

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TREYLER ŞASELERİNDE KULLANILAN S700MC ÇELİK
SACLARININ ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞINDA
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Volkan ÇETİN

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Salim ASLANLAR

Haziran 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TREYLER ŞASELERİNDE KULLANILAN S700MC ÇELİK
SACLARININ ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞINDA
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Volkan ÇETİN

Enstitü Anabilim Dalı

İMALAR MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 12/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
~~oybirliği/oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
Salim ASLANLAR
Jüri Başkanı

Dr. Öğr. Üyesi
Nuri AKKAŞ
Üye

Dr. Öğr. Üyesi
Volkan ONAR
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Volkan ÇETİN
12.06.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca tecrübe, bilgi ve birikimlerinden yararlandığım, tezim boyunca beni her konuda en ince ayrıntısına kadar titiz bir şekilde bilgilendirip yönlendiren, değerli danışman hocam Prof. Dr. Salim ASLANLAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım, Melih KEKİK ve Gökhan ERDİR'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım esnasında gösterdikleri hoşgörü ve destekleri için başta yöneticilerim Sn. Sedat IŐIK ve Sn. Hicran SANCAKLI olmak üzere tüm Tırsan Treyler San. ve Tic. A.Ő. çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları için Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'ne ve ERMETAL A.Ő. Kalite Departmanı'na, Borçelik Ar-Ge Merkezi'ne teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyip motivasyonumu yukarıda tutmamı sağlayan, beni her konuda destekleyen anneme ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
TREYLER, TREYLER SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ÇELİKLER VE S700CR	4
2.1. Treyler Türleri	5
2.1.1. Tenteli – Perdeli Treyler.....	5
2.1.2. Damper Treyler	5
2.1.3. Platform Treyler.....	6
2.1.4. Tanker Yarı Treyler	7
2.1.5. Silo Yarı Treyler.....	8
2.1.6. Low Bed Yarı Treyler.....	8
2.1.7. Konteynır Taşıyıcı.....	9
2.1.8. Frigorifik Yarı Treyler.....	10
2.1.9. Kutu Yarı Treyler	10
2.2. Treyler Endüstrisinde Kullanılan Çelik Türleri.....	11
2.2.1. S235JR Çeliği	11
2.2.2. S275JR Çeliği	12

2.2.3. S355JR Çeliği	12
2.2.4. HB450	12
2.2.5. S460MC	12
2.2.6. S700CR.....	12
BÖLÜM 3.	
ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI.....	14
BÖLÜM 4.	
DENEYSEL ÇALIŞMALAR	15
4.1. Genel	15
4.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler	15
4.3. Kullanılan Malzemelerin Boyutları ve Deney Hazırlık Süreci	16
4.4. Birleştirmelerde Kullanılan Elektrik Direnç Nokta Kaynak Cihazı.....	16
4.5. Kullanılan Elektrik Direnç Nokta Kaynak Elektrotları.....	17
4.6. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi	18
4.7. Elde Edilen Parametrelerle Deneylerin Yapılması	19
4.8. Çekme-Makaslama ve Çekme-Sıyırma Deneyleri.....	21
4.9. Çekirdek Boyut Ölçümleri Ve Makroyapı Görüntülerinin Çekilmesi	22
4.10. Optik Mikroskop Görüntülerinin Çekilmesi.....	23
4.11. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile Yapılan Çalışmalar.....	24
4.12. Sertlik Değeri Ölçümleri.....	25
BÖLÜM 5.	
DENEYSEL SONUÇLAR.....	26
5.1. Genel	26
5.2. S700CR Saclarının Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Çekme-Sıyırma ve Çekme-Makaslama Dayanımına Etkisi	26
5.2.1. Kaynak akım şiddetinin S700CR kaynaklı birleştirmelerinde çekme-makaslama kuvvetine etkisi	27

5.2.2. Kaynak zamanının S700CR kaynaklı birleştirmelerin çekme-makaslama dayanımına etkisi	29
5.2.3. Kaynak akım şiddetinin S700CR bağlantılarında çekme-sıyırma dayanımına etkisi	30
5.2.4. Kaynak zamanının S700CR bağlantılarında çekme-sıyırma dayanımına etkisi	30
5.3. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Kaynak Çekirdek Boyutlarına Etkisi.....	31
5.3.1. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR birleştirmelerinde oluşan kaynak çekirdeğinin çekirdek yüksekliğine etkisi.....	32
5.3.2. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR birleştirmelerinde çekirdek boyut oranına etkisi	34
5.4. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Elektrot Dalma Derinliği ve Genişliğine Etkisi.....	35
5.4.1. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR bağlantılarında elektrot dalma derinliğine etkisi	35
5.4.2. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma genişliğine etkisi	37
5.5. S700CR Çelik çiftinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Çekirdek Boyutlarının Çekme-Sıyırma ve Çekme-Makaslama Kuvvetine Etkisi.....	38
5.5.1. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek çapının çekme-sıyırma kuvvetine etkisi	38
5.5.2. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek yüksekliğinin çekme-sıyırma kuvvetine etkisi	40
5.5.3. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek boyut oranının çekme-sıyırma kuvvetine etkisi	41

