki kaynak malzemesine çevrilir. Elektrik akımına son verdiğimizde, erimiş olan metal parçamız soğur ve hızla katılaşır. Aynı zamanda elektrotlar, kaynak olan parçaları muhafaza etmeye devam ederler belli bir süre sonra geri çekilerek kaynak olan malzemeyi serbest bırakırlar. Kaynak işlemi ekseriyetle 1 sn'den daha az sürede tamamlanır. Elektrot ucunun boyutu ve çevresi yardımıyla gerçekleştirilen kaynağın boyutu ve şekli belirlenir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi malzemelerin temas yüzeyinde kaynak çekirdeği ortaya çıkar ve dış yüzeyleri etkilemez. Kesit alındığında yapılan kaynağın uygunluğu, kaynak çekirdeğinin şeklinin oval olduğuyla anlaşılır. Üstten görüntüsü, elektrot ile ortalama aynı boydadır ve elektrot yüzeyinin şeklindedir (Lippold vd., 2005).



Şekil 3.1. Direnç kaynak makinesinin temel bileşenleri ve kaynak bölgesi (Odabaş, 2004).

Kaynak merkezi malzemelerin kenarlarından uzakta olmasının nedeni, kaynak merkezindeki metalin kıvılcım olarak fırlama tehlikesinin olmasıdır. Diğer taraftan, paralel akım devrelerinin ortaya çıkmasını önlemek ya da yeterli seviyede tutabilmek amacıyla, birbiriyle iletişimdeki kaynak noktaları ile hatları arasındaki mesafe büyük olmalıdır (Hayat, 2010).

Kaynak makinesi kaynak için ihtiyaç olan akımı, düşük akım ve yüksek gerilim elektrik akımını, yüksek akım ve düşük gerilim akımına çevirir. Şekil 3.2’de gerekli basınç, elektrot kuvveti ve mekanik parçaları verilmiştir (Kaluç, 2004).



Şekil 3.2. Direnç kaynak makinesinin elektriksel sistemi (Lippold vd., 2005).

Kaynak işlemi, operatörler tarafından cihazı devreye sokan bir düğmeye veya pedala basarak gerçekleştirilir. Diğer termik kaynak yöntemleri ile karşılaştırıldığında işçilik masrafı çok daha düşüktür. Diğer taraftan direnç kaynak makineleri, diğer kaynak yöntemleri için gerekli olan makineler ve teçhizat ile karşılaştırıldığında çok daha pahalıdır. Bu kaynak yöntemi günümüzde uçak ve otomotiv sanayisinde ve metal eşya imalatında yaygın şekilde kullanılmasının nedenleri arasında ilave metal yada malzeme gerekmeden yapılması ve sağladığı fiziksel özelliklerin yanı sıra kaynak işleminin oldukça kolay olması başlıca sebepleri arasındadır.



## 3.2. DİRENÇ KAYNAĞI YÖNTEMLERİ

Direnç kaynağı yöntemlerinin oldukça çeşitli türleri bulunur. Bu tekniklerde yüksek direnç ortaya çıkarmak ve böylelikle bağlantısında oluşan ısıyı yoğunlaştırabilmek için birbirinden farklı yöntemler kullanılır. İletkenin geometrisi ve öz direncine bağlı olan bir direnç bulunur. İşlem esnasında birleştirilecek malzemeler arasında bir akım yolu ortaya çıkartılarak, bölgesel yüksek bir direnç oluşturulur. Bu yönetime akım yoğunlaştırılması denir. Tüm direnç kaynağı metotlarında, birleştirilecek parçalar ile akımı taşıyan elektrotlar arasında fiziksel bir etkileşim olmak zorundadır (Gülbahar, 1989).

Direnç kaynağı yöntemleri üç gruba ayrılır:

1. Nokta Kaynak:
  - Normal nokta kaynak
  - Kabartılı nokta kaynak
2. Dikiş Kaynak:
  - Sürekli dikiş kaynak
  - Aralıklı dikiş kaynak
3. Alın Kaynak:
  - Basınçlı alın kaynak
  - Yakma alın kaynak

Tüm direnç kaynağı yöntemlerinde uygun bir kaynak zamanı ile akım şiddeti düzenlemesi gerekir. Kapalı devre doğrultusunda akım geçer. Elektrotun uyguladığı kuvvetin sayesinde akımın sürekliliği sağlanır. Kaynak işlemi ilk olarak sınırlı bir metal hacminin erimesini sağlamak için gerekli olan ısı miktarı elde edilir ve basınç altında tekrardan soğuması ve katılaşması sağlanır. Isı kayıplarının azaltılması ve zaman tasarrufu, kaynak yapılacak malzemenin ısınma ve soğuma hızlarına bağlı olarak gerçekleşir.

### 3.3. ELEKTRİK DİRENÇ KAYNAK KABİLİYETİ

Kaynak kabiliyeti metalik parçaların birleşebilme kabiliyetlerini gösterse de kesin olarak ifade edilebilen bir özellik değildir. Kaynak kabiliyeti yüksek olan metallerde kaynak sırasında herhangi bir tedbir alınmadan yüksek kalite kaynak yapılabilir. Düşük kaynak kabiliyetli olan metallerde ise iyi bir sonuç alınması için kaynak şartlarının çok daha sınırlı bir aralıkta olması gerekir (Hasanbaşıoğlu, 2007).

Metallerin kaynak kabiliyetleri 3 temel madde ile kontrol yapılır.

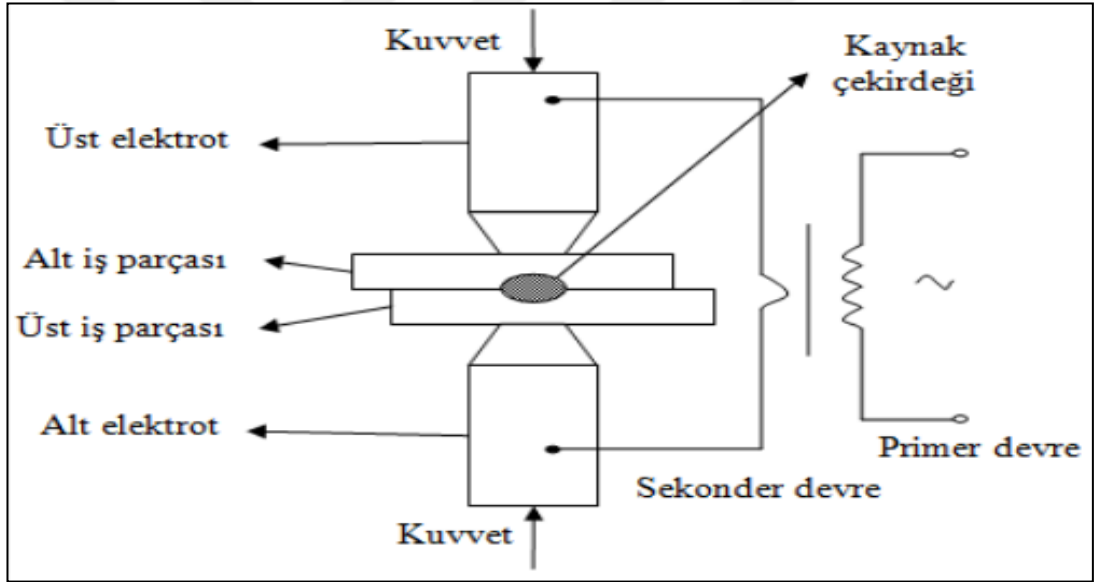
1. Metalin ısı iletkenlik katsayısı
2. Metalin ısı direnci
3. Metalin ergime sıcaklığı

Metalik malzemelerin kaynak hatalarını azaltıp mukavemetini ve kaynak kalitesini artırmak için kaynak kabiliyetlerini de artırmamız gerekir. Metalin kaynak kabiliyeti ne kadar yüksek olursa o kadar da saflık oranı fazladır denilir ve saflık oranı fazla olan metaller kaynak teçhizatını sadeleştirmektedir. Bunun sonucunda kaynak işlemleri daha ekonomik olmaktadır. Metallerin içerdiği alaşım miktarları arttıkça kaynak kabiliyetleri azalır ve kaynak işlemleri ekonomiktan ziyade daha fazla maddi güç gerektirir. Metalin yüksek direnç gösterdiği karşı akım, ergime sıcaklığı ile ısı iletme kabiliyeti düşük ise kaynak yapılabilirliği sınırlıdır. Çelikler bu sınıftadır.

Isı iletme katsayısı yüksek olan lakin ısı direnci az olan düşük sıcaklıkta eriyen metaller kaynak zor yapılmaktadır. Elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilen malzemeler diğer kaynak yöntemlerine göre serbestliği daha fazladır. Bu yöntem ile metallerin ve farklı kaplamalı malzemelerin kusursuz ve farklı boyutlarda birleştirilmesi kolaylıkla yapılabilir.

### 3.4. ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI

Bu işlem üst üste binen tabakaların silindirik elektrotlar arasındaki akımın konsantrasyonundan kaynaklanan yerel füzyon ile birleştirilir. Şekil 3.3, işlemin şematik bir düzenlemesidir. Kaynak yapılacak olan malzemerler elektrotlar arasına kollarla uygulanan basınçla veya pnömomatik olarak çalıştırılan pistonlarla tutturulur. Küçük kaynak makinelerinde yaylar kullanılır. Akım genellikle aşağıya doğru bir transformatör tarafından beslenir. Makinenin elektrotları ve kolları yalnızca bir veya iki turdan oluşan ikincil devrenin bir parçasıdır. Nokta kaynaklı bir bağlantı, iş parçaları arasında bir veya daha fazla ayrık kaynaşmış alan veya nokta dizisinden oluşur (Çimen, 1994; Gülbahar, 1989).



Şekil 3.3. Direnç nokta kaynak uygulaması (Çimen, 1994).

#### 3.4.1. Elektrot ve Kaynak Çekirdek Boyutu

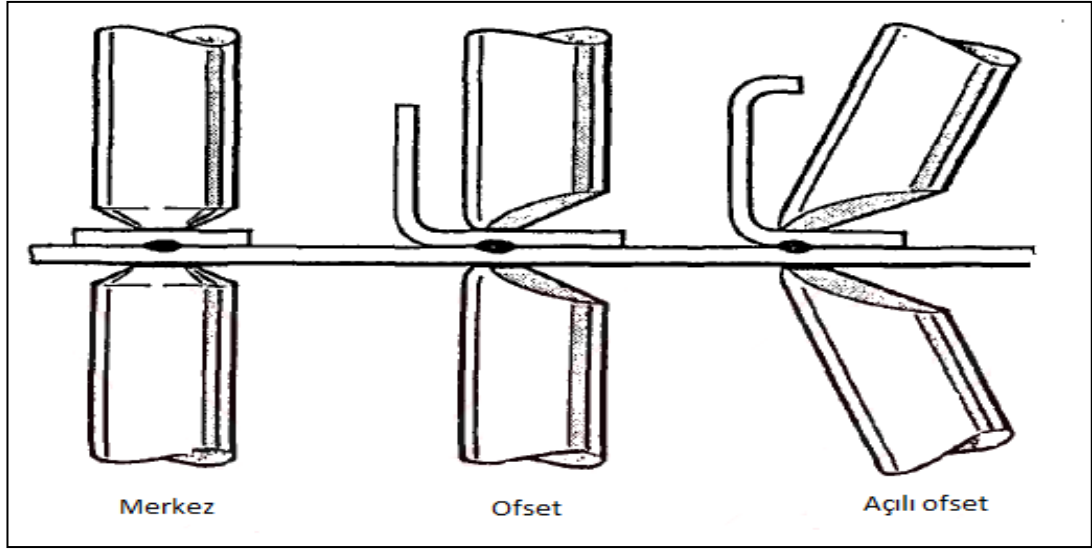
Akım konsantrasyonu, elektrotlar ve iş arasındaki temas alanı tarafından belirlenir ve kaynak çekirdeğinin veya kaynaşmış metallerin boyutu bu alanla yakından ilgilidir. Çekirdeğin kayma mukavemeti genellikle eklemün kırılmaya zorlanmasının sağlanması için yeterlidir ve bu olay çekirdeğin etrafındaki levhada görülür. İstenilmeyen bir durum, kırığın bir tabaka halinde diğer tabakaya tutturulmuş bırakılan çekirdeğin etrafında meydana gelen tıkaç tipidir.

Elektrotun büyüklüğünün tabaka kalınlığına göre standartlaştırılması için kullanılan yöntem perçinleme prosedüründe kaynağı olan bir yöntem haline gelmiştir. Perçinlenmiş bir bağlantıda perçin deliği plakayı zayıflatır. Nokta kaynaklı bir bağlantı ile kaynak plaka ile bütünleşir, böylece meydana gelen tek zayıflama kaynak ısısının yumuşatıcı etkisinden kaynaklanır. Bu nedenle kaynakta daha yüksek verimler elde edilebilir.

Bir nokta kaynağının mukavemeti göz önüne alındığında, sac levhada, kaynağın yük altında meydana geldiği bozulma nedeniyle yalnızca kaymada gerilmiş olması metal levha kaynağında nadiren fark edilir. Bu koşullar altında ana metalin kaynağın çevresindeki sünekliği, baskın bir etkiye sahip olabilir. Direnç kaynağındaki yüksek soğutma hızları nedeniyle su verme sertleşmesine duyarlı kaynak malzemeleri için özellikle önemlidir.

Pratikte, elektrot ve iş arasındaki temas alanı, elektrotlar kullanılarak kontrol edilemez. Bu tür elektrotların ihtiyaç duyduğu çubuk şeklinde elektrotlar kullanılarak mekanik olarak zayıf olacaktır ve çok yüksek bir dirence sahip olacaktır. Pratik elektrotlar, 30 derecelik bir açıyla kesilmiş bir koniğe işlenmiş büyük çaplı bakır veya bakır alaşımlı çubuklardan yapılır. Alternatif olarak, elektrotlar kubbeli bir uç ile işlenebilir, kubbenin yarıçapı temas alanını kontrol etmek için kullanılır.

Elektrot yükü ve tabaka sertliği kubbeli elektrotlarla temas alanını belirlemede de önemli faktörlerdir. Temas alanı kesik koni elektrotları ile daha doğru kontrol edilir ve kullanımdaki herhangi bir aşınma kolayca görülebilir. Bununla birlikte, kubbeli elektrotla karşılaştırıldığında, iş parçasının daha belirgin bir yüzey işaretlemesiyle sonuçlanır ve daha doğru hizalama gerektirir. Basit simetrik elektrotların tercih edilmesine rağmen, karmaşık eklemlerle erişim sağlamak için çeşitli özel şekiller kullanılır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Özel ofset elektrot tipleri.

### 3.4.2. Direnç Kuvvet

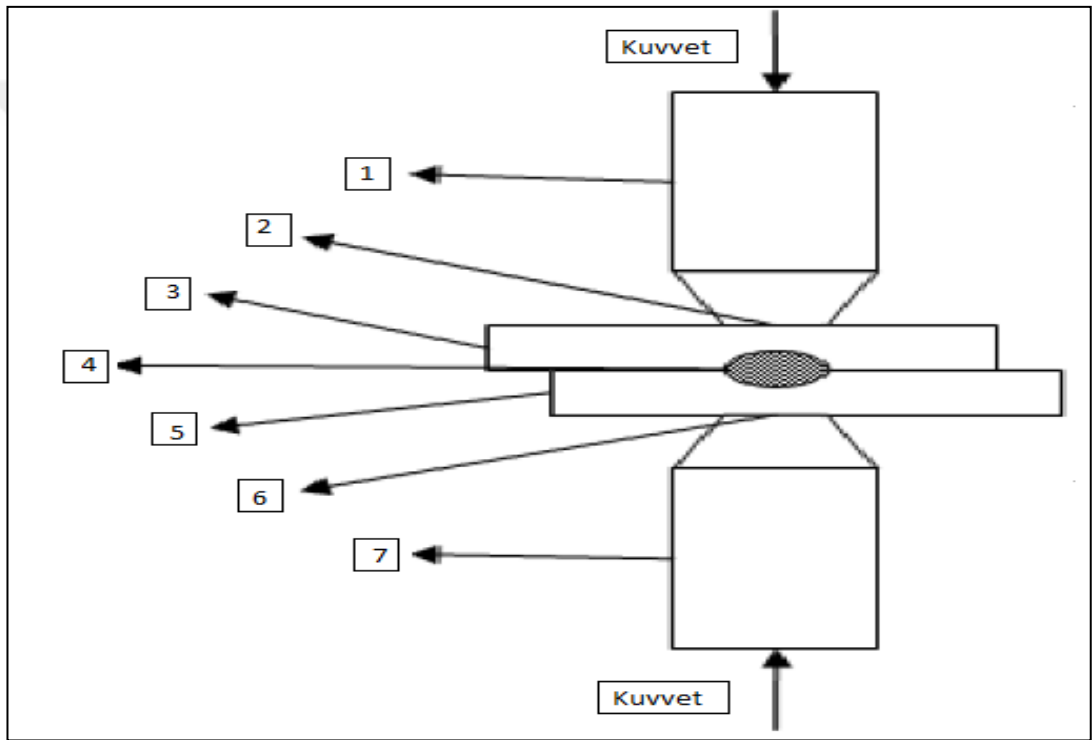
Elektrot şekli ve iş parçası kalınlığı arasındaki ilişkiyi kurduktan sonra üç önemli işlem değişkeni vardır. Bunlar elektrot sıkma kuvveti, akım ve akımın zamanıdır. Kaynak yapılacak parçalar elektrotlar arasına sıkıştırıldığında, elektrotlar arası direnç, şekil 3.5’de gösterildiği gibi yedi ayrı direnç içerir. Bu dirençler aşağıdaki gibi yazılabilir (Çimen, 1994).

1. Üst elektrot direnci.
2. Üst elektrot ve üst tabaka arasında temas direnci.
3. Üst tabaka direnci.
4. Üst ve alt tabakalar arasında temas direnci.
5. Alt tabakanın direnci.
6. Alt tabaka ve alt elektrot arasındaki temas direnci.
7. Düşük elektrot direnci.

Bu 7 dirençten arayüzey veya tabaka temas direnci, kaynak çekirdeğinin ve dolayısıyla ısının gerekli olduğu en önemli dirençtir. Tutarlı kaynak ebadı, diğer şeylerin yanı sıra, bu dirençteki düşük dirençli metallere yüzey koşullarının

tutarlılığına bağlıdır, dirençler 2,4 ve 6 daha büyük öneme sahiptir ve kontrollerine olan ihtiyaç artmıştır.

Örneğin alüminyum alaşımları, kaynak öncesi tutarlı bir temas direncini sağlamak için kaynaklamadan önce sınırlı bir süre yağdan arındırma ve dekapaj işlemine tabi tutulur. Bu gibi kontrollerin gerekli olduğu zaman voltajı ölçerek temas direncini kontrol etmenin olağan olduğu durumlarda akım birbirine kenetlenmiş bir çift numuneden geçerken düşer.



Şekil 3.5. Kaynak dirençleri.

Vücut dirençleri 3 ve 5, işin öz direnci ve sıcaklığına bağlıdır ve değiştirilemez. Vücut direncinin kaynak döneminde sonradan daha büyük bir etkisi vardır. Elektrotların 1 ve 7 vücut direnci, elektrotların direncine ve sıcaklığına bağlıdır. Elektrot tabakaya temas dirençleri 2 ve 6, tamamen iletkenlerdir ve yüksek iletkenlik elektrotları kullanarak ve yeterli temizlik ve sıkma kuvveti bulunduğu için emin olarak minimumda tutulur. Yüksek elektriksel ve termal iletkenlik gereklilikleri, yüksek mekanik dayanım ve yüksek sıcaklıklarda aşınma direnci ile uyumlu değildir. Farklı uygulamalar için uygun bir dizi özellik sağlayan çeşitli krom alaşımları,

örneğin krom-bakır, kodyum-bakır veya beryum-kobalt-bakır kullanılır. Yüksek üretim hızları için verimli elektrot soğutma kullanılır.

Temas direnci, iki parçadan oluşur. Bunlar; yük, yüzey kalitesi ve durumdan etkilenen gerçek temas direnci ve yerel temas noktalarından akımın kısıtlanmasından kaynaklanan yayılma direncidir. Yayılma direnci, malzemenin direnci ve paralel temas noktalarının sayısı ile orantılıdır. Bu temas noktaları pürüzlülüğün deforme olduğu yüzey oksit filmlerinin yırtılması ile ilişkilidir. Basınçla deforme olan çoklu temas noktalarındaki dirençlere bağlı olarak temas direnci, yük yeniden dolduğunda tekrar orijinal değerine dönmez.