5.5.4. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek çapının çekme-makaslama kuvvetine etkisi	43
5.5.5. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek yüksekliğinin çekme-makaslama kuvvetine etkisi	44
5.5.6. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek boyut oranının çekme-makaslama kuvvetine etkisi	46
5.6. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağındaki Kaynak Parametrelerinin Sertlik Değerine Etkisi.....	47
5.6.1. Kaynak parametrelerinin S700CR birleştirmelerindeki sertlik değerine etkisi	48
5.7. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Birleştirmelerin Mikroyapısına Etkisi	51
5.8. S700CR Çeliklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ve EDS Analizleri	52
5.9. S700CR Kaynaklı Birleştirmelerinin Makroyapı Görüntüleri	54
BÖLÜM 6.	
S700CR BİRLEŞTİRMELERİNDE KAYNAK GRAFİĞİ (WELD LOBE)	57
BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR VE TARTIŞMA	58
7.1. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler.....	58
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	64

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASTM	: The American Society for Testing and Materials
AWS	: American Welding Society
d1	: Kaynak Çekirdek Çapı (mm)
d2	: Kaynak Çekirdek Yüksekliği (mm)
dind	: Elektrot Dalma Derinliği (mm)s
EN	: European Standard
HV	: Hardness Vickers
I	: Kaynak Akım Şiddeti (A)
ITAB	: Isının Tesiri Altındaki Bölge
kA	: Kilo Amper
kN	: Kilo Newton
kVA	: Kilo Volt Amper
N	: Newton
MPa	: Mega Pascal
per	: Periyot
Q	: Kaynak Bölgesinde Üretilen Toplam Isı (joule)
s	: Malzeme Kalınlığı (mm)
SAE	: Society of Automotive Engineers
DP	: Çift Fazlı Sac (Dual Phase)
SEM	: Scanning Electron Microscopy
t	: Kaynak Süresi (s)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 4.1. Çekme – makaslama deney numunesi.	16
Şekil 4.2. Çekme – sıyırma deney numunesi.	16
Şekil 4.3. Elektrik direnç nokta kaynağı makinesi.	17
Şekil 4.4. Dengensha marka akım ölçer.	17
Şekil 4.5. Elektrotların şematik gösterimi.	18
Şekil 4.6. Parametreleri belirlemek üzere elde edilmiş numuneler.	19
Şekil 4.7. Elektrot kuvveti ölçüm cihazı.	20
Şekil 4.8. Elektrik direnç nokta kaynak parametreleri.	20
Şekil 4.9. Deneylerde kullanılan 100 tonluk Instron çekme cihazı.	22
Şekil 4.10. Çekirdek boyut ölçümlerinde kullanılan optik mikroskop.	23
Şekil 4.11. Mikroyapı alınmasında kullanılan optik mikroskop.	24
Şekil 4.12. SEM ölçümünde kullanılan Zeiss EVO 50.	24
Şekil 4.13. Seri Mikrosertlik ölçümlerde kullanılan EmcoTest Cihazı.	25
Şekil 5.1. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak akım şiddetinin Çekme Makaslama kuvvetine etkisi.	28
Şekil 5.2. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak zamanının Çekme Makaslama kuvvetine etkisi.	29
Şekil 5.3. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak akım şiddetinin Çekme sıyırma kuvvetine etkisi.	30
Şekil 5.4. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak zamanının Çekme sıyırma kuvvetine etkisi.	31
Şekil 5.5. S700CR birleştirmelerinde Kaynak akım şiddetinin çekirdek çapına etkisi.	32
Şekil 5.6. S700CR birleştirmelerinde Kaynak zamanının çekirdek çapına etkisi.	32
Şekil 5.7. Kaynak akım şiddetinin S700CR çeliğindeki çekirdek yüksekliğine etkisi.	33

Şekil 5.8. Kaynak zamanının S700CR çeliğindeki çekirdek yüksekliğine etkisi.	33
Şekil 5.9. Kaynak akım şiddetinin S700CR çeliğindeki çekirdek boyut oranına etkisi.	34
Şekil 5.10. Kaynak zamanının S700CR çeliğindeki çekirdek boyut oranına etkisi. ...	35
Şekil 5.11. Kaynak zamanının S700CR birleştirmelerindeki dalma derinliğine etkisi.	36
Şekil 5.12. Kaynak akım şiddetinin S700CR birleştirmelerindeki dalma derinliğine etkisi.	36
Şekil 5.13. Kaynak akım şiddetinin S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma genişliğine etkisi.	37
Şekil 5.14. Kaynak zamanının S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma genişliğine etkisi.	38
Şekil 5.15. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak akım.....)	39
Şekil 5.16. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak zamanı	39
Şekil 5.17. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti	40
Şekil 5.18. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).	41
Şekil 5.19. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak akım.....)	42
Şekil 5.20. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak zamanı	42
Şekil 5.21. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak akım.....)	43
Şekil 5.22. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak zamanı	44
Şekil 5.23. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak akım.....)	45
Şekil 5.24. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak akım.....)	46

Şekil 5.25. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme- makaslama kuvvetine etkisi (kaynak zamanı	47
Şekil 5.26. S700CR birleştirmelerindeki ölçüm yönü.	48
Şekil 5.27. 10 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	49
Şekil 5.28. 15 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	49
Şekil 5.29. 20 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	49
Şekil 5.30. 25 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	50
Şekil 5.31. 30 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	50
Şekil 5.32. 6,33 kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	50
Şekil 5.33. 7,4 kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	51
Şekil 5.34. 8,3 kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	51
Şekil 5.35. 9,79kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.....	51
Şekil 5.36. S700CR kaynaklı birleştirmelerinde esas metalin 6000x büyütmedeki SEM görüntüsü.....	53
Şekil 5.37. S700CR kaynaklı birleştirmelerinin çizgisel EDS analiz doğrultusu.....	53
Şekil 5.38. S700CR kaynaklı birleştirmelerinin çizgisel EDS analiz grafiği.	54
Şekil 5.39. S700CR birleştirmelerinde 15 Periyot – 6,33 kA makroyapı görüntüsü... ..	55
Şekil 5.40. S700CR birleştirmelerinde 20 Periyot – 9,79 kA makroyapı görüntüsü... ..	55
Şekil 5.41. S700CR birleştirmelerinde 25 Periyot – 9,79 kA makroyapı görüntüsü... ..	55
Şekil 5.42. S700CR birleştirmelerinde 10 Periyot – 6,33 kA makroyapı görüntüsü... ..	56
Şekil 5.43. S700CR birleştirmelerinde 10 Periyot – 7, kA makroyapı görüntüsü.....	56
Şekil 6.1. S700CR birleştirmeleri için Weld Lobe	57

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. S700CR Çeliğinin kimyasal özellikleri	15
Tablo 4.2. S700CR Çeliğinin mekanik özellikleri	15
Tablo 4.3. Kullanılan elektotların kimyasal bileşimi ve özellikleri	18
Tablo 4.4. Oluşan hasar çeşidi örnekleri	22
Tablo 5.1. Kaynaklı birleştirmeler için hazırlanan numune sayıları	27
Tablo 5.2. Farklı büyütmelelerde farklı bölgelerden alınan mikroyapı görüntüleri	52
Tablo 5.3. S700CR çelik çiftinde fişkırmaların meydana geldiği numunelere ait makroyapı görüntüleri	56

TREYLER ŞASELERİNDE KULLANILAN S700MC ÇELİK SAÇLARININ ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞINDA MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

S700CR çeliği treyler ve kamyon şasilerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, şasilerde sıkça kullanılan S700CR çeliğinin kutu tipi araçların üst yapılarında da kullanılması için elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilmeleriyle elde edilen optimum mekanik özellikleri sağlayan kaynak parametrelerinin belirlenmesidir.

Elektrik direnç nokta kaynaklı birleştirmelerini üretmek amacı ile 120 kVA gücünde akım sağlayabilen ve elektrik akım kontrollü pnömatik sisteme sahip olan kaynak makinesi kullanılmıştır. Kaynak zamanı 10, 15, 20, 25 ve 30 periyot (1 periyot=0,02 sn) olarak belirlenmiştir. Kaynak akım şiddetleri ise 6330 A'den 13100 A'e kadar yaklaşık 500'er A arttırılmıştır. Çalışma esnasında elektrot baskı kuvveti 5 kN olacak şekilde sabitlenmiştir.

Üretilen numuneler, çekme-sıyırma ve çekme-makaslama testlerine tabi tutulmuşlardır. Çekirdek boyutları optik mikroskop yardımı ile tespit edilmiştir. Bütün bunlara ek olarak EDS analizi, mikroyapı görüntüleri ve SEM görüntüleri incelenmiş, mikro vickers sertlik ölçümleriyle deneyler tamamlanmıştır.

Yapılan çalışmanın sonunda kaynak akım şiddeti, kaynak zamanı ve kaynak çekirdeği geometrisinin çekme-sıyırma ve çekme – makaslama kuvvetlerine etkisi belirlenmiş olup, en iyi değerleri belirleyen kaynak akım şiddeti ve kaynak zamanına bağlı olarak kaynak eğrisi grafiğine ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: S700MC, Darbe Modu, Elektrik Direnç Nokta Kaynağı

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF S700MC STEEL SHEETS USED IN TRAILER CHASSIS IN ELECTRICAL RESISTANCE SPOT WELDING

SUMMARY

S700CR steel is frequently used in trailer and truck chassis. The aim of this study is to determine the welding parameters which provide the optimum mechanical properties obtained by combining S700CR steel, which is frequently used in the chassis, with electric resistance point source for use in the superstructure of box type vehicles.

A pneumatic, current controlled electrical resistance spot welding machine having 120 kVA capacities was used in order to prepare the joined specimens. The weld times were selected as 10, 15, 20, 25 and 30 periods (1 period=0,02 second). The weld currents were increased from 6330 Amperes to 13160 A by 500 A increments. The constant electrode compression force was determined as 4 kN.

The welded specimens were exposed to Tensile-Shear and Tensile-Peel tests. Weld nugget sizes were measured by stereo-microscope. In addition, the microstructure appearances were gained with optical microscope and SEM-EDS analysis, and the micro-hardness were measured.