İstikrarlı çalışma için, yüksek elektrot kuvvetleri istenir ancak özellikle düşük dirençli metaller kaynaklanırken, kaynak ısını geliştirmek için olması gereken kuvvet yükselterek direnç çok fazla azaltılamaz. İşin yüzey girintisindeki artış ve elektrotların aşınmasından dolayı aşırı yüksek kuvvetler istenmez. Kaynak çekirdeği birleştirmek amacıyla akım kesildikten sonra birkaç devir için kuvvet korunur.

### **3.4.3. Akım ve Zaman**

Akım ve zamanın etkileri birlikte düşünülebilir, ancak her ikisi de geliştirilen ısı miktarını etkilerken, ısı gelişim oranını belirleyen tek başına akımdır. Akım geçerken üretilen ısının bir kısmı, esas olarak su soğutmalı elektrotlara kaybedilir. Çekirdeğin büyüyeceği boyut, iletim tarafından kaldırıldığından daha hızlı üretilen ısıya bağlıdır. Dolayısıyla akım, en kritik değişkendir (Çimen, 1994).

Belirli bir malzemenin ve kalınlığın kaynaklanması için prosedürler oluştururken, sabit zamanlardaki kuvvet / akım eğrisi en faydalı olanıdır. Sabit akımlar için kuvvet / zaman eğrileri benzerdir. Her bir malzeme, akım ayarının kritik olduğunu ve bu nedenle metalin kaynaklanmasının zor olduğunu belirten keskin bir kesime sahip kendi karakteristik eğrisel yükselen eğrilerine sahiptir. Elektrot boyutlarının tabaka kalınlığına oranla seçilmesinden dolayı, mevcut karınca zamanı seçiminde belirli bir rasyonalizasyon vardır.

Herhangi bir metal için gereken gerçek akım seviyesi, elektriksel ve termal dirençleriyle ters orantılı olma eğilimindedir. Bakır kaynak yapmak imkansızdır. Bunun sebebi mafsalın toplam direnci bir parçası olduğu ikincil devrenin yeteri kadar üstünde olamamasıdır. Yüksek dirençli düşük erime noktalı alaşımlı bir kenarın eklenmesi iş parçaları arasında oluşturulmasına izin verir ancak işlem daha sonra dirençli lehimleme olarak adlandırılır. Yüksek elektriksel ve termal dirençlere sahip elektrotlar ayrıca ısı üretmeye ve ısı iletimini eklemenden uzak tutmaya yardımcı olurlar. Yukarıdaki tartışma, sabit bir elektrot ucu büyüklüğü varsaymaktadır. Çünkü akım konsantrasyonu akımla eşit derecede önemlidir. Elektrot kullanımında uçlar aşınır ve yayılır, böylece akım yoğunluğu ve kaynak boyutu düşer.

#### **3.4.4. Çekirdek Oluşumu**

Kuvvetin, mevcut ve zaman ilişkisinin diğer önemli yönleri, kaynağın büyümesinin izlenmesinde belirginleşir. Direnç kaynakları hızlı oluşumları ve dik ısıtma ve soğutma eğrileri ile karakterize edilir. Bu onların yerel doğası ve elektrotların yakınlığı nedeniyledir (Çimen, 1994).

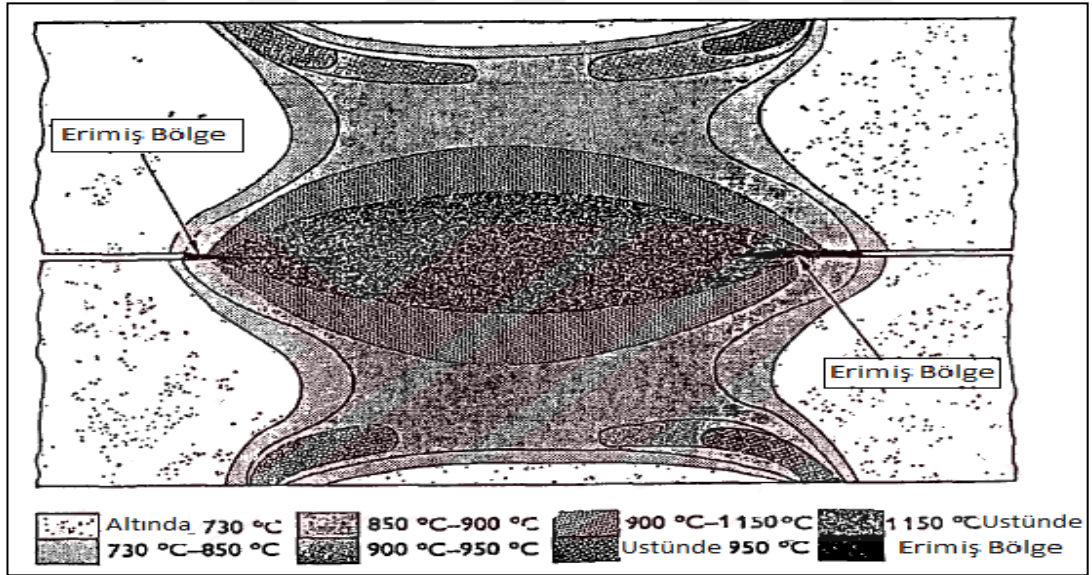
Elektrot kuvvetini uyguladıktan sonra akım geçişi başlatılır ve çoğu zaman bir döngüde temas dirençleri 2, 4 ve 6'da sert bir düşme oluşur. Levha arayüzündeki sıcaklık ve elektrotların altında halka şeklindeki iki bölge hızla yükselir. Temas direnci hızlı bir şekilde düşürülmesine rağmen, bu bölgedeki ısıtılmış metal bölgesel olarak daha yüksek bir direnç sağlar ve arayüzdeki sıcaklık artmaya devam eder. Metaller, sıcaklıkta pozitif direnç katsayısına sahip değilse direnç kaynağı yapılamaz.

Şekil 3.6. kısmen dağılan sıcaklık dağılımını göstermiştir. Metalografik araçlar tarafından belirlenen hafif çelik nokta kaynağı işlem devam ettikçe erimiş bir çekirdek gelişir. Çapı ilk önce hızlı bir şekilde artar ve daha sonra maksimum boyuta yaklaştıkça daha yavaş büyür ve bu elektrot çapından yüzde 10 daha büyük olabilir. Parçaların kaynağa sığıdığı ve yeterli elektrot kuvveti bulunan bir nokta kaynağında, erimiş çekirdek, elektrotların hidrostatik basıncına maruz kalmasına rağmen levhalar arasında güvenli bir şekilde hapsedilir. Isı kaynak döngüsünün ara aşamalarında yayıldıkça elektrotlar çalışma yüzeyine yayılmaya başlar ve plastik deformasyonun



bir sonucu olarak tabakalar kaynak kenarında ayrılmaya başlar. Bu etkiler, girintiler ve tabakaların ayrılması, akım ve zaman üzerinde üst sınır koyar. Çekirdeklerin içinden geçen akım, sıvı metalde türbülansa neden olur (Çimen, 1994).

Isıtılmış metal halkanın çekirdek çevresini sızdırmaz hale getirdiği basınç ve plastik deformasyon, iş parçaları alüminyum ile olduğu gibi basınçlı kaynağa duyarlı olduğunda korona yapışmasına neden olabilir. Bu contanın kazara yırtılmasına, erimiş çekirdek metalinin bir kısmının tabakalar arasında fırlamasına neden olur. Buna atılma denir ve kaynağın sıçradığı söylenir. Akma, akıma bir üst sınır koyar ve bir kenara yakın kaynaklamanın sonucu olarak düşük elektrot kuvveti, kötü uyum veya mekanik destek eksikliği ile desteklenir. Örneğin ölçek, yerel olarak yüksek bir direnç oluşturduğunda ara yüzeydeki çok hızlı veya aşırı ısı oluşumu nedeniyle elektrot / iş arayüzünde atılma gerçekleşmesi de mümkündür. Düşük dirençli metaller yüzey sıçramasına yatkındır çünkü elektrot / tabaka direnci toplam kalıntının daha yüksek bir oranıdır.



Şekil 3.6. Metalografik inceleme ile belirlenen, çekirdek oluşumu sırasında çelik nokta kaynağında sıcaklık dağılımı (Çimen, 1994).

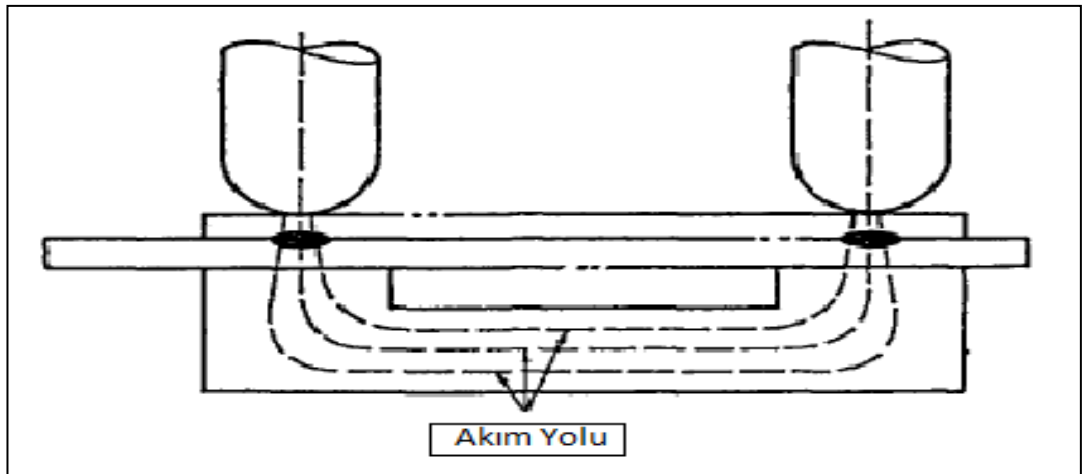
İşlem uygulanacak parçanın ısıtılması ve kaynak çekirdeğin eritilmesi, elektrot kuvvetine rağmen ayrılmaya meyilli olan ve elektrotlar arasında serbest bırakılan ısı ile doğru orantılı olan ısıl genleşme ile sonuçlanır. Bunun ölçümü kalite kontrol aracı olarak kullanılabilir.

### 3.4.5. Direnç Nokta Kaynağında Zamanlama

Akım akışının doğru zamanlaması, tatmin edici nokta kaynağının özüdür. Yüksek hızda güçlü iyi şekillendirilmiş noktalar üretmeye ek olarak, çoğu durumda ısıtma çevrimlerinin minimum zaman süreleri ile sınırlandırılması metalürjik açıdan önemlidir. Ayrıca, kısa zaman periyotları sonucunda bozulma olasılığı olan ana metale ısı dağılımı için daha az fırsat verir Dirençli kaynaklarda süreleri hesaba katmak evrensel bir uygulamadır. Hafif çelik kaynak yaparken zaman, akım kadar önemli bir değişken değildir. Kaynak süreleri çok aza düşürüldüğü için, ince veya yüksek termal iletkenlik malzemeleri kaynaklandığında, zamanlama cihazına daha fazla dikkat edilmesi gerekmektedir. Daha fazla mekanik hassasiyet de gereklidir. Zamanlayıcılar mekanik veya elektronik, senkron ya da senkron olmayabilirler. Dijital tipteki senkron elektronik zamanlayıcılar, kullanımda olduğu kadar tekrarlanabilir zamanlar verebilir. Direnç-Kapasitör devrelerine dayanan elektronik zamanlayıcılar da geniş kullanım alanı içindedir fakat yerini alan dijital tip sayaca göre daha az güvenilirlerdir.

### 3.4.6. Seri Kaynak

Çalışmaya bir taraftan sadece elektrotlarla yaklaşılması uygun olduğunda veya aynı anda çok sayıda nokta yapılması gerektiğinde, şekil 3.7'de gösterilen bir seri kaynak tekniği kullanılır (Çimen, 1994).



Şekil 3.7. Seri kaynak.

Seri kaynak otomobil endüstrisinde çok ısıtmalı makinelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dolaylı kaynak, akımın bir elektrot içinden girebileceği, ancak işi geniş temas alanı nedeniyle kaynak bulunmayan bir temas yastığı ile bırakabileceği özel bir seri kaynak şeklidir. Seri kaynaklarda akım şönt işleminin etkisi önemlidir. Akımın alabileceği üç yol vardır; Üst tabaka, alt tabaka veya arka elektrot içinden. Üst tabakadaki akım ilk üç döngü için yüksektir çünkü alt tabaka ile devrenin bir parçasını oluşturan ara yüzey direnci başlangıçta yüksektir. Kaynağın sonunda akım, levhalar arasında neredeyse eşit olarak paylaşılır.

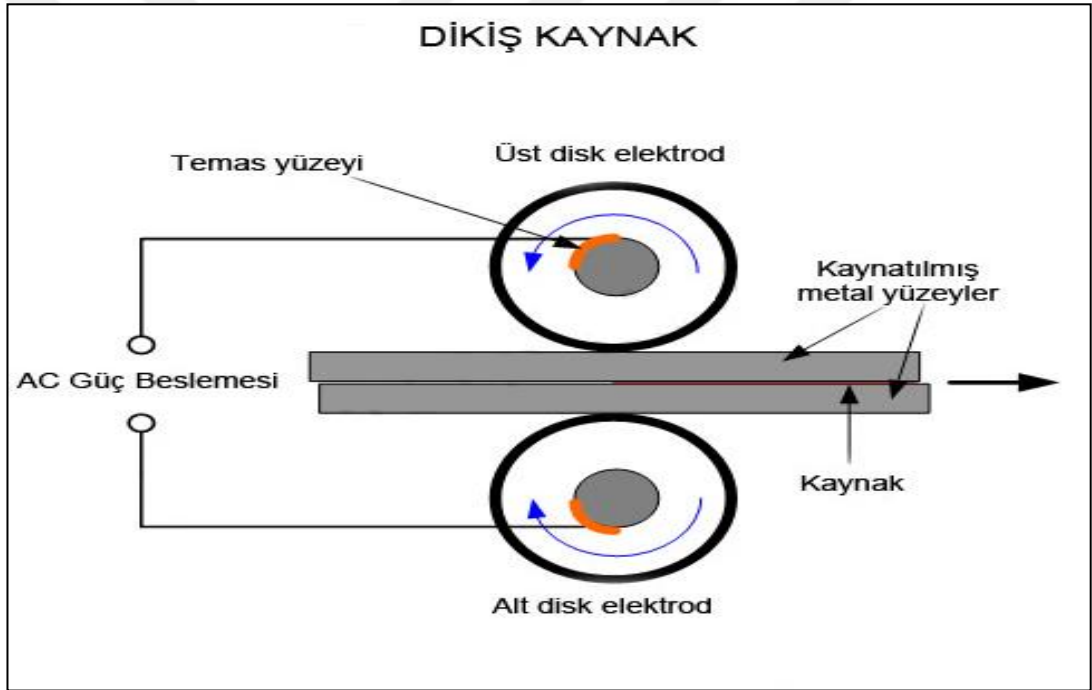
### **3.4.7. Isı Dengesi**

İki farklı kalınlıktaki metallerin veya bileşimlerin birleştirilmesi gereken durumlar vardır. Bu farklılıklar, bir tarafta diğerinden daha fazla ısı üretilmesine veya soyutlanmasına neden olur ve çekirdek, merkez çizgisi uzağa arayüzden uzaklaşarak zayıf bir kaynağa neden olabilir. Eşit kalınlıkta fakat eşit olmayan direnç ve iletkenlikli tabakalara sahip bağlantılarda, çekirdek, benzer malzemelerin kaynaklandığı yüksek dirençli tarafa doğru büyür ancak kalınlıklar eşit kalınlıkta olmayan zamanlarda çekirdek kalın tarafa doğru büyür. İki farklı malzemeye füzyonun eşitliği, kalın veya yüksek iletkenlik metalindeki ısı oluşumunu artırarak sağlanabilir. Bu, eğer kalın metal aynı zamanda yüksek iletkenliğe sahipse akım konsantrasyonunu artırmak için daha küçük çaplı bir elektrot veya ısı kaybını azaltmak için yüksek dirençli bir parçaya, kalın veya yüksek iletkenlik bir metal ile temas halinde yapılır. Kalınlık ve iletkenliğin etkileri telafi edici olabilir. Eşit kalınlıkta tabaka ile çekirdek normalde çoğu ısının geliştirildiği düşük iletkenlik tabakaya geçer. Metalin kalınlığının daha yüksek ısı iletkenlikle artırılması çekirdeği metal yönünde hareket ettirir. Bunun sebebi, bu yol boyunca toplam ısı kaybının azalmasıdır.

### **3.5. ELEKTRİK DİRENÇ DİKİŞ KAYNAĞI**

Bu yöntem ile tarif edilen ekipman kullanılarak üst üste gelen noktada dikiş kaynağı yapılabilir ve bu yöntem, dönen bakır diskler arasında iki metal parçanın kesik kesik yada sürekli kaynak yapabilmesidir. Dikiş kaynağın çalışma mantığı dönen bakır

diskler arasında iki metalin döndürülerek sürekli veya kesik kesik kaynak yapılabilmesidir. Alternatif olarak elektrotlar tekerlekler veya makaralar ile değiştirilebilir. Bu sayede çalışma, kaynaklar arasında başın kaldırılması ve indirilmesi gerekmeksizin kaynakçı boyunca sürekli olarak hareket ettirilebilir. Bakır diskler kaynatılacak olan malzemelere baskı yapması ve disklere uygulanan akım sonucu kaynak oluşur. Disklerin döndürülmesi redüktör sayesinde olur. Kaynak yapılacak olan metallerin başından başlayarak sonuna kadar otomatik olarak kaynak işlemini yapar. Kullanılan elektrotların tipi disk şeklindedir. Bu disk şeklindeki elektrotlar malzeme ile sürekli temas halinde kalmaları durumunda uzun süreni kaynak işlemi yapabilirler (Çimen, 1994).



Şekil 3.8. Dikiş kaynak çalışma mantığı.

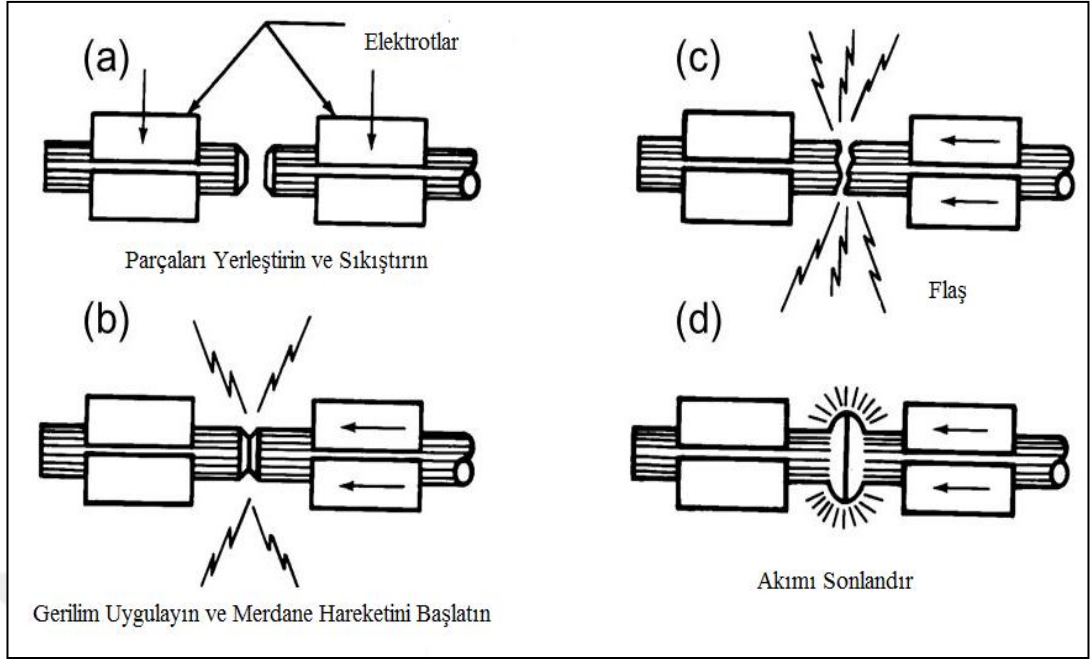
Elektrotlar sabitken akım genellikle aralıklı olarak geçirilir. Kısmen hareketli parçalardan geçen akım iletimi ile ilgili sorunların azaltılması nedeniyle sürekli akım da sınırlı bir ölçüde kullanılır. Adım kaynağı olarak bilinir çünkü her kaynak yapılırken rotasyon durdurulur ve silindirler bir sonraki pozisyona hareket ederken akım kesilir. Zamanlamanın ayarlanması, sürekli bir dikiş için değil ayrı bir dizi kaynak üretmek için yapılabilir. Bu yapıldığında, işlem nokta dikiş kaynağı olarak adlandırılır. Bu nedenle, nokta ve dikiş kaynağının çok benzer olduğu ve

terminolojinin ortaya çıkan kaynağı ifade ettiği görülecektir. Asıl ayırım nokta elektrotların kullanımı ile merdane elektrotları arasındadır.