In the light of these findings, proper weld cycles, weld current intensities and weld nugget geometry were determined at the end of tensile tests. The Weld Lobe showing the optimum weld time (cycle) vs. weld current intensity (kA) was drawn at the end of this study.

Keywords: S700MC Steels, Failure Mode, Electrical Resistance Spot Weld

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Artan çevre bilinci sayesinde ulaşım sektöründe ağırlık azaltma çalışmaları her geçen gün önemini arttırmış ve en önemli konulardan birisi haline gelmiştir. Araç ağırlıklarının azaltılması, karbon salınımının azaltmasının yanı sıra daha fazla yük ya da insan taşınmasına olanak sağlayarak taşımacılık yapan firmaların karlılığını da arttırmaktadır. Bu nedenle treyler ve araç üreticileri sürekli olarak araç hafifletme çalışmaları yapmaktadırlar. Bu çalışmalar esnasında en büyük yardımcılarını ise 'Advanced High Strength Steel' olarak adlandırılan ve standart çeliklere göre çok daha yüksek dayanımlar sağlayan yeni nesil yüksek mukavemetli çelikler olmuştur.

Otomobil endüstrisinde yeni nesil yüksek mukavemetli çelik sacların birbirlerine birleştirilmesinde basit bir teknik olması ve ekonomikliği sebebiyle en yaygın olarak kullanılan yöntem elektrik direnç nokta kaynağı yöntemidir. Ancak bu metod treyler sektöründe henüz kullanılmaya başlamamıştır. Treyler sektöründe de bu metodun kullanılması amacıyla, ekonomik, otomasyona uygun ve hızlı olan elektrik direnç nokta kaynağı bu çalışmamızın konusu olarak seçilmiştir.

Treyler ve otomobil endüstrisinde sıkça tercih edilen S700CR çelikleri, üstün çekme kuvveti dayanımı, çok iyi darbe ve yorulma direnci göstermesinin yanı sıra yüksek kaynak kabiliyetine de sahiptir. Bu nedenlerden dolayı treyler şaşilerinde oldukça fazla tercih edilmektedirler. Deneysel çalışmalarda 1000-1200 MPa aralığında yüksek çekme dayanımı gösteren Strenx tescilli ismiyle bilinen S700CR çelikleri birbirleriyle birleştirilmiştir. Bu çalışmadaki çelik saclar elektrik direnç nokta kaynağı ile birleştirilmiş olup, treyler üzerindeki üstyapıda oluşan darbelere karşı dayanımı arttırmak ve araç ağırlığını azaltmak amacıyla treyler endüstrisindeki üstyapıda kullanılmış ilk çalışma özelliğini taşımaktadır.

AHSS olarak bilinen geliştirilmiş yüksek mukavemetli çelikler içinde günümüzde şasilerde yaygın bir şekilde kullanılan S700CR çeliğinin treyler ve kamyon şasilerindeki kullanım alanında darbe ve yorulmaya karşı gösterdiği üstün davranış ile treyler ve üstyapısındaki kullanımı da gündeme gelmiştir. Bu konuda çeşitli firmaların Ar-Ge departmanlarında çalışmalar devam ediyor olsa da şu ana kadar S700CR çeliğinin üstyapıdaki kullanımıyla ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Literatürde S700CR çeliği ve elektrik nokta direnç kaynağı ile ilgili birçok konuda çalışma yapılmış olmakla beraber bazıları şunlardır:

Marashi et al. (2008), düşük karbonlu galvanizli çelik ile birlikte östenitik paslanmaz çeliği elektrik direnç nokta kaynak yöntemi ile birleştirip mikroyapı ve oluşan kaynak hatalarını incelemiştir..

Marya ve Gayden (2005), çalışmasında DP600 çelik türünün 1,2 ve 1,8mm kalınlığındaki iki farklı çelik sacını elektrik direnç nokta kaynaklı birleştirmelerinin geliştirilmesini incelemişler. Katılma esnasındaki çatlakların değişimin düşük ergimeden gerçekleştiğini bulmuşlardır.

Gül (2018), yüksek lisans tezinde 1mm kalınlığındaki 1200M çelik sacını CMT-Lehimleme ile birleştirmiş ve numuneleri beş farklı parametre türünde; lehim ilerleme hızı, gaz akış debisi, akım şiddeti, lehim aralığı, torç açısı olarak incelemiştir. Bulduğu sonuçlarda farklı lehimleme hızlarında lehimlenen bölgenin mikroyapı görüntülerinde yoğun dendritler olduğunu gözlemlemiştir. Bu yapıların oluşmandan yola çıkarak ise optimum akım şiddetinin 65A olduğunu tespit etmiştir.