### **3.6. ELEKTRİK DİRENÇ ALIN KAYNAĞI**

Bu yöntem esasen, hafif temasta kaynaklanacak ve parçalar arasından elektrik akımı geçiren, temas noktalarında erime ve ark etkisine neden olmak için yeterli voltaj ve ampere sahip bir metal parçasını bir araya getirme işlemidir. Bu, onları füzyon sıcaklıklarına ulaştırır ve kaynak noktalarını bir araya getirerek işlem yapılır.

Alın kaynağı, dolgu metalleri kullanmayan bir direnç kaynağı türüdür. Kaynak yapılacak metal parçaları, malzeme kalınlığı, malzeme bileşimi ve bitmiş kaynağın istenen özelliklerine bağlı olarak önceden belirlenmiş bir mesafede ayrılır. Metale akım uygulanır ve iki parça arasındaki boşluk direnç oluşturur ve metali eritmek için gereken yayı üretir. Metal parçaları uygun sıcaklığa eriştiğinde, birlikte preslenirler, etkili bir şekilde birlikte kaynaklanmaları sağlanır. Bazı parametreler nihai ürünü etkilemektedir. Parlama zamanı, arkın mevcut olduğu zamandır. Üzgün zaman, iki parçanın birbirine bastırıldığı süredir. Parlama süresinin, metali birlikte basılmadan önce yeterince ısıtması için yeterince uzun olması gerekir. Bununla birlikte, eğer çok uzunsa, baz metalin çok fazla erimesi başlar. Yığılma süresi, bitmiş kaynağın istenen mekanik özelliklerinin yaratılmasında kritik öneme sahiptir. Birbirine bastırıldığı sırada, ana metaldeki herhangi bir safsızlığa mükemmel bir kaynak oluşturarak bastırılır. Eğer kırılma süresi çok kısa ise, tüm yabancı maddeler arızalı bir kaynak oluşturarak ana metalden itilemez. Kaynama süresi aynı zamanda bitmiş kaynağın mukavemeti için de önemlidir. Bunun sebebi kırılma sırasında iki metal parçası arasında birleşme meydana gelmesidir. Yığılma süresi çok kısa ise, iki metal parçası tam olarak yapışmayabilir. Çok sık olarak alın kaynağı, yanıp sönmeye başlama döngüsünün başlamasından önce 5 mm gibi önceden belirlenmiş bir uzunlukta meydana gelebileceği şekilde zamandan ziyade mesafeyle kontrol edilir. Birbirine yaptığı baskı daha sonra mesafe ile de kontrol edilebilir.



Şekil 3.9. Elektrik direnç alın kaynak basit gösterimi.

## BÖLÜM 4

### LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Paslanmaz çelikler, genel olarak korozyona karşı dayanıklı demir alaşımı olarak tanımlanırlar. Yapılarında %10,5 ve üzeri oranda krom ve %1,2 ve altında karbon içerirler. Paslanmaz çeliklerin tümünün korozyon direnci, yoğun ve koruyucu bir krom oksit yüzeyinin oluşmasına dayanır. Bu yüzey oksidasyonun daha derine doğru ilerlemesini engeller, son yıllarda bu malzemelere olan ilgi ve nokta direnç kaynağı üzerine yapılan araştırmalar artmıştır (Oğuz, 2001).

Günümüz endüstrisinde çok önemli bir yeri olan paslanmaz çelikler her geçen gün önemi artmakta ve kullanım alanları genişlemektedir. Çevresel konular, geri dönüşümü kolay olan malzemeler ihtiyaç duyulması ve malzemenin ömrü ile maliyetinin arasındaki ilişkisi paslanmaz çeliklerin en önemli özelliklerinden olmuştur (Baytemir, 2011).

Nokta direnç kaynağı yöntemi ile çeşitli paslanmaz çeliklerin kaynak yapılması sonucunda çeşitli alanlarda kullanılan makine ya da ekipmanın güvenli kullanılmasının önemi büyüktür. Nokta direnç kaynağı ile kaynaklanan malzemelerde delinme ve erime gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi elektrot tiplerin boyutu ve kullanılan amper yükünün malzemeye uygun olmaması gibi nedenlerdir. Bu nedenle araştırmalar genellikle farklı çelik sacların ya da farklı metallerin kaynak kabiliyetlerinin araştırılması ya da uygulanan kaynak yönteminin malzemeler üzerindeki etkisi incelenmesidir (Kaluç, 1995).

Çavdar ve ark. AISI 304 Paslanmaz çeliğin nokta direnç kaynağı yöntemi ile ızsız kaynak parametrelerini incelemişler ve ızsız olması istenen üretim parçaları için en uygun parametreler ve elektrot kepleri seçilmesi gerektiği kanısına varmışlardır (Çavdar vd., 2017).

Kocabekir ve ark. Tarafından Isı girişi, kaynak atmosferi ve kaynak soğutma koşullarının 316L östenitik paslanmaz çeliğin direnç nokta kaynaklanabilirliğine etkisi incelemiş ve kaynaklı numunelerin son mekanik özelliklerinin, kaynak zamanını ve kaynak atmosferini bilerek kullanılan işlemin parametreleriyle doğrudan ilişkili olduğu tespit etmişlerdir (Kocabekir vd., 2007).

Hasanbaşoğlu ve Kaçar, Birbirine benzemeyen çelik malzemelerin direnç nokta kaynaklanabilirliği üzerine çalışma yapmış ve birbirine benzeyen malzemelere kıyasla kaynaklanabilirliğini daha zor olduğunu ve baz metaller üzerinde oluşan taneler, ısı transferinin paslanmaz çelik sacdan çok daha hızlı olduğunu saptamışlardır (Hasanbaşoğlu vd., 2007).

S. M. Manladan ve ark. Kaynak lehimleme modunda magnezyum alaşımlarının ve östenitik paslanmaz çelik bağlantılarının nokta direnç kaynaklı mikroyapısı ve mekanik özellikleri incelemişler ve incelemeleri doğrultusunda Bir AZ31 Mg alaşımı ve 316L östenitik paslanmaz çelik direnç nokta kaynağı ve direnç elemanı kaynağı ile birleştirmişler. Direnç nokta kaynağı bağlantılarının, Mg alaşımı erimiş ve katı çelik üzerinde yayıldığı, yalnızca Mg alaşımı içinde bir çekirdek oluşturan kaynak lehimleme modu ile üretildiği kanısına varmışlardır (Manladan vd., 2017).

Hayat, 6061-T6 ve 7075-T651 alüminyum alaşımlarının benzer ve farklı olmayan direnç nokta kaynaklanabilirliği incelenmiş, mikroyapı ve mekanik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak kaynağın alt ve üst tabakalara düzgün dağılmadığı, ısıdan etkilenen bölge 6061-T6 tabaka için bir farklı mikroyapı bölgesine ve 7075-T651 için sadece iki bölgeye sahip olduğu ve benzer eklemlerin kırılma yüzeyindeki Mg ve Zn ağırlık yüzdesi, baz metalin Mg ve Zn oranına göre daha yüksek olduğu saptamıştır (Hayat, 2012).

Hayat, kaplamalı ve kaplanmamış DP 600 çeliğin yapışkan bağlanma, direnç nokta kaynağı ve yapışkan kaynak bağlama özelliklerinin karşılaştırılması üzerine çalışma yapmış ve bu çalışma sonucunda yapışkan kaynak yapıştırma derzleri yapışkan bağlanma ve direnç nokta kaynağı derzlerinden daha yüksek olduğu ve kopmuş



bölgelerin SEM analizi, numunelerde çukur bir yapı ve sünek bir kırılma olduğu tespit edilmiştir (Hayat, 2011).

Hayat, Çift fazlı çeliklerin nokta direnç kaynağında mikroyapısı ile kaynak süresinin mekanik özelliklerine etkisini incelemiş ve araştırma sonucunda nokta kaynağında sabit akım şiddetinde ve sabit elektrot basıncında kaynak süreleri artışıyla çekme makaslama mukavemet değerlerinin arttığı belirlenmiş ve kaynak akımı ve elektrot basıncı sabit kalmasına rağmen kaynak süresindeki artışla, kaynak bölgesinde ısı girdisinin arttığı bununla birlikte kaynak iz çapı, çökme ve birleştirme ara yüzey kesit kalınlığı artışı kanısına varmıştır (Hayat, 2005).

Mevcut literatürde elde edilen veriler, birbirinden farklı yada aynı tip malzemelerin nokta direnç kaynaklanabilirliği, nokta direnç kaynağının yüzey kalitesi ve mikroyapı analizine yöneliktir. Bu çalışmada paslanmaz çeliklerin nokta direnç kaynak kabiliyetlerine ilave yapııştırıcı ile mikroyapı ve mekanik özelliklerinde oluşacak farklılıklar tespit edilecektir. Nokta direnç kaynağı ile üretilen bu numunelerin yapııştırıcı ilavesi ile daha yüksek çekme-makaslama dayanımı oluşacağı ve kaynak yapılan bölgenin yapııştırıcı sayesinde sızdırmazlık kabiliyeti sağlayacağı düşünülmektedir.

## BÖLÜM 5

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 5.1. DENEY MALZEMESİ

Bu çalışmada, AISI 304L (X2CrNi18-9) östenitik ve AISI 430 (X6Cr17) kalite ferritik paslanmaz çelik malzemeler seçilmiştir. AISI 430 paslanmaz çelikler genellikle en yaygın kullanım alanları öncelikle otomotiv sanayinde daha sonra gıda, kimya sanayi ve mutfak ekipmanları gibi farklı alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. AISI 304L paslanmazlar ise yüksek sıcaklık kabiliyeti özelliklerinden dolayı sıkça kullanım alanları fırın parçaları, kaynak dolgu malzemeleri ve yanma odaları gibi alanlarda kullanımları yaygındır. Deneyde kullanılacak olan çelik malzemelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.

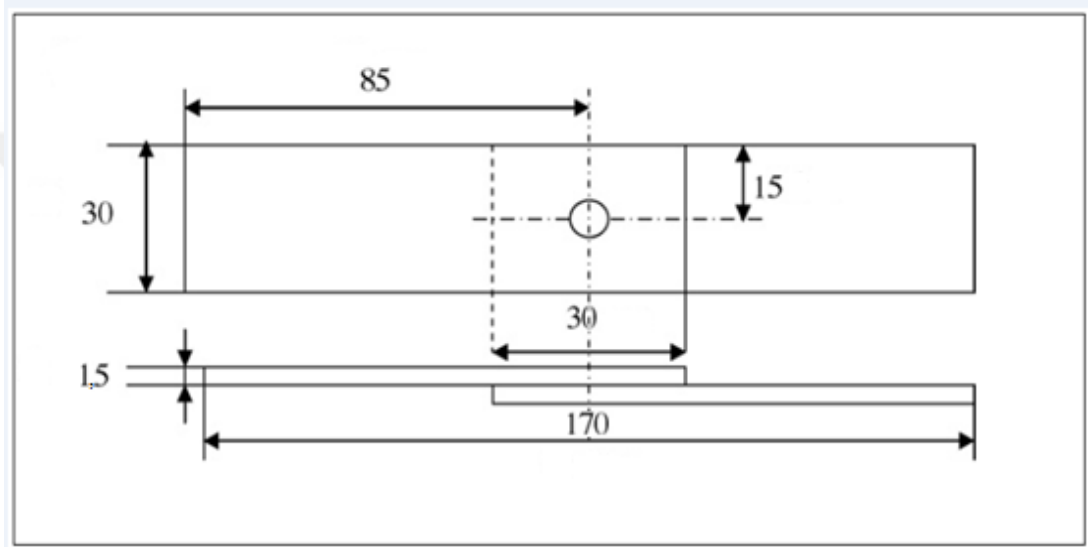
Çizelge 5.1. Çelik malzemelerin kimyasal bileşimleri.

Malzeme (ASTM standardı)	Kimyasal Bileşim (%)						
	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
AISI 304L	0.03	2.0	0.045	0.03	0.75	18-20	8-10
AISI 430	0.12	1.0	0.045	0.03	1.0	16-18	0.75

Ayrıca Deneyde kullanılacak olan yapıştırıcı malzeme Tereson ms 9220 marka yapıştırıcı malzeme kullanılmıştır. Yapıştırıcının seçiminde nokta kaynak kabiliyeti ile uyumluluk esas alınmıştır. Çelik parça yapıştırılmasında da kullanılan özel bir yapıştırıcı türüdür.

## 5.2. DENEY NUMUNELERİNİN BOYUTLARI

Kaynak yapılacak olan malzemelerin boyutları 1.5 mm kalınlığında ve 30x100 mm ebatlarında giyotin makas yardımıyla kesilerek hazırlanmıştır. Kaynak, paslanmaz çelik sac malzemelerimiz üst üste bindirilecek şekilde yapılacaktır. Kaynak yapılacak olan çelik malzemelerin boyutları ve kaynak sonrası boyutları Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Kaynak yapılacak numune boyutları ve kaynak sonrası oluşacak boyutlar mm cinsinden gösterimi.

## 5.3. DENEY NUMUNELERİNİN KAYNAĞA HAZIRLANMASI

Piyasadan özel olarak 1,5 mm kalınlığında 1000x2000 mm ebatlarında AISI 304L ve AISI 430 kalite paslanmaz çelik sac levhalar ve yine piyasadan elde ettiğimiz nokta direnç kaynak uyumlu Tereson ms 9220 marka özel yapıştırıcı temin edilmiştir. Giyotin makas yardımı ile belirtilen boyutlarda kesilerek sac malzemeler hazırlanmıştır. Yapıştırıcı paslanmaz çelik sacların 30x30 mm boyutunda ve merkezinde 6-8 mm çapında boşluk bırakılacak şekilde yüzeye uygulanmıştır. 2-3 saat süresince çelik sac numunelerin üzerine 400-500 gram ağırlık bırakılarak baskı uygulanıp yapıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapıştırılmış ve yapıştırılmamış olarak çelik sac malzemeler kaynak işlemine hazırlanmıştır.

#### 5.4. KULLANILAN KAYNAK MAKİNESİ

Yapıştırılmış ve yapıştırılmamış olarak hazırlanan malzemeler elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilmeleri için 150 kVA gücünde AC Punta/Projeksiyon tipinde bir elektrik direnç nokta kaynak makinesi kullanılmıştır. Bu makinenin özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Kullanılan makinenin resmi Şekil 5.2’de verilmiştir.



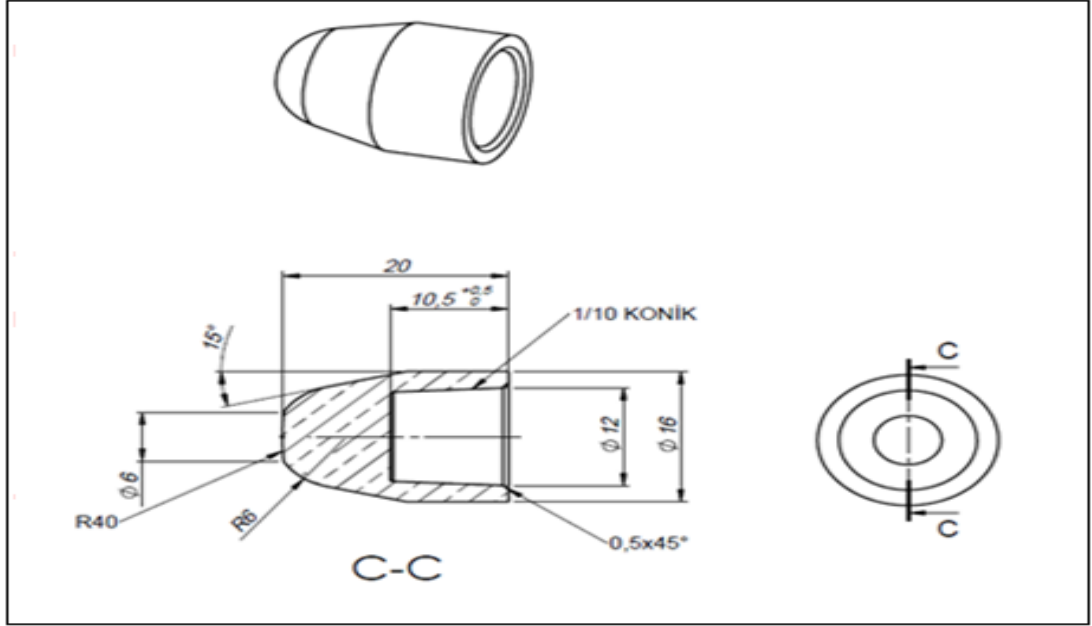
Şekil 5.2. Kullanılan Elektrik Direnç Nokta Kaynak Makinesi.

Çizelge 5.2. Kullanılan direnç nokta kaynak makinesinin özellikleri.

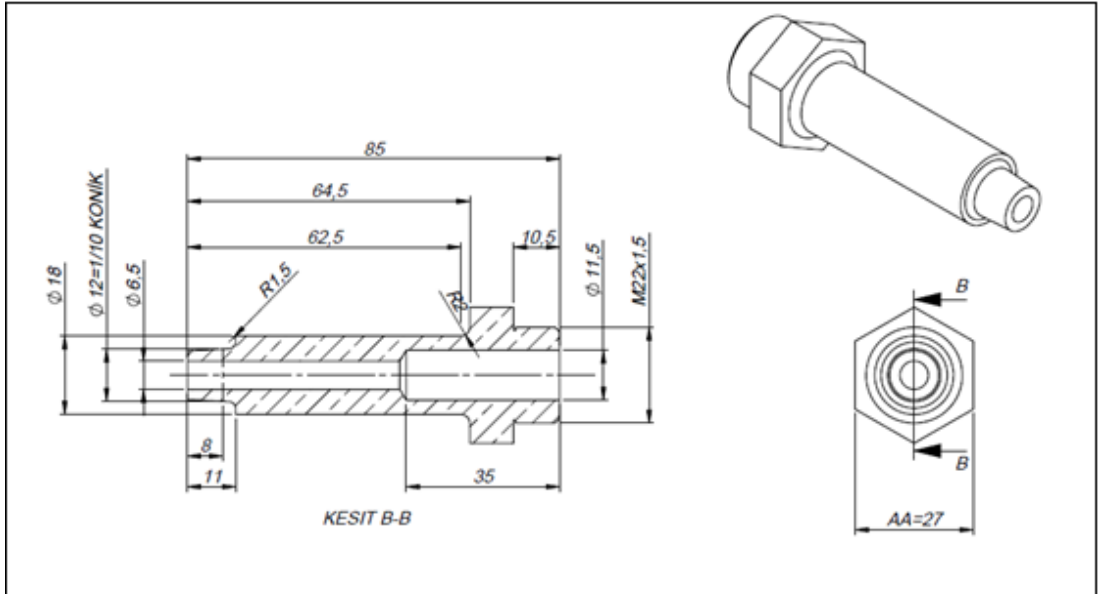
Makine Gücü	150 kVA
Max Primer Akımı	280 Amper
Primer Kablosu	120 mm <sup>2</sup>
Max Kısa Akım Kesme	34000 kA
Elektrot Çapı	Kesik konik uçlu, uç çapı 6 mm
Elektrotlar Arası Mesafe	25 mm
Elektrot Malzemesi	Kesik konik uçlu ticari saflıkta Cu (Bakır)

## 5.5. KULLANILAN ELEKTROTLAR

Deneilerde kullanılan elektrotlar kesik konik uçlu ve çapı 6 mm olan düz ve silindirik bakır elektrotlar kullanılmıştır. Kullanılan elektrot ve adaptör boyutları Şekil 5.3-5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.3. Kaynak esnasında kullanılan elektrot.



Şekil 5.4. Kaynak esnasında kullanılan elektrot adaptörü.