Onar (2017), doktora tezinde şaşı üretimindeki bağlantılarında kullanılan farklı kalınlıklardaki trip çeliği ve mikroalaşımli çeliği elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirmiştir. Farklı akım şiddeti ve kaynak süreleriyle gerçekleştirdiği deneylerin sonucunda yüzeyin iyi olması istenen birleştirmelerde 10 periyotta geniş akım seçenekleri bulunurken periyot yükseldikçe akım şiddeti değerinin daraldığını gözlemlemiştir ve fişkıma, yüzey kirliliği gibi pürüzlülük istenmeyen yerlerdeki parametrelerde yüksek

periyot kullanılmaması gerektiğini tespit etmiştir ve Aslanlar ile olan diğer çalışmalarında da benzer sonuçlara ulaşmıştır (Aslanlar, 1999,2006,2007).

Bu çalışmanın örneği literatürde yer almamakta olup S700CR çeliğinin treyler sektöründe şaşı dışında, treyler ve kamyon üstyapısında kullanılması için yapılan tek çalışmadır. En yakın örnekleri diğer şaşı ve üstyapıda kullanılan çeliklerin yukarıda belirtilen kendi aralarında birleştirilmesiyle yapılmıştır.



BÖLÜM 2. TREYLER, TREYLER SEKTÖRÜNDE KULLANILAN ÇELİKLER VE S700CR

Kamyon ya da çekici motorlu bir taşıta sahip olduğu çeki oku ya da döner tabla gibi mekanik bir bağlantı elemanı ile bağlanan, tek başlarına hareket etmelerini sağlayacak bir tahrik sistemi bulunmayan ve en az bir dingile sahip olan, genellikle yük taşıma amacıyla kullanılan motorsuz taşıtlar treyler adını almaktadırlar. Bir kısmı motorlu taşıt veya araç üzerine oturan, taşıdığı yükün ve kendi ağırlığının bir kısmının motorlu araç tarafından taşınmasını sağlayan treylerler ise yarı treyler adını almaktadır (Ding et al, 2011; Fonstein, 2015; Kekik, 2018; Mohrbacher, 2015).

Ülkemizde özellikle 2000’li yılların başlarında başlayan sıkı ağırlık denetimleri sonucunda, tek başına kamyon kullanımı ciddi bir oranda düşerek, kamyon + treyler ve özellikle de çekici + yarı treyler kullanımına yönelim başlamıştır. Bu talebin sonucu olarak da treyler ve yarı treyler üzerine ciddi Ar-Ge çalışmaları başlatılmıştır. Bu Ar-Ge çalışmalarının başlıca konusu ise ağırlık azaltma çalışmaları olmuştur. Türkiye’de kullanılan 13.700 mm uzunluğundaki tenteli bir yarı treylerin şasisi 2000 ila 2500 kg arasında çelikten oluşmaktadır. Bu malzemenin üst yapıda da kullanılması ile birlikte 2000 kg’lık ekstra çelik kullanımının daha ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Bu da kutu tipi bir treylerde çelik kullanımının 4500 kg’ı bulması anlamına gelmektedir.

Treyler üreticilerinin son zamanlarda kullandıkları malzemeler incelendiğinde eskiye oranla daha kalın saclar yerine daha ince çelik sacları tercih ettiği görülmektedir. Daha ince çelik kullanımının darbe ve yorulma davranışını etkilediği ilk bakışta düşünülse de treyler sektöründe yapılan Ar-Ge çalışmalarında durumun bu şekilde olmadığı görülmüştür. Yeni nesil çelik kullanımıyla treylerlerin daha fazla yük taşıma kapasitesi kazanması sağlanmıştır. S700cr çeliğinin şaşı dışında kullanılmamasının istenmesinin sebeplerinden birisi de dünyadaki yeni nesil çelik üretimi ve kullanım kapasitesi ile beraber AHSS çeliklerinin maliyetlerinin eskiye oranla düşmesidir.

2.1. Treyler Türleri

Treylerler kullanım alanları ve yapıları itibari ile 9 ana grubu ayrılmaktadır. Her bir treyler türü taşıyacakları yüke göre özel olarak geliştirilmektedir.

2.1.1. Tenteli – Perdeli Treyler

Sahip oldukları branda sayesinde, taşıdıkları yükü dış ortamdan koruyan treyler türüdür. Bu tür treylerlerin opsiyonel olarak yan panelleri ya da tavanları açılabilir. Bu sayede çok daha hızlı yüklü boşaltma operasyonu yapabilirler. Ayrıca üst yapılarında rijit bir panel olmadığı için diğer treylerlere göre ağırlık avantajları vardır. Türkiye’de en çok tercih edilen treyler türüdür.



Şekil 2.1. Tenteli Yarı Treyler

2.1.2. Damper Treyler

Sahip oldukları elektrikli, pnömomatik ya da hidrolik kaldırma üniteleri sayesinde yükün kolay boşaltılmasını sağlarlar. Genellikle kum, çakıl, harfiyat atığı gibi dökme yüklerin taşınmasında kullanılırlar. Alüminyum ya da çelik üst yapı ile üretilmektedirler.



Şekil 2.2. Damper Yarı Treyler

2.1.3. Platform Treyler

Türkiye’de platform ya da açık kasa olarak adlandırılan bu treyler türünde yan taraflar ve arka tarafta kısa kapaklar bulunur. Genellikle ağır ve dış ortamdan etkilenmeyen fayans, mermer, odun gibi malzemelerin taşınmasında tercih edilirler.