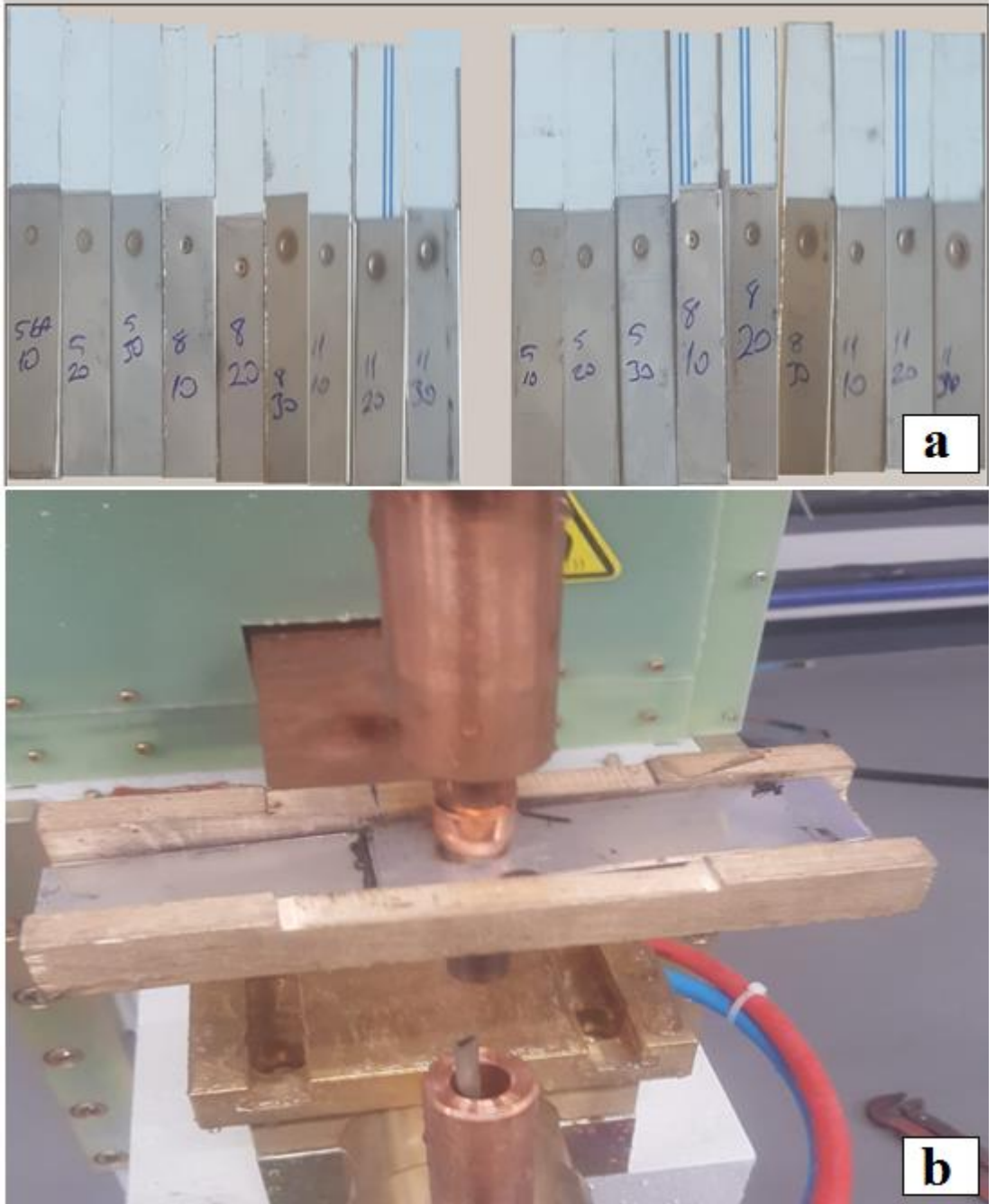
## 5.6. ELEKTİRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞININ YAPILIŞI

İlk olarak, numunelerin birleştirilmesi için farklı periyotlarda kaynak deneyi yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda kaynak parametreleri hesaplanmıştır. Bu parametreler kaynak akımı ve kaynak zamanıdır. Elektrot kuvveti çok az ya da çok fazla olmamalıdır. Bu durum gerçekleşirse kaynak çekirdeği sınırları aşılmaktadır. Kaynak zamanı, yapıştırıcılı numuneler için 10, 20, 30 periyot (1 periyot = 0.02 sn) olarak belirlenmiştir. Deneyler sonucunda elektrot kuvvetinin en ideal 6 kN olarak hesaplanmıştır. Kaynak akımı olarak ise 5, 8, 11, kA ve kaynak zamanı olarak 10, 20, 30 periyotun uygun olduğu düşüncesine varılmıştır. Deney esnasında kullanılan kaynak parametreleri Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Birleştirme işleminde kullanılan kaynak parametreleri.

Elektrot Kuvveti (kN)	Kaynak Akımı (A)	Sıkıştırma Zamanı (Periyot)	Kaynak Zamanı (Periyot)	Tutma Zamanı (Periyot)
6	5	20	10	20
	8		20	
	11		30	

Şekil 5.5’de kaynağı yapılan numuneler ve kaynağın yapılışı verilmiştir. Kaynak işleminde her bir parametreden 5 adet birleştirilme yapılmış ve toplam 90 adet numune hazırlanmıştır.



Şekil 5.5. a) Kaynağı yapılan numuneler, b) kaynak yapılışı.

## 5.7. ÇEKME-MAKASLAMA DENEYİ

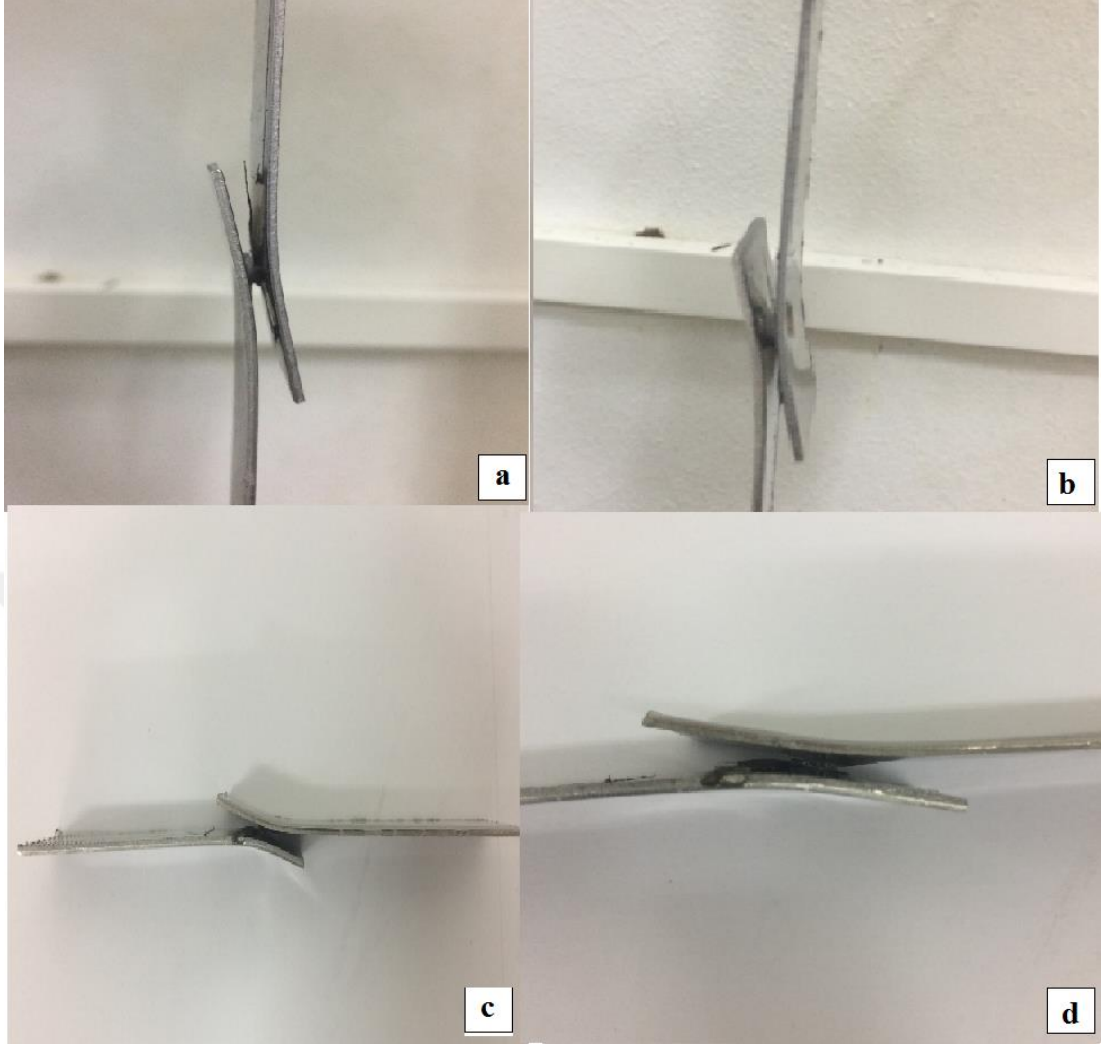
Elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilen kaynaklı parçalar, mekanik özelliklerin tespiti için laboratuvar koşullarında çekme-makaslama deneyine tabi tutulmuşlardır. Deneyde Şekil 5.6'de resmi verilen, Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekanik Testler Laboratuvarındaki 600kN kapasiteli Zwick/Roell Z600 marka çekme

test cihazı kullanılmıştır. Cihaza bağlanan yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız tüm numunelere 2 mm/dk sabit hızda çekme deneyleri yapılmıştır. Bulunan değerler cihazın gösterdiği en yüksek değerlerdir. Her bir parametreden 3 adet toplamda 54 adet parçaya uygulanmış ve grafikler bu sonuçların aritmetik ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Şekil 5.7’de çekme–makaslama deneyinde numunelerin resimleri a)-d)’de verilmiştir.



Şekil 5.6. Çekme test cihazı ve donanımı.





Şekil 5.7. a)-d) Çekme-makaslama deneyinde numune görüntüleri.

Çekme-makaslama deneyleri sonucunda kaynak merkezinden kopma ve düğmelenme şeklinde ayrılmalar meydana gelmiştir. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantıları çekme-makaslama deney sonuçları kısmında detaylı şekilde incelenmiştir.

## 5.8. KAYNAK NUMUNELERİNİN ÇEKİRDEK ÇAPLARI VE DERİNLİKLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak kaynaklanan numunelere kaynak akımının etkisini incelemek amacıyla tüm numunelerin kaynak çekirdeklerinin çapları ve derinlikleri dijital kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler deney sonuçları kısmında detaylı şekilde incelenmiştir.

## 5.9. SERTLİK DEĞERİNİN ÖLÇÜMÜ

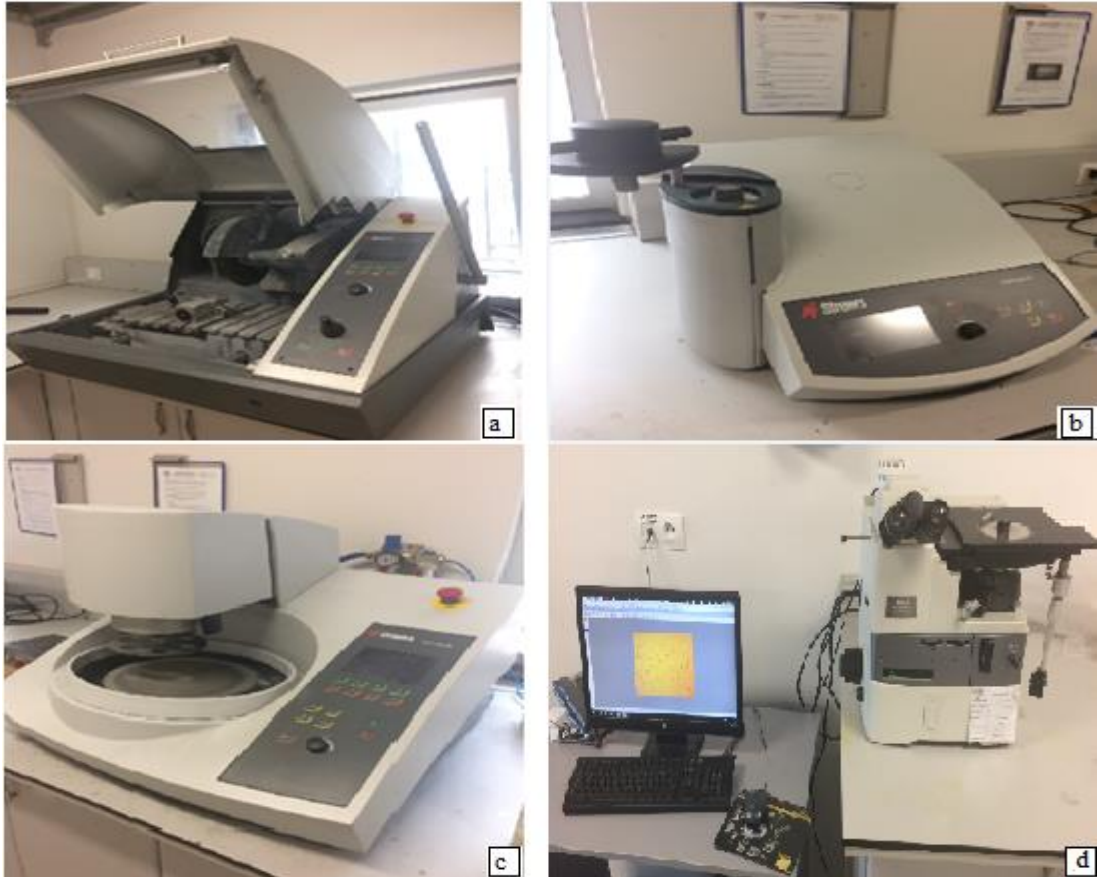
Mikrosertlik deneyleri, ITAB ve kaynak çekirdeği üzerinde sertlik değerlerinin değişimini incelemek için mikroskop yardımı ile incelediğimiz 6 adet parçaya uygulanmıştır ve deneyler Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekanik Testler Laboratuvarında bulunan Şekil 5.8’de resmi verilen Vickers sertlik cihazı ile ölçülmüştür. Her bir numuneye 10 Newton yük uygulanmıştır ve 15 sn süre ile 1 mm aralıklarla izler oluşturularak toplam 15 noktaya test yapılmıştır. Elde edilen veriler ışığında, kaynak akımı ve kaynak zamanının sertlik değerlerine etkilerini grafikler çizilerek incelenmiştir.



Şekil 5.8. Mikrosertlik ölçümünde kullanılan ölçüm cihazı.

## 5.10. KAYNAK NUMUNELERİNİN METALOGRAFİK İNCELEMESİ

Elektrik direnç nokta kaynağı ile yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak birleştirilen parçalarda, kaynak akımı ve kaynak zamanının etkilediği kaynak bölgesine, kaynağın ve yapıştırıcının tane morfolojisindeki etkilerinin belirlenmesi için optik mikroskop çalışmaları Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü Metalografi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan metalografik deney numuneleri 5,8,11 kA akım şiddetinde 20 kaynak zamanında birleştirilen yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız toplam 6 numunenin incelemesi yapılmıştır. Numuneler hazırlanırken kaynak çekirdeğinin ortasından kesilmiş ve bakalite alınmıştır. Daha sonra yüzey kalitesi artırmak için zımparalama ve parlatma işlemleri yapılmıştır. Daha sonra mikroyapılarının görüntülenebilmesi için %2'lik Nital ve elektrolitik dağlayıcı okzalik asit ile dağlama işlemi yapılmıştır. Bu çalışmada kesme işleminden mikroskopta incelemeye kadar kullanılan cihazların resmi Şekil 5.9 a)-d)'de verilmiştir.



Şekil 5.9. Metalografik incelemede kullanılan a) Kesme cihazı, b) Bakalite alma cihazı, c) Zımparalama ve parlatma cihazı, d) Optik mikroskop.

## BÖLÜM 6

### DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### 6.1. ÇEKME-MAKASLAMA DENEYİ SONUÇLARI

Çalışmada; 6 kN elektrot kuvvetinde, 5, 8, 11 kaynak akımında ve 10, 20, 30 periyot kaynak zamanında elektrik direnç nokta kaynak yöntemi ilave yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak birleştirilen paslanmaz çelik saclar, çekme-makaslama deneyi sonuçları östenitik-ferritik olarak bulunmuş ve elde edilen sonuçlar oluşan grafikler ile verilmiştir. Her bir parametreye 3 adet olmak üzere toplam 54 parçaya çekme-makaslama deneyi uygulanmıştır. Sonuçlar bulunan bu 3 değerlerin ortalaması alınarak elde edilmiştir. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarına ait çekme-makaslama deney sonuçları çizelge 6.1 ve 6.2’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinin çekme-makaslama deney sonuçları.

Elektrot Kuvveti (kN)	Kaynak Zamanı (Periyot)	Kaynak Akımı (kA)	Çekme-Makaslama Dayanımı (daN)			
			1.Numune	2.Numune	3.Numune	Ortalama
6 kN	10	5	697	638	652	662
		8	960	971	986	972
		11	1189	1101	1162	1150
	20	5	805	778	792	791
		8	981	1006	1001	996
		11	1085	1105	1121	1104
	30	5	849	832	860	847
		8	1320	1295	1153	1256
		11	1258	1272	1298	1276

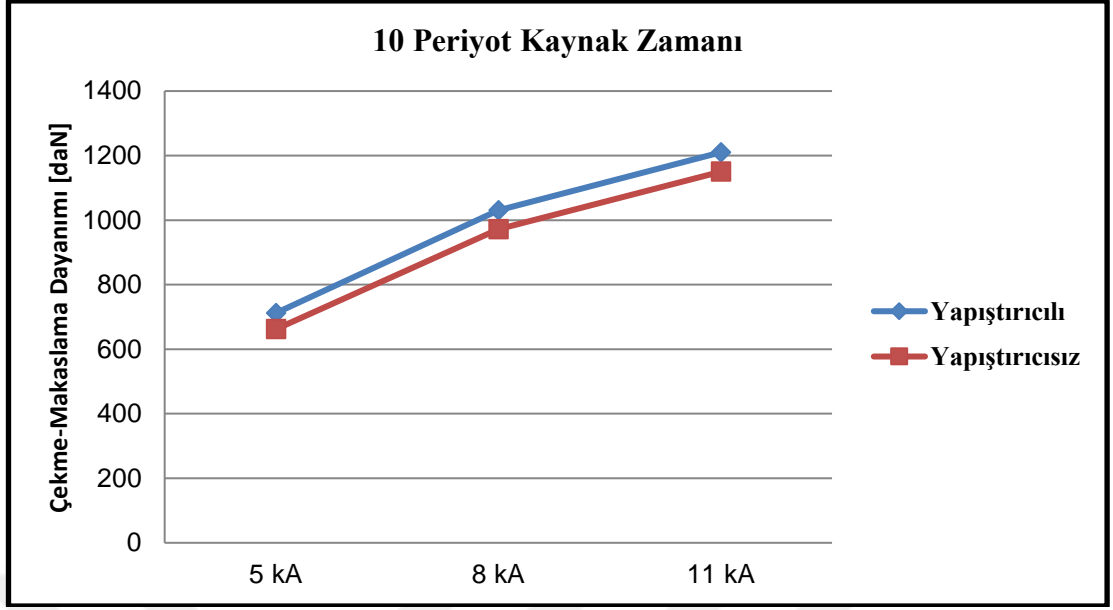
Çizelge 6.2. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinin çekme-makaslama deney sonuçları.

Elektrot Kuvveti (kN)	Kaynak Zamanı (Periyot)	Kaynak Akımı (kA)	Çekme-Makaslama Dayanımı (daN)			
			1.Numune	2.Numune	3.Numune	Ortalama
6 kN	10	5	742	682	713	712
		8	1023	1041	1028	1030
		11	1235	1173	1223	1210
	20	5	854	881	848	861
		8	1044	1051	1084	1059
		11	1158	1182	1211	1183
	30	5	886	867	903	885
		8	1373	1327	1203	1301
		11	1302	1315	1357	1324

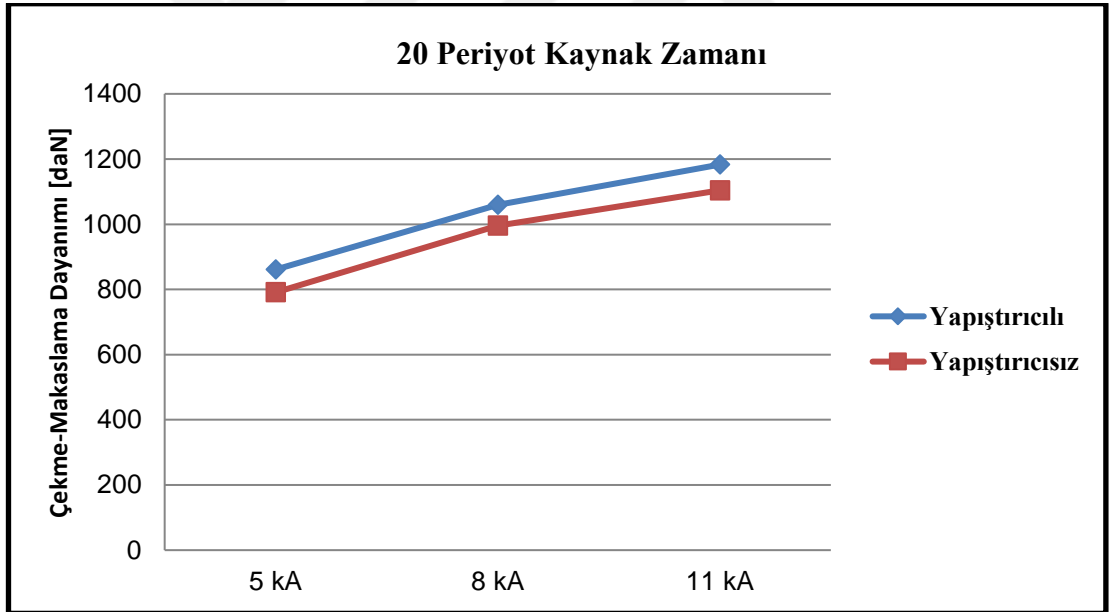
Çizelge 6.1 ve 6.2 genel olarak incelendiğinde kaynak akımının artması sonucunda çekme-makaslama dayanımının buna paralel olarak artması gözlemlenmiştir. Ayrıca tüm yapıştırıcılı numunelerin yapıştırıcısız numunelere göre çekme-makaslama dayanımında ilave yapıştırıcıdan dolayı ortalama 50-70 daN artış tespit edilmiştir. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının her ikisinde de 5 kA düşük kaynak akım şiddetinde kaynak çekirdek kesiti küçük boyutlu olduğundan dolayı düşük mukavemet değerleri elde edilmekte ve kopma olayı yaşanmaktadır. Çizelge 6.1 ve 6.2 de görüldüğü üzere en düşük çekme-makaslama dayanımları 5 kA kaynak akım şiddetinde kaynaklanan numunelerde görülmektedir. 11 kA kaynak akımında bağlantısı yapılan numunelerde ise kaynak çekirdek kesitinin diğer akım şiddetlerine göre boyutu daha büyük olduğundan dayanımları daha fazladır ve kopma olayı düğmelenme tarzında oluşmaktadır.