Şekil 2.3. Platform Yarı Treyler

2.1.4. Tanker Yarı Treyler

Genellikle gıda ya da kimyasal maddelerin taşınmasında kullanılan bu yarı treyler türünde çelik, alüminyum ya da paslanmaz çelik üst yapılar kullanılmaktadır. Sahip oldukları yükleme ve boşaltma donanımları sayesinde hızlı bir şekilde taşıdıkları sıvıyı yükleyip boşaltabilmektedirler.



Şekil 2.4. Tanker Yarı Treyler

2.1.5. Silo Yarı Treyler

Toz ya da granül haldeki malzemelerin taşınmasında silo tipi yarı treylerler kullanılmaktadır. Gövdeleri basınçlı kap yönetmeliğine uygun olarak üretilen silolara, boşaltım esnasında hava verilerek yükün boşaltılması sağlanır. Toz haldeki soda ve çimento ülkemizde yaygın bir biçimde silolar ile taşınmaktadır. Avrupa'da un ya da kakao gibi toz haldeki gıda maddelerinin taşınmasında da kullanılmaktadır.



Şekil 2.5. Silo Yarı Treyler

2.1.6. Low Bed Yarı Treyler

Ebat ya da ağırlıkları nedeniyle standart yarı treylerler ile taşınamayan malzemelerin taşınması için özel olarak üretilen yarı treylerler low bed yarı treyler adını almaktadır. Uçaklar, trafolar, iş makineleri, rüzgar tribünleri bu tür araçlarla en çok taşınan yük çeşitlerindedir. Dingil sayıları taşıdıkları yüke bağlı olarak yüzden fazlaya kadar çıkabilmektedir.



Şekil 2.6. Lowbed Yarı Treyler

2.1.7. Konteynır Taşıyıcı

Swapbody ya da konteynırların taşınmasında kullanılırlar. Sahip oldukları özel kilitleme düzeneği sayesinde konteynır ya da swapbody'nin hızlı şekilde yarı treylere monte edilmesini sağlarlar. Özellikle gelişen swapbody taşımacılık sistemi nedeniyle gelecekte çok daha yoğun bir şekilde kullanılacaklardır.



Şekil 2.7. Konteynır Taşıyıcı Yarı Treyler

2.1.8. Frigorifik Yarı Treyler

Sahip oldukları rijit ve izolasyonlu üst yapı sayesinde taşıdıkları yükleri, dış ortamdaki sıcaklık, toz, yağmur gibi etmenlerden koruyan yarı treyler çeşididir. Takılacak ekstra bir soğutucu ya da ısıtıcı mekanizma ile taşınan yükün istenilen sıcaklıkta taşınmasını sağlayabilirler. Genellikle gıda ve kimyasal malzemelerin taşınmasında kullanılırlar.



Şekil 2.8. Frigorifik Yarı Treyler

2.1.9. Kutu Yarı Treyler

Sahip oldukları rijit üst yapı sayesinde taşıdıkları yükleri dış ortamın toz, yağmur gibi zararlı etmenlerinden koruyan yarı treyler çeşididir. Eklenecek elektronik kilit ya da alarm gibi güvenlik önlemleri ile hırsızlığa karşı da yüksek koruma sağlamaktadırlar. Çoğunlukla tekstil, sigara, cep telefonu gibi değerli eşyaların taşınmasında kullanılırlar.



Şekil 2.9. Kutu Yarı Treyler

2.2. Treyler Endüstrisinde Kullanılan Çelik Türleri

Treyler sektöründe kullanılan çelikler genel olarak sahip oldukları mukavemete göre sınıflandırılırlar. Bu sınıflandırmaya göre treylerlerde kullanılan çelikler aşağıdaki gibidir;

- S235JR
- S275JR
- S355JR
- HB450
- S460MC
- S700CR

2.2.1. S235JR Çeliği

235 MPa akma dayanımına sahip olan bu çelik, adi karbonlu çelik sınıfındadırlar. Treyler üzerinde genellikle yük taşımayan lamba braketi ya da kapama sacı gibi parçalar düşük fiyatı ile öne çıkan bu çelikten üretilmektedir.

2.2.2. S275JR Çeliği

275 MPa akma dayanımına sahip olan bu çelik, adi karbonlu çelik sınıfındadır. S235JR'ye göre daha yüksek dayanım sağlayan bu çelik, dolap braketleri, rampa taşıyıcılar gibi yük taşıyan ve yüksek titreşime maruz kalan parçaların üretiminde kullanılmaktadır.

2.2.3. S355JR Çeliği

355 MPa akma dayanımına sahip olan bu çelik, adi karbonlu çelik sınıfındadır. Sahip olduğu yüksek mukavemet nedeniyle aracın king pin ve şasi gibi direk olarak yüke maruz kalan parçalarının üretiminde kullanılmaktadır.