#### 6.1.1. Çekme-Makaslama Dayanımına Kaynak Akım Şiddetinin ve Kaynak Zamanının Etkisi

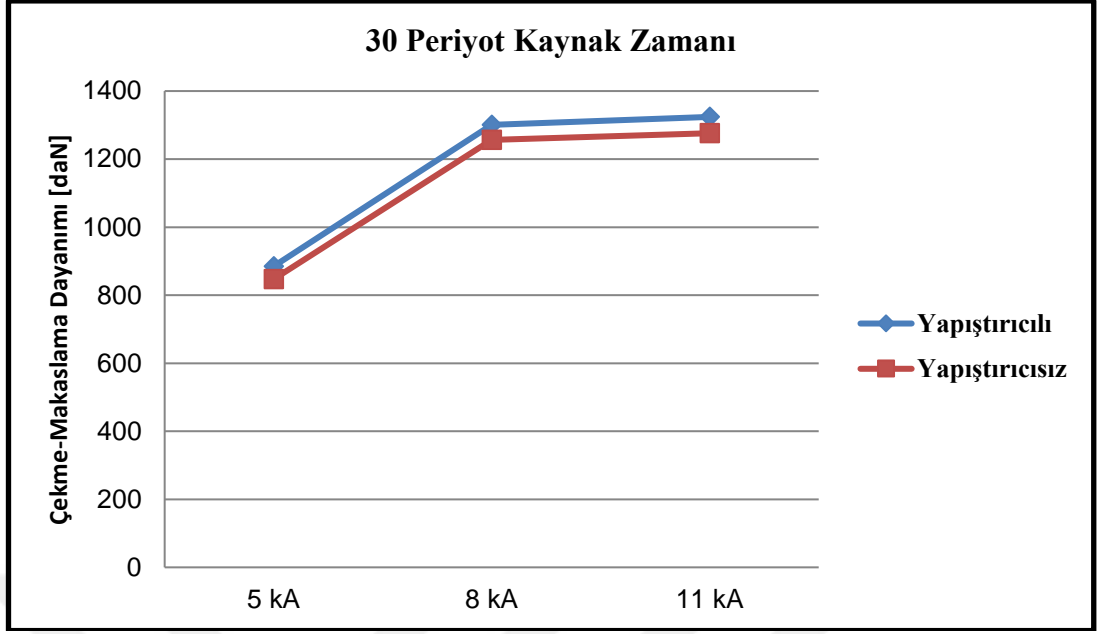
Şekil 6.1-6.3'de yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantısı yapılan östenitik-ferritik paslanmaz çeliklerin 10, 20 ve 30 periyot kaynak süresinde 5, 8, 11 kA kaynak akım şiddetinde çekme-makaslama dayanımları grafik olarak verilmiştir.



Şekil 6.1. Yapıştırıcı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 10 periyot kaynak süresinde kaynak akım şiddetinin çekme-makaslama dayanımına etkisi.



Şekil 6.2. Yapıştırıcı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 20 periyot kaynak süresinde kaynak akım şiddetinin çekme-makaslama dayanımına etkisi.

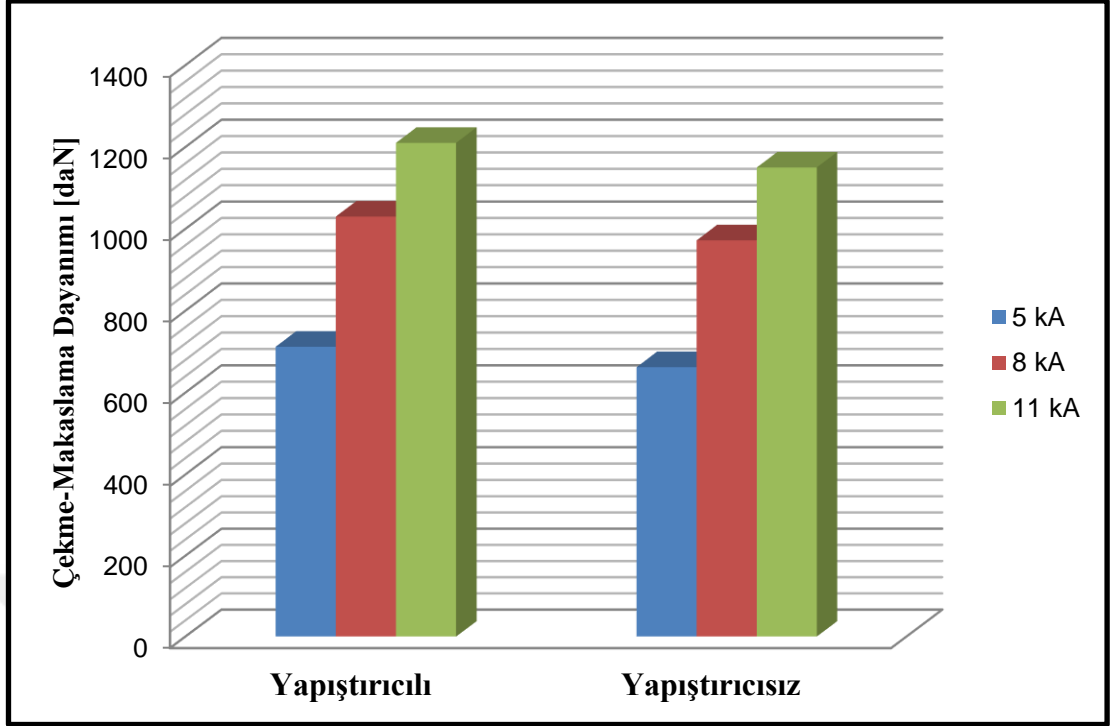


Şekil 6.3. Yapıştırıcı ve yapıştırıcı kaynak bağlantılarının 30 periyot kaynak süresinde kaynak akım şiddetinin çekme-makaslama dayanımına etkisi.

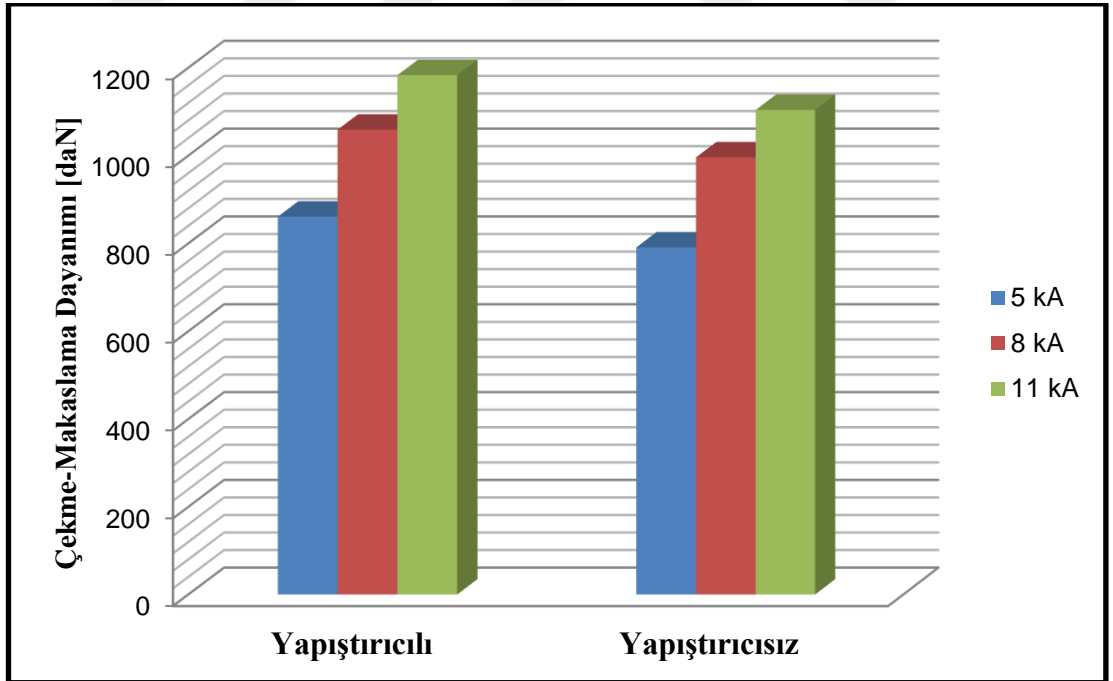
#### 6.1.2. Çekme-Makaslama Dayanımlarının Birbirleri İle Karşılaştırılması

Şekil 6.4-6.6'da yapıştırıcı ve yapıştırıcı kaynak bağlantısı yapılan östenitik-ferritik paslanmaz çeliklerin 10, 20 ve 30 periyot kaynak zamanlarında 5, 8, 11 kA kaynak akım şiddetinde çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması grafik olarak verilmiştir.

(Hayat, 2005), (Hasanbaşoğlu vd, 2007) ve (Gülbahar, 1989) yaptıkları çalışmalarda, artan kaynak zamanının ısı girdisi üzerinde, akım şiddeti artışı gibi etki göstererek, benzer ve farklı malzeme çiftlerinin direnç nokta kaynaklı birleştirmelerin dayanımlarını arttırdığını bildirmişlerdir.

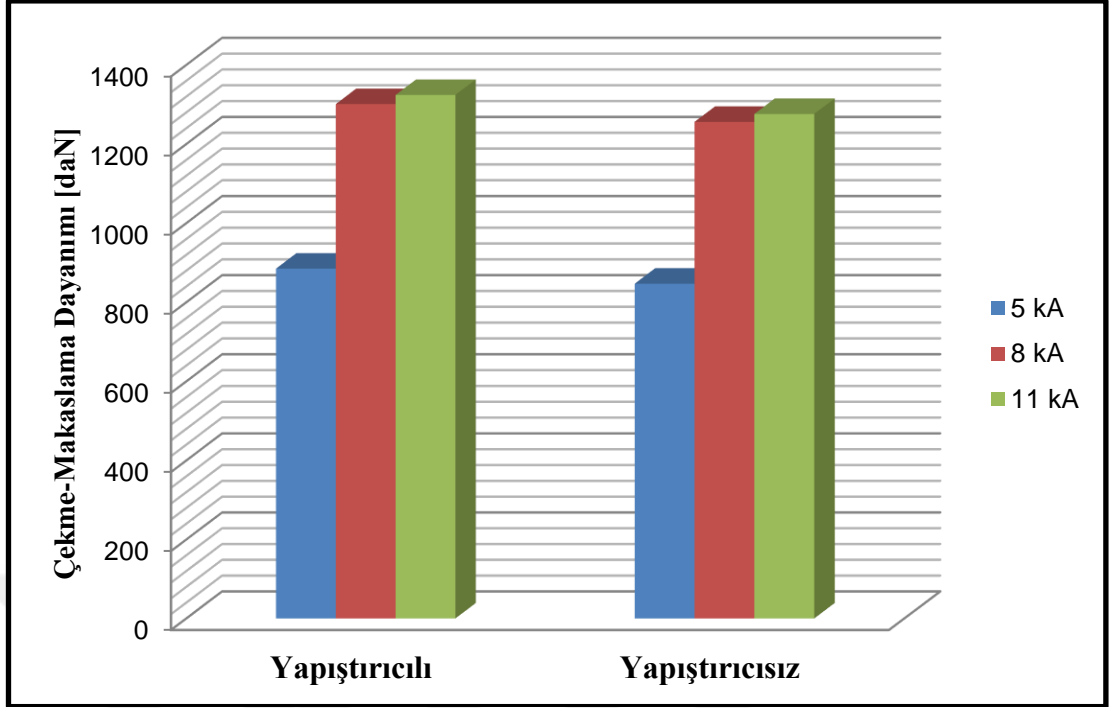


Şekil 6.4. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 10 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması.



Şekil 6.5. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 20 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması.





Şekil 6.6. Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantılarının 30 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama dayanımlarının karşılaştırılması.

Şekildeki grafiklere bakıldığında kaynak akımının ve kaynak şiddetinin artması sonucunda buna paralel olarak çekme-makaslama dayanımının paslanmaz çelik malzemelerde arttığı saptanmıştır. Yapıştırıcı olarak kaynatılan numunelerde yapıştırıcısız kaynak bağlantısı yapılan numunelere göre maksimum çekme-makaslama dayanımında artış gözlemlenmiştir.

Literatürde (Kocabekir vd, 2008), (Vural vd, 2004), (Hayat vd, 2007), yaptıkları çalışmalarda benzer şekilde, artan kaynak zamanına bağlı olarak, birleştirmelerin çekme-makaslama dayanımlarının arttığını bildirmişlerdir.

### 6.1.3. Kaynak Numunelerinin Çekme-Makaslama Deneyi Sonucu Meydana Gelen Kopma Tipleri

Kaynak bağlantısı yapılan yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız numunelerin çekme-makaslama deneyi sonucunda kaynak akımı ve kaynak zamanının kopma türüne etkisi ve kriterlere uygun olup olmadığı incelenmiştir. Çekme-makaslama deneyi sonucunda kopma görüntüleri incelendiğinde yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız numunelerin tümünde kopma ITAB bölgesinin tane irileşmesinin olduğu yerden

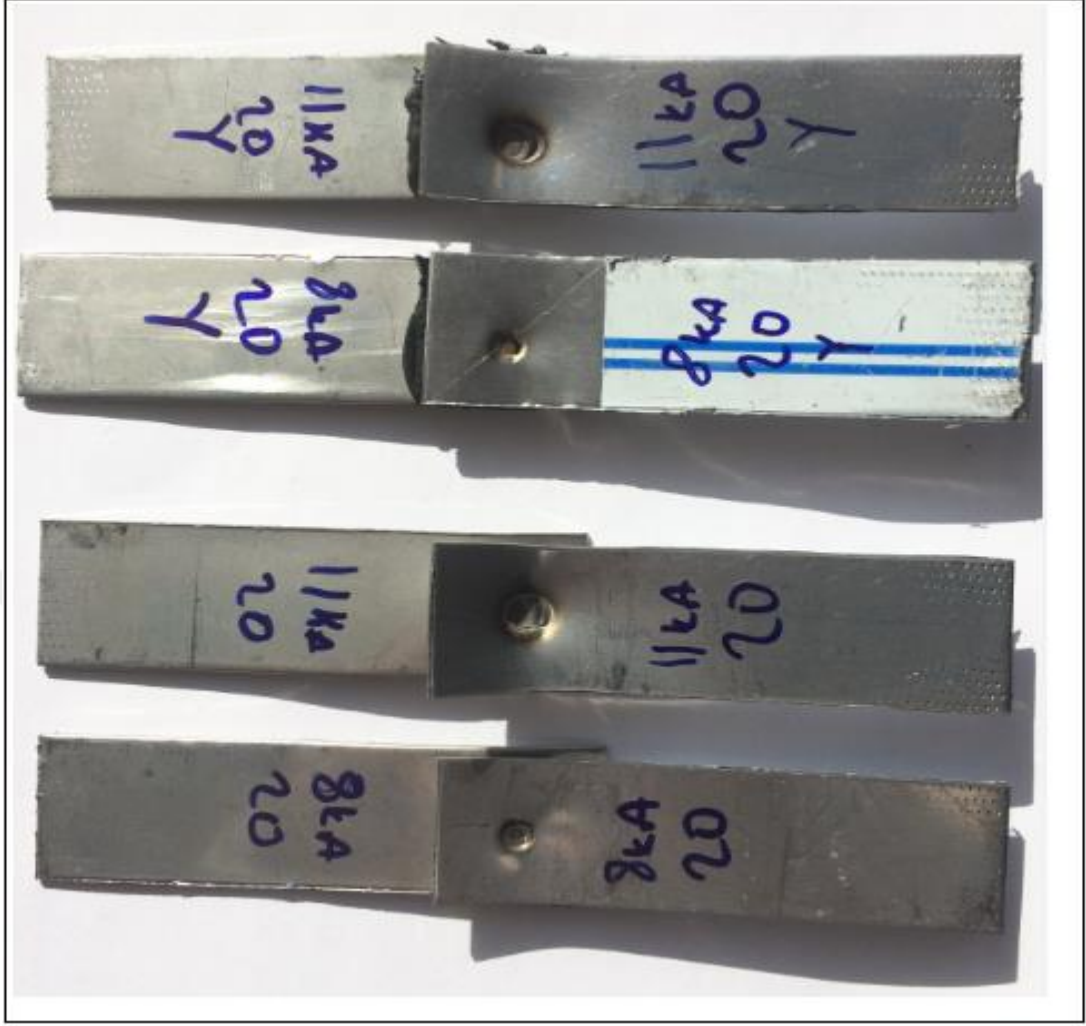
başlayarak meydana geldiği görülmüştür. Kaynaklı bağlantılarda düğme ve ayrılma şeklinde iki tip kopma görülmüştür.

Düşük kaynak akımı ve ısı girdisine bağlı olarak oluşan, kaynak çekirdek çapının ve kaynak bölgesinin yetersiz kaldığı kopma türü ayrılma kopma tipidir. Şekil 6.7’de 5 kA kaynak akımında ve 10 periyot kaynak zamanında çekme-makaslama deneyi sonucu oluşan ayrılma tipi kopma görüntüsü verilmiştir.



Şekil 6.7. 5 kA kaynak akımında 10 periyot kaynak zamanında oluşan yapıştırıcı ve yapıştırıcısız ayrılma tipi kopma görüntüleri.

Kaynak zamanı artışı ile ısı girdisinde artışa sebep olan ve buna paralel olarak kaynak çekirdek çapı ve kaynak bölgesinde artış görülen, bu nedenle kaynak bağlantı dayanımında yükselme görülen kopma tipi düğme türü kopma tipidir. Ayrıca bu tip kopma tipi kaynak parametrelerinin uygun olduğunu gösterir. Şekil 6.8’de düğme türü kopma tipi görüntüleri verilmiştir.



Şekil 6.8. 8 ve 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında oluşan yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız düğme tipi kopma görüntüleri.

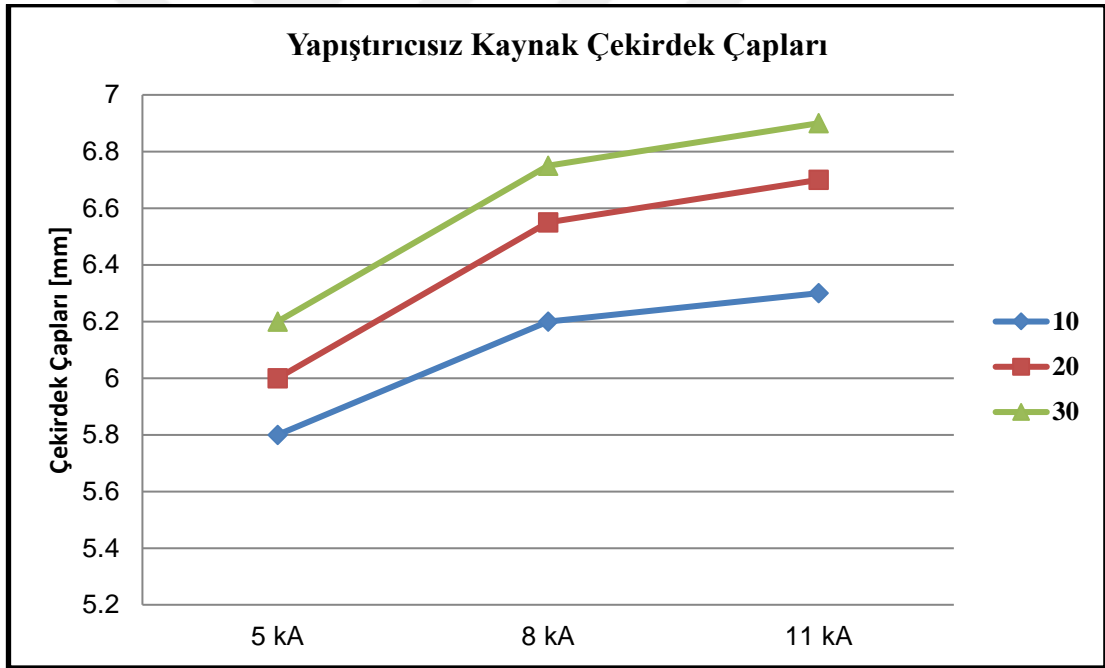
Çekme-makaslama deney sonucunda, kaynak bağlantısının kopma şekli ITAB'dan başlayıp malzemeye doğru yırtılma biçiminde oluşur. Bunun nedeni çekirdek bölgesinin çekme-makaslama dayanım değeri ana malzemenin dayanım değerinden daha fazla olmasıdır.