2.2.4. HB450

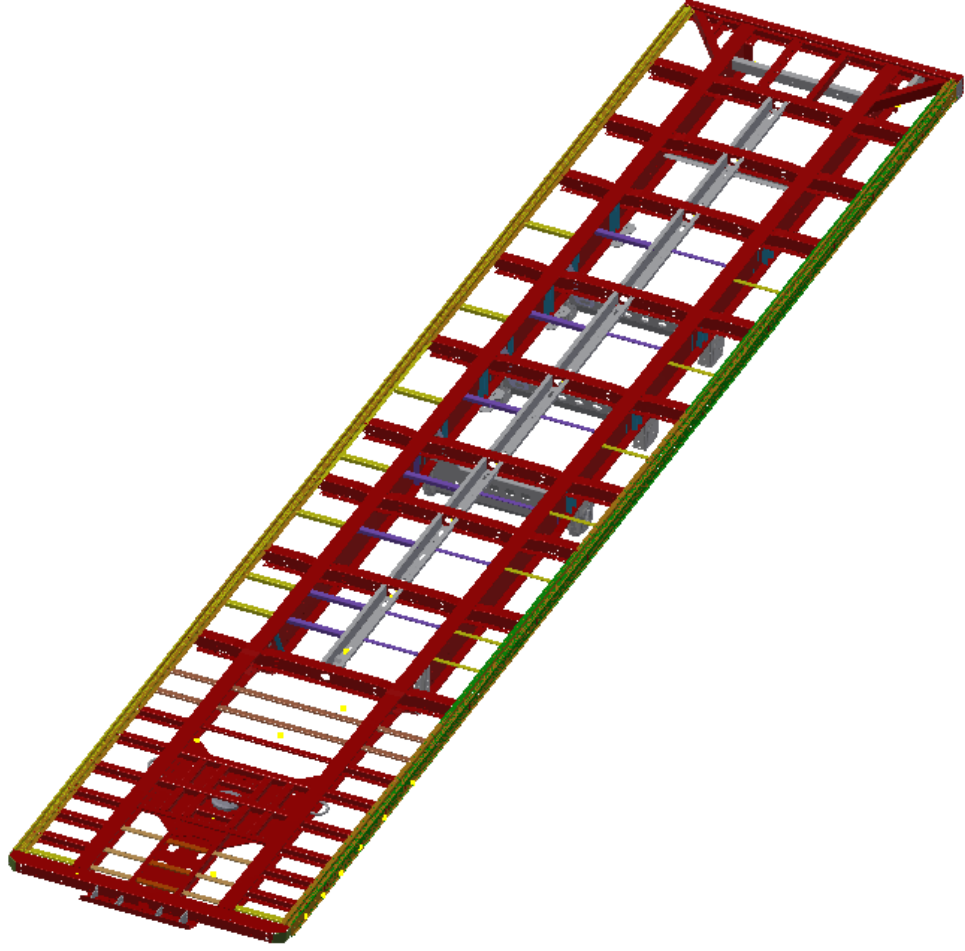
Damper üst yapısının içi gibi çok fazla sürtünmeye maruz kalan bölgelerde tercih edilen bu çelik, aşınma çelikleri olarak isimlendirilen grubun üyesidir. 1250 MPa akma dayanımına kadar çıkabilen bu çelik yüksek darbe tokluğuna sahiptir.

2.2.5. S460MC

Yapısal çelik olarak nitelendirilen bu çelik, 460 MPa akma dayanımına sahiptir. Üstün kesme ve şekillendirme kabiliyeti sunan bu çelik, treyler şasilerinde sıkça tercih edilmektedir.

2.2.6. S700CR

Yapısal çelik olarak nitelendirilen bu çelik, 700 MPa akma dayanımına sahiptir. Yapısında %0.16 oranında C, %0.40 Si ve %1.80 oranında Mn bulduran bu çelik yüksek çekme ve akma dayanımı ile darbe tokluğu sebebi ile treyler şasilerinde sıkça kullanılmaya başlamıştır.



Şekil 2.10. Treyler şasisinde S700 Kullanımı

Şekil 2.10.'da kırmızı ile renklendirilmiş alanlar örnek bir şasi üzerinde S700CR çeliğinin kullanım alanını göstermektedir.

BÖLÜM 3. ELEKTRİK DİRENÇ NOKTA KAYNAĞI

Elektrik direnç nokta kaynak (EDNK) yöntemi otomasyona ve seri üretime uygun, hızlı bir birleştirme yöntemidir. Bu sebeple otomobil sektöründe en fazla kullanılan metod olmuştur. Bir araba üretiminde 3000'den fazla nokta direnç kaynağı yapılmaktadır. Bu metotta diğer birleştirme tekniklerinin aksine ilave malzeme gerekmemektedir.

EDNK'nın ilk adımı iki farklı sac levhanın iki elektrot arasında sıkıştırılmasıdır. Basınç uygulanan levhalardan yüksek amperli, düşük voltajlı elektrik enerjisi geçirilerek ısı oluşturulur. Burada en kritik nokta iki levhanın temas ettiği ara yüzeyde oluşan temas direncidir. Bu temas yüzeyinde oluşan ısı ve yüksek basınç malzeme sayesinde iki levha arasında ergime başlar. Belirlenen sürenin ardından elektrik enerjisi kesilir ve elektrotlar bir süre daha levhalara basınç uygular. Bu süreçte elektrotlar su ile soğutulur ve ergimiş bölgede hızlı bir şekilde kaynak çekirdeği oluşması sağlanır ve kaynak süreci tamamlanır. Bu işlem çoğunlukla bir saniyeden daha az sürede gerçekleşir. Kaynak zamanı, kullanılan elektrotun tipi, kaynak akımı, elektrotların oluşturduğu basınç gibi değişkenler EDNK'nın en kritik parametreleridir. Birleştirilecek olan metallerin kalınlığı ve türlerine bağlı olarak bu parametreler ayarlanmalıdır (Ertaç, 2004; Onar, 2017).