## 6.2. KAYNAK NUMUNELERİNİN KAYNAK ÇEKİRDEĞİ ÇAPI VE DERİNLİĞİ ÖLÇÜM SONUÇLARI

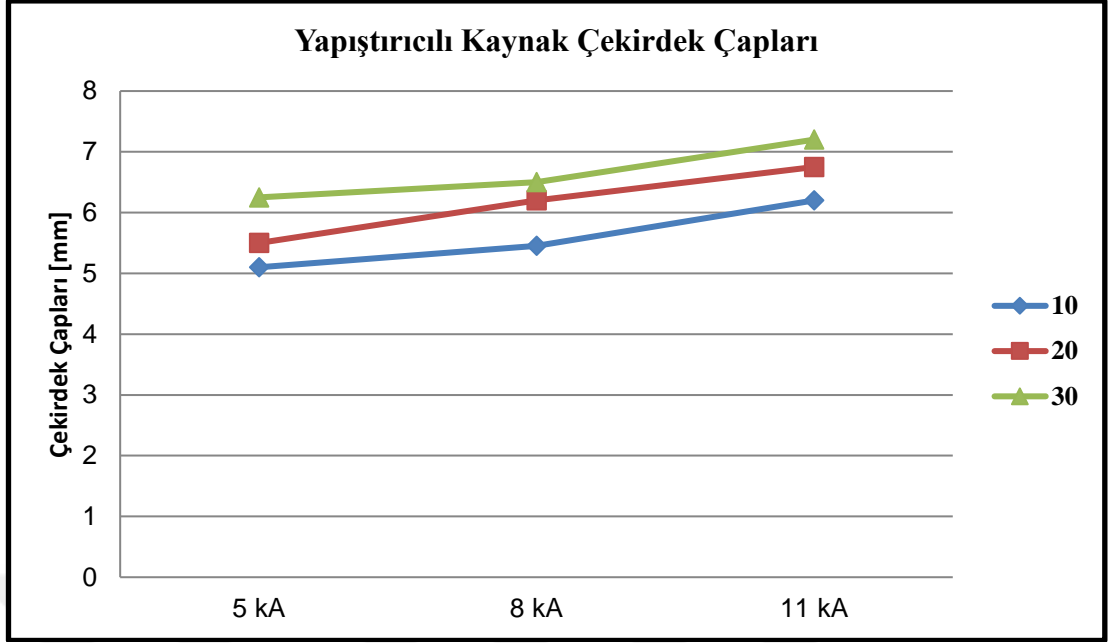
Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak bağlantısı yapılan numunelerin çekirdek çapı ve derinliği ölçümü dijital kumpas yardımı ile yapılmıştır ve değişen kaynak parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Kaynak periyot zamanı kıaldıkça çekirdek çapı küçülür, bunun aksine kaynak periyot zamanı arttıkça ergiyen bölgenin dışarı çıkması sebebiyle çekirdek çapının arttığı görülmüştür.

Ölçülen çekirdek çapları ve derinlikleri sonucunda elde edilen verilerin ortalaması alınarak kaynak çekirdek çapları ve derinlikleri hesaplanmıştır. Buna göre en büyük kaynak çekirdek çapı; 11 kA kaynak akım şiddetinde 30 periyot kaynak zamanında bağlantısı yapılan yapıştırıcılı numunede 7.2 mm ve çekirdek derinliğinin 1,2 mm olarak ölçülmüştür. En küçük kaynak çekirdek çapı ise; 5 kA kaynak akım şiddetinde 10 periyot kaynak zamanında bağlantısı yapılan yapıştırıcısız numunede 5.1 mm ve çekirdek derinliği 0,25 mm olarak ölçülmüştür.

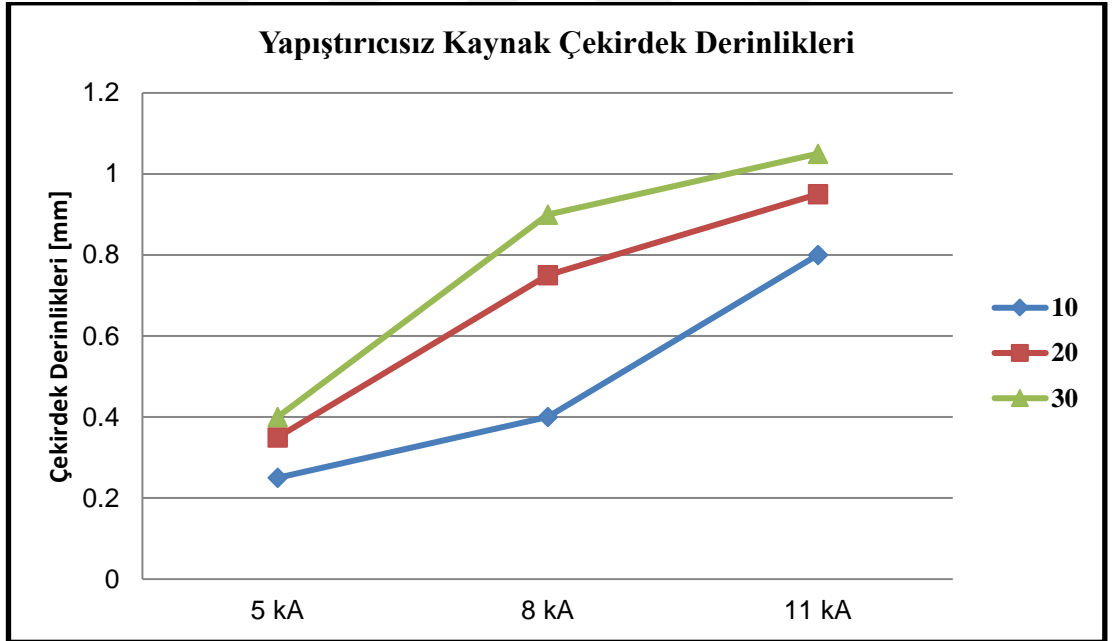
Şekil 6.9-6.12’de yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak numunelerine, kaynak zamanının ve kaynak akım şiddetinin çekirdek çapına ve derinliğine etkisi verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, kaynak akım şiddeti ve kaynak zamanı arttıkça kaynak çekirdek çapının ve derinliğinin de arttığı görülmektedir.



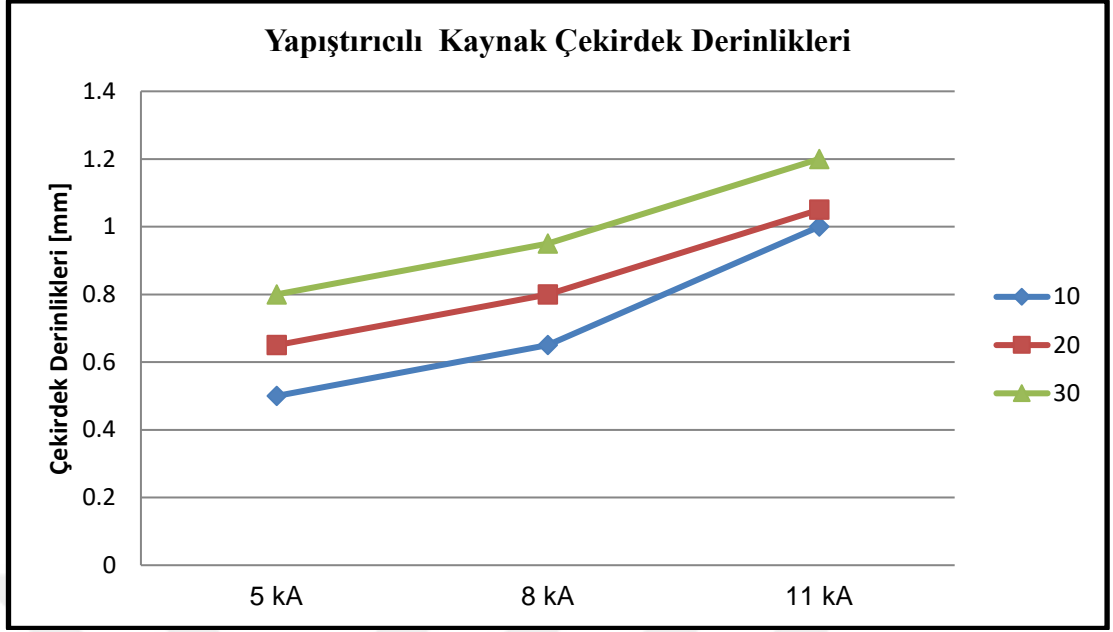
Şekil 6.9. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinin kaynak çekirdek çapına kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.



Şekil 6.10. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinin kaynak çekirdek çapına kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.



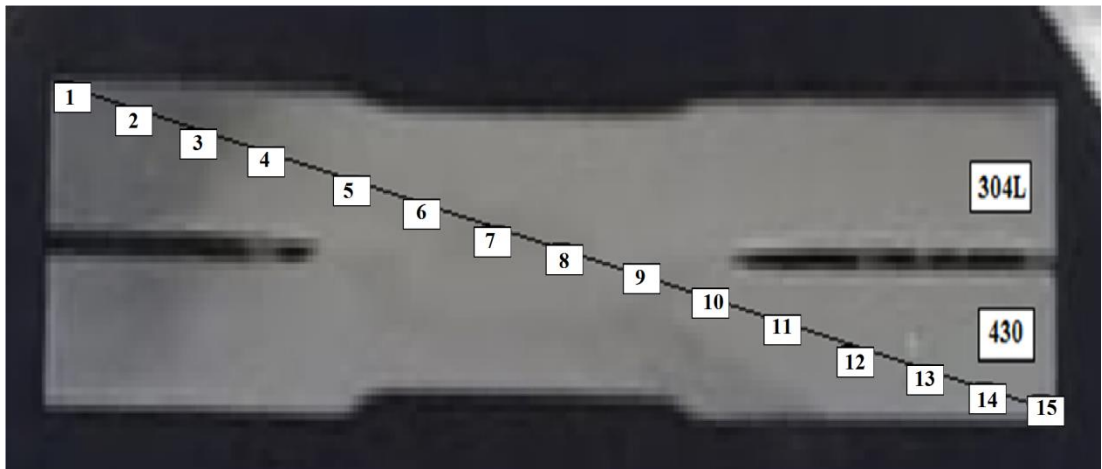
Şekil 6.11. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinin kaynak çekirdek derinliğine kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.



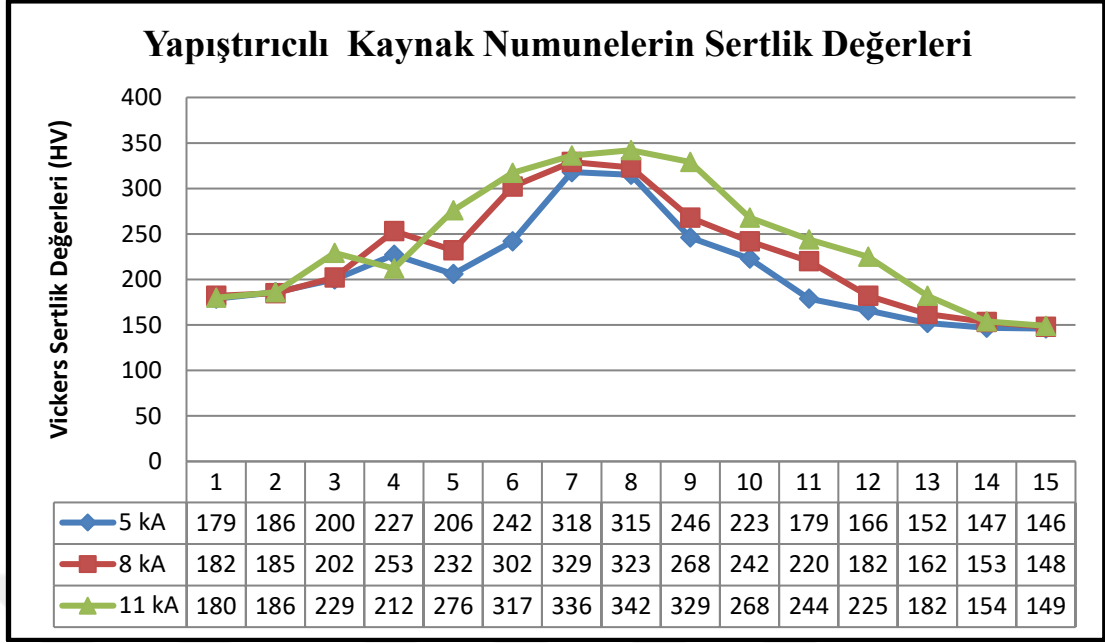
Şekil 6.12. Yapıştırıcılı kaynak numunelerinin kaynak çekirdek derinliğine kaynak akım şiddeti ve kaynak periyot zamanının etkisi.

### 6.3. SERTLİK DENEYİ SONUÇLARI

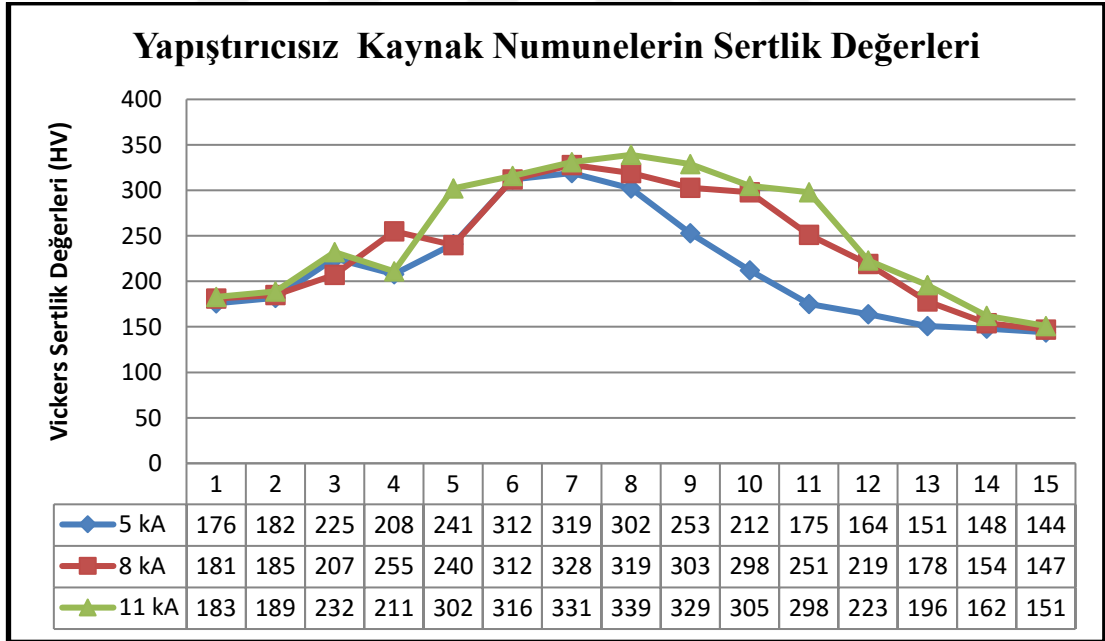
Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak birleştirilen kaynaklı bağlantılar 5, 8, 11 kA kaynak akımında ve 20 periyot kaynak zamanında mikroyapılar için hazırlanan numunelere sertlik testleri uygulanmıştır. Bu testler; ana malzeme, ITAB ve kaynak çekirdeğindeki sertlik değişimini belirlemek amacıyla 6 adet numuneye uygulanmıştır. Uygulanma biçimi şekil 6.13’de gösterilmiştir. Bu deneyden elde edilen veriler grafikler ile Şekil 6.14 ve 6.15’de verilmiştir.



Şekil 6.13. Sertlik ölçüm noktaları.



Şekil 6.14. 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı olarak birleştirilmiş kaynak numunelerinin sertlik değerleri.



Şekil 6.15. 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız olarak birleştirilmiş kaynak numunelerinin sertlik değerleri.

Verilen grafikler incelendiğinde; kaynak çekirdeğinden ana metale doğru sertlik değerleri düştüğü görülmektedir. En yüksek sertlik değeri kaynak çekirdeğinden ölçülmüştür ve hemen peşinden ITAB ve ana metal gelmektedir. Grafikler genel olarak incelendiğinde; kaynak çekirdeğinden esas metale doğru sertlikte bir düşüş

olduğu görülmektedir. Çizelge 6.3’de yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız kaynak numunelerden elde edilen verilerin en düşük ve en yüksek sertlik değerlerine göre karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 6.3. Numunelerin tümünün en düşük ve en yüksek sertlik değerlerinin karşılaştırılması.

Sertlik Değerleri [HV]						
Kaynak Çifti	Ana Malzeme		ITAB		Kaynak Çekirdeği	
	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük	En Yüksek	En Düşük
Yapıştırıcılı (304L+430)	186/162	179/146	276/268	200/182	342	302
Yapıştırıcısız (304L+430)	189/154	176/144	255/251	207/196	339	298

Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız yapılan kaynaklı bağlantıların kaynak akımı ve kaynak zamanının artması sebebiyle sertlik değişimi sonuçları üzerinde artırıcı yönde bir etki gözlemlenmiştir. Ayrıca numunelerin kaynak bölgelerinden ölçülen sertlik değerleri ana malzeme ve ITAB’dan daha yüksek olduğu, kaynak akım şiddetinin ve kaynak zamanının artmasıyla sertlik değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Buradan, elektrik direnç nokta kaynak esnasında malzemeye verilen yüksek ısı girdisi kaynak bölgesinde daha uzun süre kalmakta ve bunun sonucunda kaynak bölgesinin sertlik değerlerinde bir miktar artışa sebep olur sonucu çıkarılabilir.

Kaynak bölgesinin boyutu yapıştırıcılı kaynak numunelerinde yapıştırıcısızlara göre daha büyük olduğundan yapıştırıcısız kaynak numunelerin yapıştırıcılara göre bazı sertlik noktalarında daha yüksek sertlik değerleri ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi; kaynak bölgelerindeki boyut farklılıkları olarak açıklanabilir. Yapıştırıcısız kaynak numunelerinde yapıştırıcılara göre kaynak bölgesi daha büyük olmasının nedeni; yapıştırıcının kaynak yapılacak bölgeyi daraltarak sınırlandırmasıyla açıklanabilir. Ayrıca kaynak yapılan tüm numunelerde kaynak zamanının artmasıyla ısı girdisinde bir artış gözlemlenmekte ve ITAB’daki sertlik değerleri arttıkça ITAB’daki tane irileşmesi arttığı görülmektedir.



(Martin vd, 2008), 304 östenitik paslanmaz çelik sacları direnç nokta kaynak yöntemi ile birleştirmiş ve benzer sonuçları rapor etmişlerdir.

(Vural vd, 2004), galvanizli çelik ile östenitik paslanmaz çelik sacları direnç nokta kaynağı ile birleştirmişler ve mikrosertlik ölçümleri sonucunda en yüksek sertlik değerinin kaynak çekirdeğinin ortasında 350 HV olarak ölçüldüğünü belirtmişlerdir.

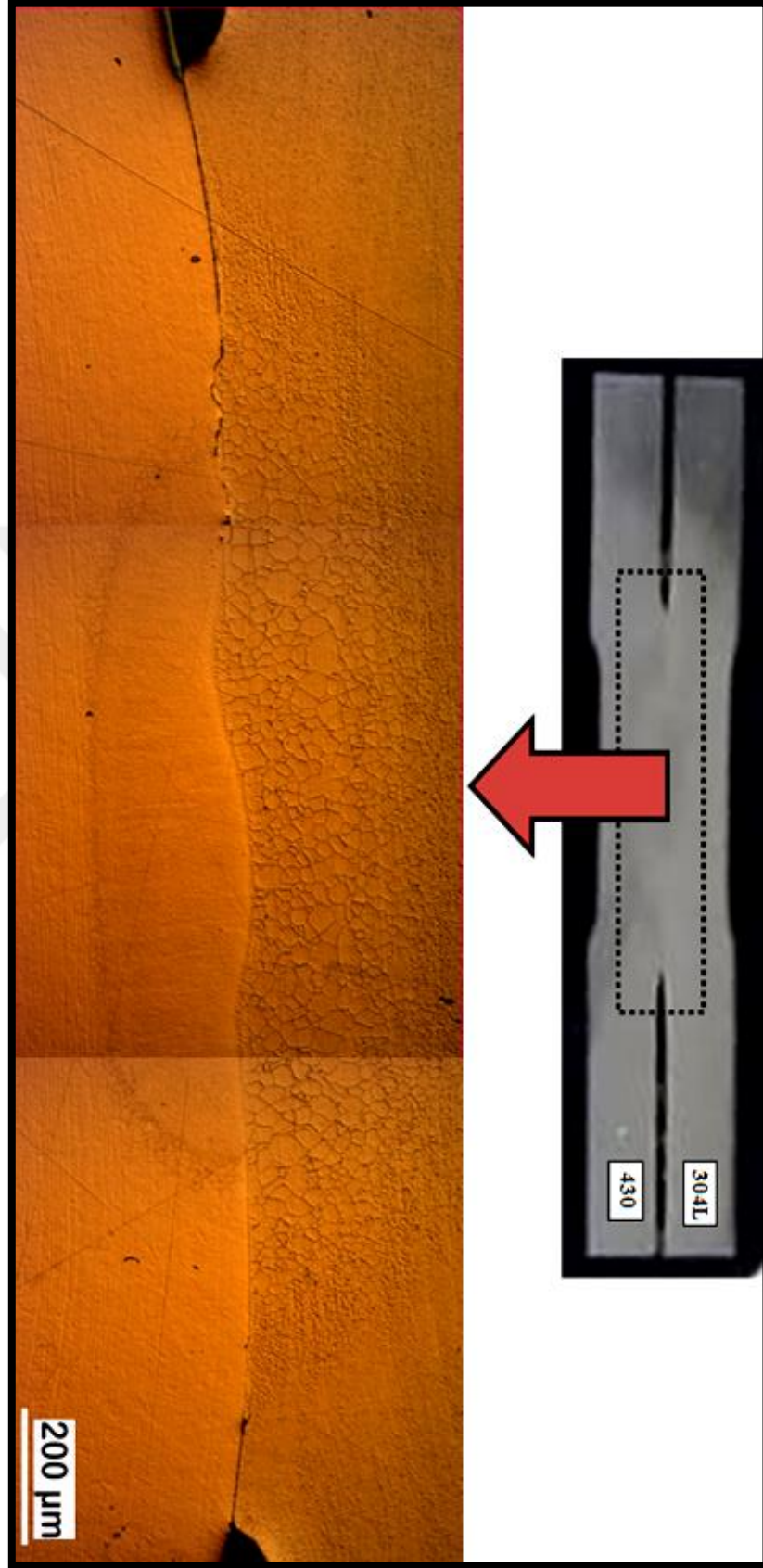
(Hayat vd, 2007), IF çeliklerini direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirmiş ve tüm kaynaklı numunelerde kaynak bölgesinin mikrosertlik değerlerinin ITAB ve ana malzemenin sertlik değerlerinden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

### **6.3. KAYNAK NUMUNELERİNİN MİKROYAPILARININ İNCELENMESİ**

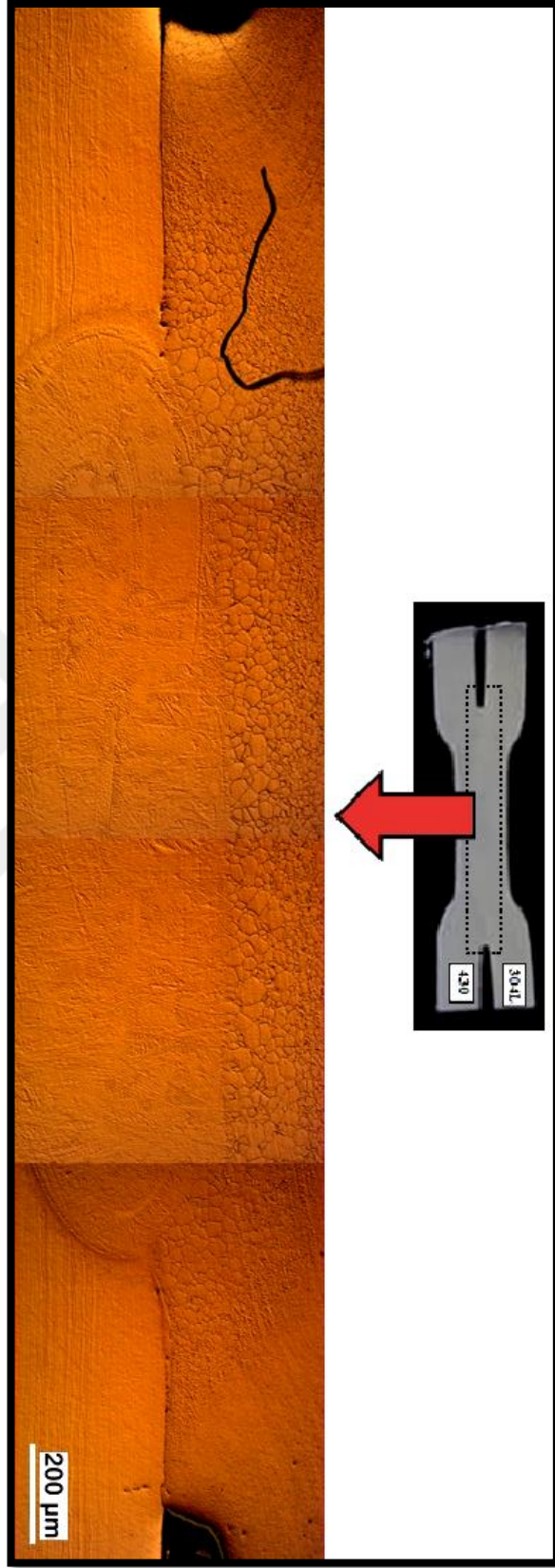
Farklı parametrelerde elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle ilave yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak birleştirilen östenitik-ferritik paslanmaz çeliklerin bağlantıları mikroyapı incelemeleri için kaynak çekirdeği kesitlerine 50x ve 200x büyütme uygulanmış ve ITAB ile kaynak çekirdeği bölgelerinin mikroyapı görüntüleri optik mikroskop yardımı ile elde edilmiştir.

Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak kaynağı yapılan numunelerin mikroyapı görüntüleri alınmadan önce dağlanma işlemi yapılmıştır. Östenitik kısmı elektrolitik dağlayıcı okzalik asit (10 gr okzalik asit, 100 ml su) ile 3 sn, ferritik kısmı %2'lik Nital (2 ml HNÜ<sub>3</sub>, 98 ml Etanol) ile 5 sn dağlanmıştır.

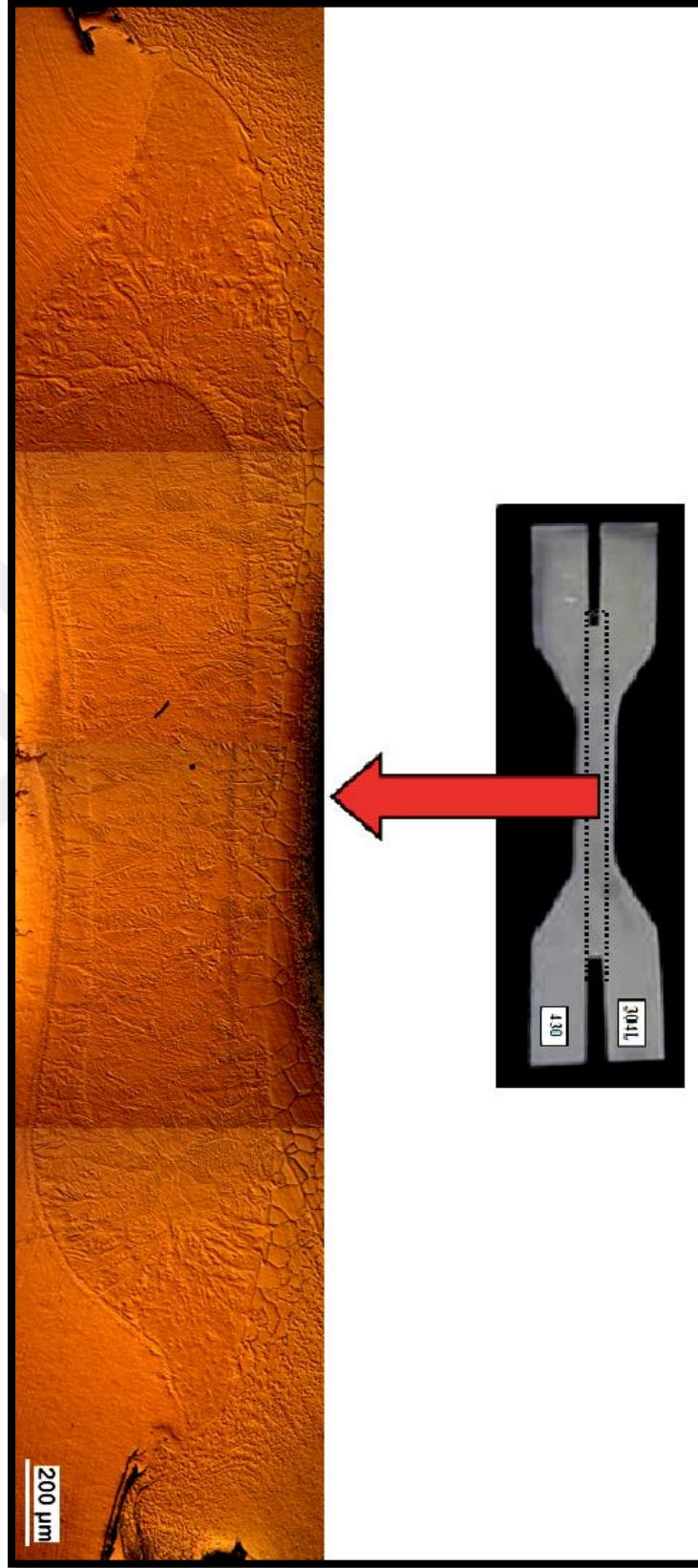
5, 8 ve 11 kA akım şiddetinde ve 20 periyot kaynak zamanında elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilen yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız 6 adet numunenin mikroyapı görüntüleri verilmiştir.



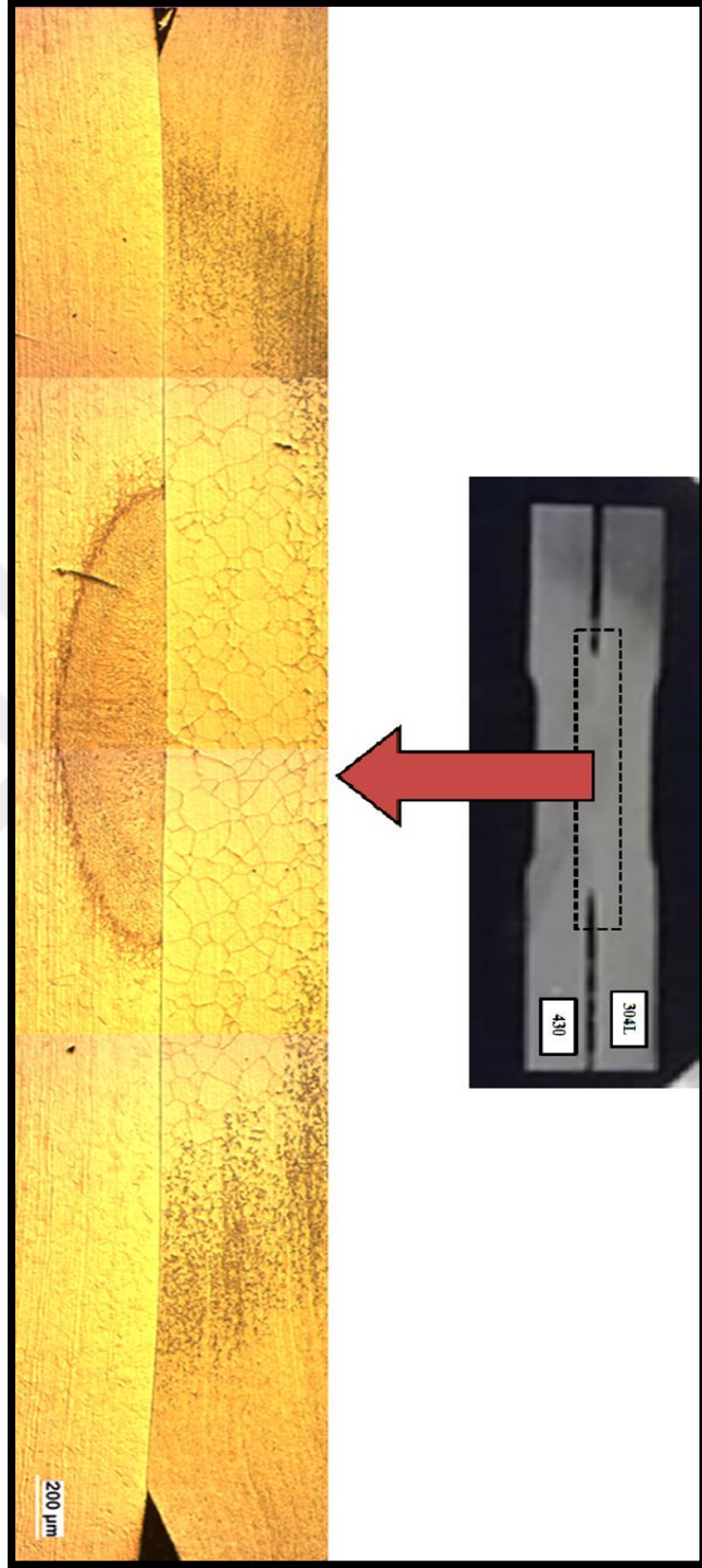
Şekil 6.16. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcıli kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü.



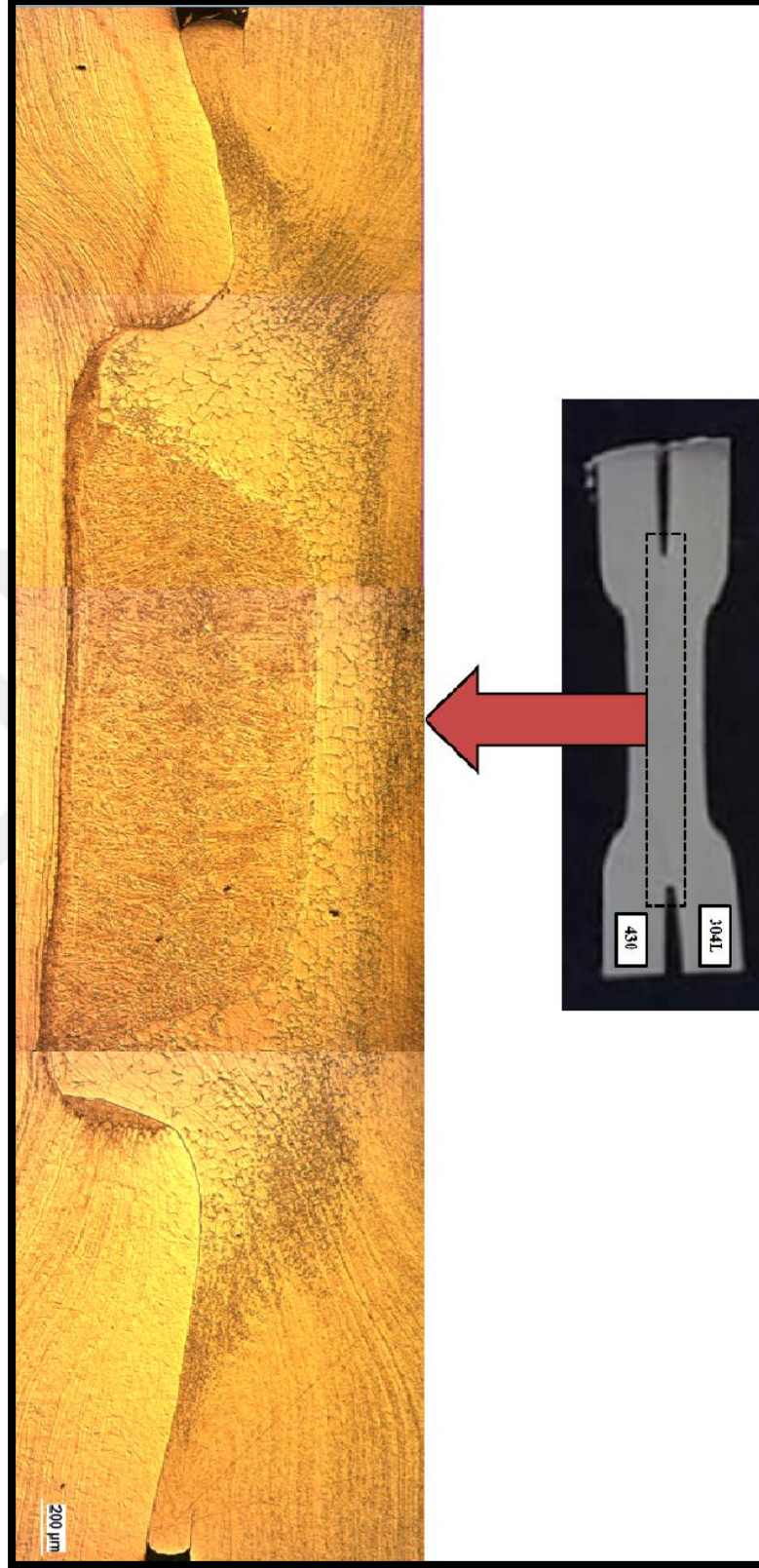
Şekil 6.17. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü.



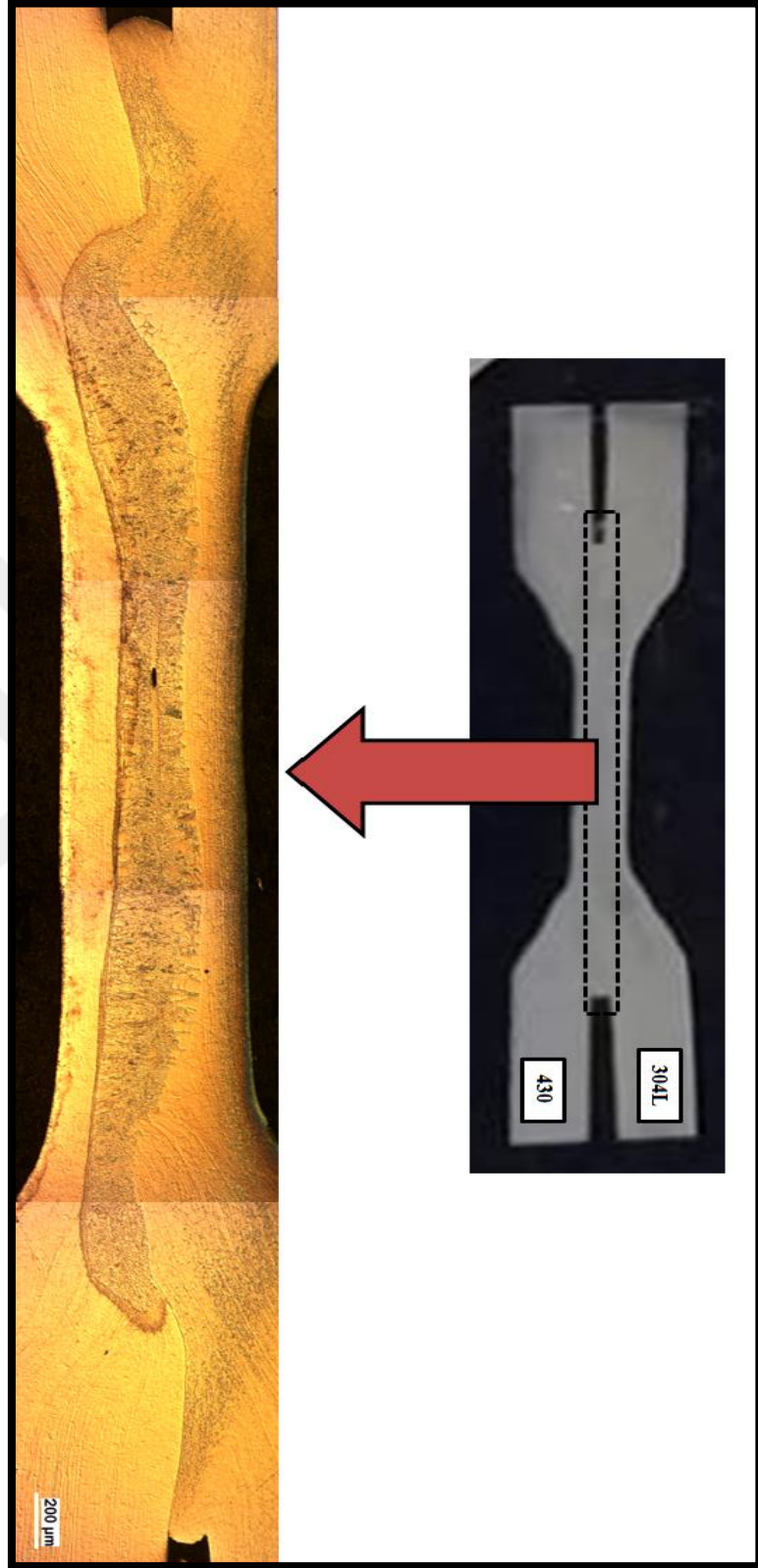
Şekil 6.18. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü.



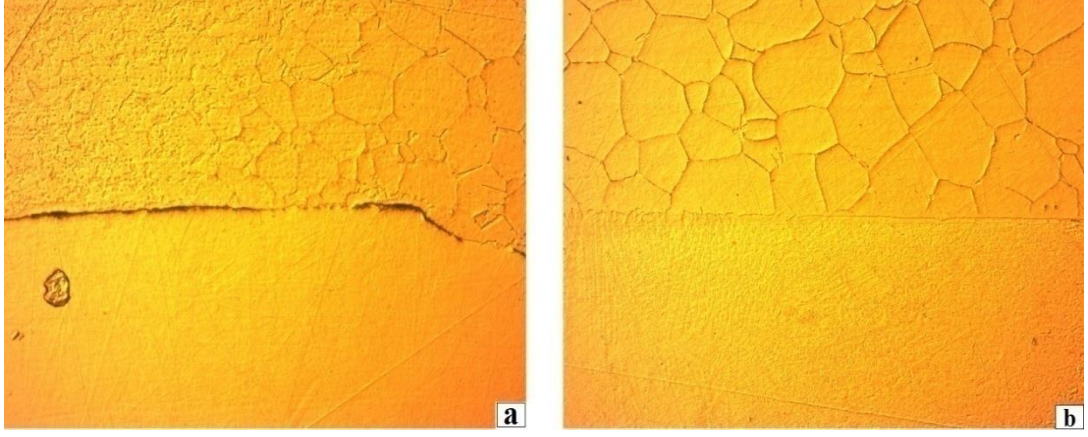
Şekil 6.19. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü.



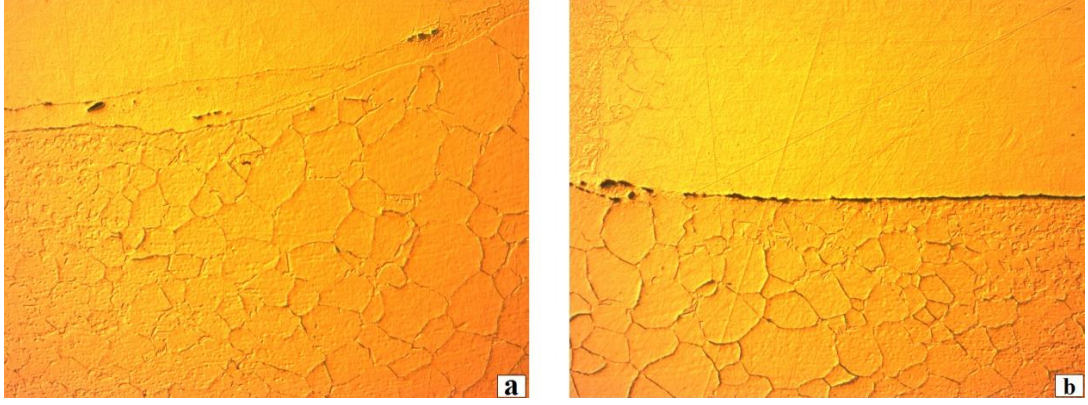
Şekil 6.20. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü.



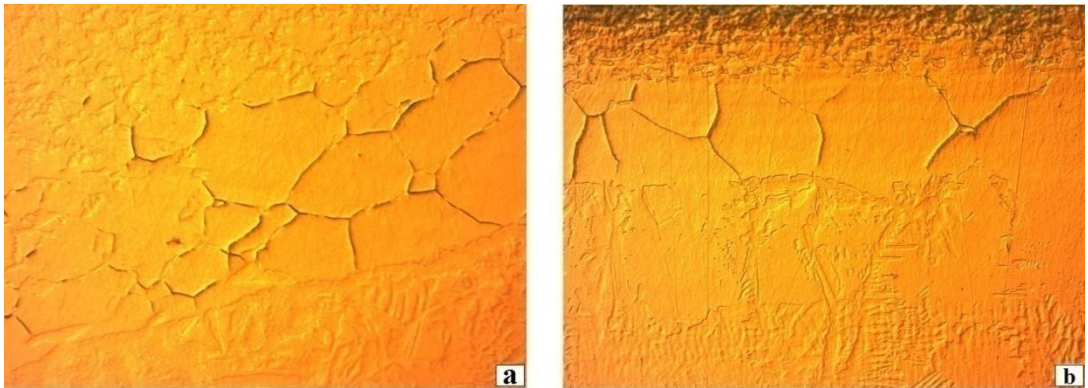
Şekil 6.21. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin 50x mikroyapı görüntüsü.



Şekil 6.22. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin a) ITAB ve b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.

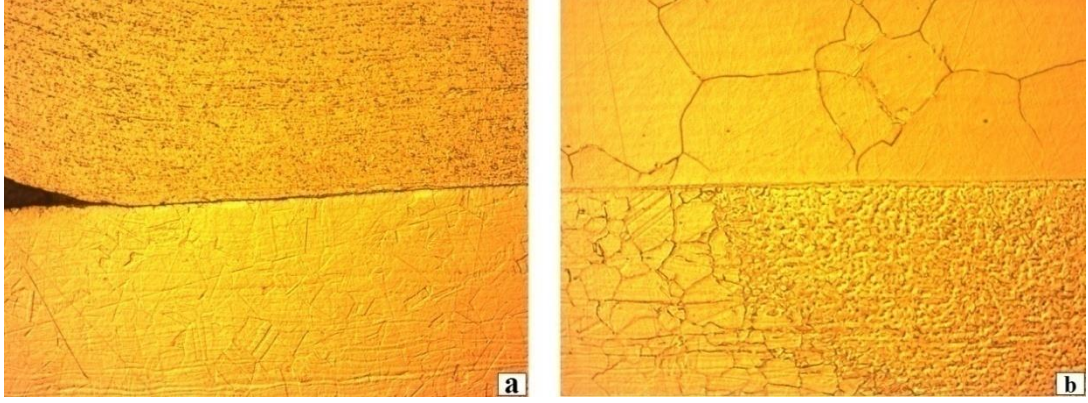


Şekil 6.23. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin a) ITAB ve b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.

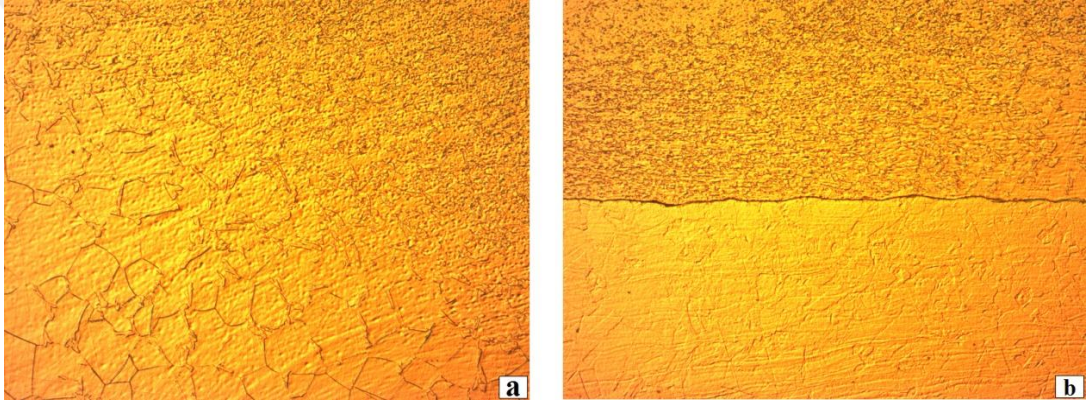


Şekil 6.24. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcılı kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin a) ITAB ve b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.

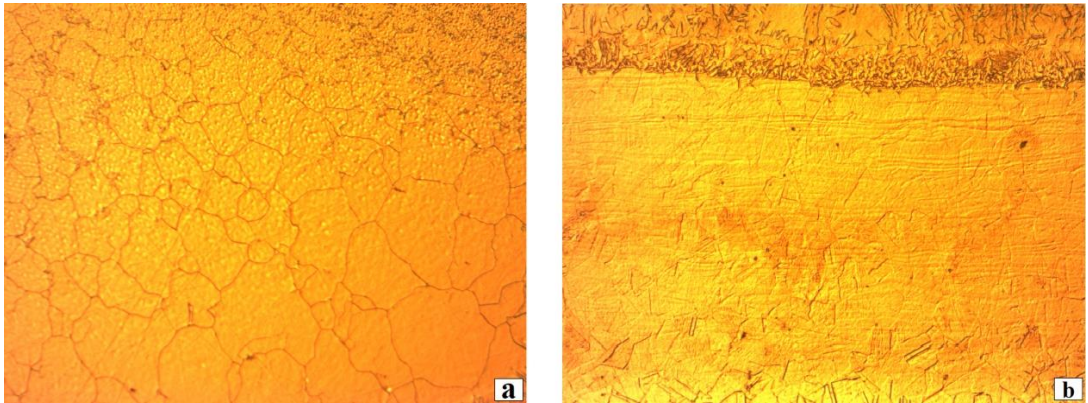




Şekil 6.25. 5 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin a) ITAB ve b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.



Şekil 6.26. 8 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin a) ITAB ve b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.



Şekil 6.27. 11 kA kaynak akımında 20 periyot kaynak zamanında yapıştırıcısız kaynağı yapılan paslanmaz çeliklerin a) ITAB ve b) Çekirdek bölgesi 200x mikroyapı görüntüsü.

Elektrik direnç nokta kaynak işlemi yapılan yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız tüm numunelerin mikroyapı görüntüleri incelendiğinde kaynak çekirdeğinin mikroyapısının esas malzemedan farklı olduğu görülmektedir. Kaynak çekirdeğine bakıldığında taneler ısı merkezine doğru yönelmiştir. Ayrıca uygulanan kaynak işlemi ile ara yüzeyde yeni taneler oluşmuştur. Bu tanelerin orijinal tanelerden daha büyük olduğu görülmüştür.

Ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerin ısı iletim kabiliyeti düşük olduğundan dolayı kaynak sırasında oluşan ısı, kaynak bölgesinde daha fazla süre kalmaktadır. Bu sürenin uzaması tanelerin daha fazla irileşmesine sebep olmaktadır.

Yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak kaynaklanan numunelerin tüm mikroyapı görüntüleri incelendiğinde genel olarak kaynak akımının ve kaynak zamanının artması ile tanelerin irileştiği görülmüştür. Bu irileşmenin sebebi artan ısı girdisidir. Artan ısı girdisine paralel olarak kaynak çekirdek genişliğinin ve derinliğinin arttığı görülmüştür.

(Hayat, 2005), (Almus, 2006), (Kocabekir vd, 2008), kaynak zamanı artışına bağlı olarak, (Vural vd, 2004) ve (Hasanbaşoglu vd, 2007), kaynak akımı artışıyla ısı girdisinde artış tespit etmişler ve artan ısı girdisinin etkisiyle, birleştirmelerde tane büyümesi olduğunu bildirmişlerdir.

## BÖLÜM 7

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, AISI 304L ve AISI 430 tip paslanmaz çeliklerin tereson ms 9220 ilave yapıştırıcı kullanılarak elektrik direnç kaynağında birleştirilmiştir. Birleştirilen kaynakların dayanımlarını tespit edebilmek için çekme-makaslama ve sertlik deneyleri uygulanmıştır. Kaynak bölgeleri ayrıca optik mikroskop yardımı ile mikroyapı analizleri yapılmıştır. Paslanmaz çeliklerin nokta direnç kaynak kabiliyetlerine ilave yapıştırıcıların etkisinin araştırıldığı bu çalışmanın sonucunda;

1. Farklı parametreler uygulanarak yapıştırıcılı ve yapıştırıcısız olarak gerçekleşen elektrik nokta direnç kaynağı yöntemiyle tüm malzemelerde birleştirme sağlanmıştır.
2. Çekme-makaslama deney sonuçları incelendiğinde kaynak zamanı ve kaynak akımı arttıkça buna paralel olarak çekme-makaslama dayanımının arttığı görülmüştür.
3. Kaynak zamanı ve kaynak akımının artması sonucunda ısı girdisi artmış ve buna paralel olarak çekirdeğin çapının ve çekirdek derinliğinin arttığı gözlemlenmiştir.
4. Sertlik testleri sonucunda en yüksek sertlik değerleri kaynak çekirdeğinde ölçülmüş ve sırasıyla ITAB ve ana malzeme hemen arkasından gelmiştir.
5. Mikroyapı görüntülerine bakıldığında, kaynak süresince uygulanan akımın süresi ve şiddeti arttıkça kaynak bölgelerinde kalınlık azalmıştır.

6. Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde genel olarak tüm numunelerde östenitik kısımlarda kaynak akımının ve kaynak zamanının artması sonucunda yeni taneler oluşmuş ve bu tanelerin yapıların irileştiği tespit edilmiştir.
7. Yapıştırıcı yapılan kaynak numunelerin yapıştırıcısızlara göre tüm kaynak parametrelerinde kaynak çekirdek bölgesinde yapıştırıcıdan dolayı bir daralma meydana geldiği tespit edilmiştir.
8. Yapıştırıcılı yapılan kaynak numunelerin yapıştırıcısızlara göre çekme-makaslama dayanım değerleri karşılaştırıldığında genel olarak tüm numunelerde 50 ila 100 daN arasında artış tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalar ve elde edilen sonuçlar ışığında bu konuda bundan sonra yapılacak araştırmalar için şu öneriler yapılabilir;

1. AISI 430 ferritik ve AISI 304L östenitik paslanmaz çeliklerin yapıştırıcılı kaynağı yapılarak bu çalışmadaki kaynak parametrelerinde yorulma davranışları inceleyebilir.
2. Korozyon deneyleri uygulanarak kaynaklı bağlantılarda, taneler arası korozyonun oluşup oluşmadığına bakılabilir.

## KAYNAKLAR

Almus, Z., “Nokta direnç kaynağında ara bağlayıcının Birleşme özelliklerine etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-63 (2006).

Bak, A., “Arayer atomu içermeyen (IF) çeliklerde ve bu çeliklerin nokta direnç kaynaklı bağlantılarında deformasyon yaşlandırmasının mekanik özelliklere etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 99-101 (2010).

Baytemir, M., “Östenitik AISI ve 310 ferritik AISI 430 paslanmaz çeliklerin elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilmesi ve mekanik özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 44-62 (2011).

Çavdar, K., and Yaşar, H., “AISI 304 Paslanmaz çeliğin nokta direnç kaynağı yöntemi ile izsiz kaynak parametrelerinin araştırılması” *10. Kaynak Teknolojisi Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiri Kitabı*, Bursa, 1-9 (2016).

Çimen, M. Ş., “The investigation of contact resistance in resistance spot welding by using numerical and experimental methods”, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 64-80 (1994).

Gülbahar, B., “%17 Kromlu ferritik paslanmaz çeliklerin nokta kaynağında kaynak parametrelerinin tanelerarası korozyon ve çekme makaslama dayanımı üzerindeki etkisinin incelenmesi”, Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1989).

Hasanbaşıoğlu, A., Kaçar, R., “Resistance spot weldability of dissimilar materials (AISI 316L–DIN EN 10130-99 steels)”, *Materials and Design, Volume 28*, 1794-1800 (2007).

Hayat, F., “The effects of the welding current on heat input, nugget geometry, and the mechanical and fractural properties of resistance spot welding on Mg/Al dissimilar materials” *Materials and Design*, 32 (2011): 2476-2484 (2010).

Hayat, F., “Effect of aging treatment on the microstructure and mechanical properties of the similar and dissimilar 6061-T6/7075-T651 resistance spot welding joints”, *Materials Science & Engineering A*, 556 (A): 834-843 (2012).

Hayat, F., “Comparing properties of adhesive bonding, resistance spot welding, and adhesive weld bonding of coated and uncoated DP 600 steel”, *Journal of Iron and Steel Research International*., 18 (9): 70-78 (2011).

Hayat, F., “Çift-fazlı çeliklerin nokta direnç kaynağında Mho ile kaynak süresinin mekanik özelliklere etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2005).

Hayat, F., Demir, B., ve Aslanlar, S., “Nokta direnç kaynak süresinin IF 7114 çeliği birleştirmelerinin mekanik özelliklerine etkisi”, *4. Demir Çelik Sempozyumu*, Karabük, 243-248 (2007).

İnternet:, Magmaweld Uluslararası Ticaret Anonim Şirketi “Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı”, <http://www.magmaweld.com.tr/icerik/paslanmaz-celiklerin-kaynagi> (2016).

Kaluç, E. ve Tülbentçi, K., “Paslanmaz çelikler ve kaynaklanabilirliği”, *Seminer Notları*, Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi Araştırma Eğitim ve Uygulama Merkezi, Kocaeli (1995).

Kaluç, E., Taban, E., “İleri Kaynak Teknolojisi Ders Notları”, *Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Kocaeli (2004).

Kaçar, R., and Hayat, F., “An effect of heat input, weld atmosphere and weld cooling conditions on the resistance spot weldability of 316L austenitic stainless steel” *Journal Of Materials Processing Technology*., 195 (2008): 327-335 (2007).

Kaya Y., Kahraman, N., Durgutlu, A. and Gülenç, B., “Ferritik paslanmaz çelik ile düşük karbonlu çelik malzemelerin farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilebilirliğinin araştırılması”, *International Iron & Steel Symposium*, Karabük, 77-78 (2012).

Karlsson, L., “Stainless Steels- Past, Present and Future”, *Svetsaren*, (1): 47-52 (2004).

Krauss, G., “Steels processing, structure, and performance”, *ASM International* (2005).

Martin, O., Tiedra, P. D., Lopez, M., San-juan, M., Garcia, C., Martin, F., and Blanco, Y., “Quality prediction of resistance spot welding joints of 304 austenitic stainless steel”, *Materials and Design*, 30 (1): 68-77 (2008).

Manladan, S. M., Yusof, F., Ramesh, S., Zhang, Y., Luo, Z., Ling, Z., “Microstructure and mechanical properties of resistance spot welded in welding-brazing mode and resistance element welded magnesium alloy/austenitic stainless steel joints”, *Journal of Materials Processing Tech.*, 250: 45-54 (2017).

Oğuz, B., “Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı”, *Oerlicon Yayını*, İstanbul 23-45 (2001).

Odabaş, C., “Paslanmaz çeliklerin temel özellikleri kullanım alanları kaynak yöntemleri”, 2. Baskı, *İl Eczacıbaşı, Lincoln Elektrik, Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş.*, İstanbul (2004).

Oates, W.R., Saitta, A.M., editors, “Materials and applications part 2”. *Welding Handbook Vol. AWS*, Ohio, Amerika, 597-621 (1998).

Pickering, F.B., “Physical Metallurgical Developments of Stainless Steels”, *Stainless Steels*, (84): 2-28 (1985).

Lippold, J. C. and Kotecki, DJ., “Welding metallurgy and weldability of stainless steels”, *WWF Report*, Wiley-Interscience, 168-223 (2005).

Vural. M., and Akkuş, A., “On the resistance spot weldability of galvanized interstitial free steel sheets with austenitic stainless steel sheets”, *Journal of Materials Processing Technology*, 1-6 (2004).

## ÖZGEÇMİŞ

Fatih DAĞLAR 1992 yılında Sivas'da doğdu, ilk ve orta öğrenimini Vali Aydın Güçlü İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Gazi Lisesi Fen Bilimleri Bölümü'nden mezun oldu. 2011 yılında Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Raylı Sistemler Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı. 2016 yılında mezun oldu ve aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans programına başladı.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Emek Mah.21. Sokak Avrasya Apt. 10/22 Sivas.

Tel : (542) 472 0795

E-posta : fatihdaglar58@gmail.com