Kaynak işleminin gerçekleşmesi için, üretilen ısının birim zamanda iletilen ısıdan daha büyük olması yani ısının kaynak noktasında yığılması gerekmektedir. Büyük soğuma hızları, yüksek ısı iletim kabiliyetine bağlı olup, malzemelerde, sertleşmeye ve böylece çatlak eğilimine neden olur. Su ile soğutulan elektrotlardaki yüksek ısı iletim kabiliyeti istenen bir özelliktir ve elektrot ile malzeme arasındaki temas sıcaklığını düşük tutar. Böylece elektrot ve malzeme arasındaki alaşımlaşma en düşük seviyede tutulur (Gül, 2017; Onar ve Aslanlar, 2017).

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Genel

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe kullanılan S700CR çelik sacları birbirleri ile eşlenip elektrik direnç nokta kaynağı yöntemiyle birleştirme işlemi uygulanmıştır. Uygulanan birleştirme işleminde tutma, sıkma süreleri ve elektrot kuvveti sabit ayarlanıp kaynak zamanı ve kaynak akım şiddeti değişken parametreler olarak belirlenmiştir. Kullanılan her parametre için makro ve mikroyapı analizi, mikro-sertlik değeri tespiti ve mekanik özelliklerini analiz etmek üzere de çekme – makaslama, çekme – sıyırma testleri uygulanmıştır.

4.2. Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler

Otomotiv sektöründe genellikle şaşı ve şaşı bağlantıları gibi yoğun yük altında çalışan parçaların üretiminde kullanılan 1,5mm kalınlığında S700CR çelik sacı kullanılmıştır. Kullanılan çelik sacının kimyasal ve mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 6.1. ve Tablo 6.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. S700CR Çeliğinin kimyasal özellikleri

C	Si	Mn	P	S
0,16	0,4	1,8	0,02	0,01

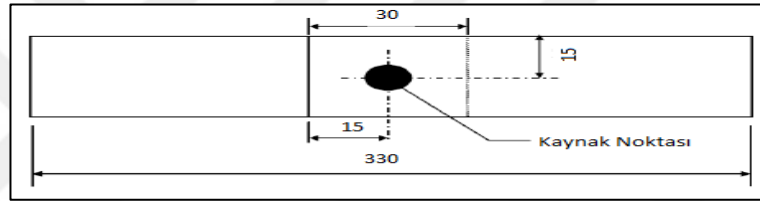
Tablo 4.2. S700CR Çeliğinin mekanik özellikleri

Akma Mukavemeti [N/mm ²]	Çekme Mukavemeti [N/mm ²]	Uzama [%]
700	1100	7

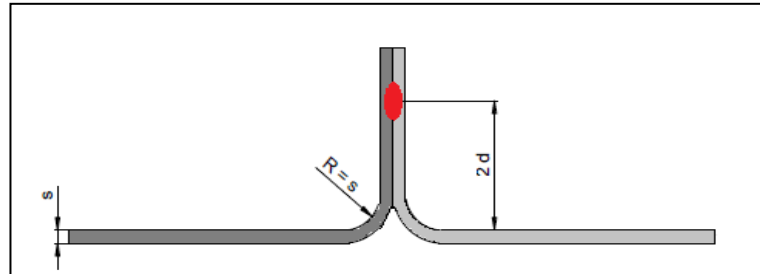
4.3. Kullanılan Malzemelerin Boyutları ve Deney Hazırlık Süreci

Kaynaklı birleştirmeler için seçilmiş olan saclar giyotin makas ile istenilen boyutlarda (100x30mm) kesildikten sonra % 99,5 saflıktaki aseton banyosunda yıkanarak yüzeyde bulunan yağ, kir, pas gibi yabancı maddeler temiz bir bezle silinerek kurulanmış ve arındırılmıştır.

Çekme - Makaslama deneyinde kullanılacak numuneler EN ISO 14270 standartlarında hazırlanmış ve boyutları Şekil 4.1’ de verilmiştir. Çekme - Sıyırma deneyinde kullanılacak numuneler EN ISO 14273 standartına göre hazırlanmış ve deney numunelerinin boyutları Şekil 4.2.’ de verilmiştir.



Şekil 4.1. Çekme – makaslama deney numunesi.



Şekil 4.2. Çekme – sıyırma deney numunesi.

4.4. Birleştirmelerde Kullanılan Elektrik Direnç Nokta Kaynak Cihazı

Yapılan birleştirmelerin hepsinde 120 kVA akım değerine sahip ve kaynak zamanı kontrol edilebilen, pnömatik sisteme sahip elektrik direnç nokta kaynak makinesi kullanılmıştır. Kullanılan bu makinenin parametre ayarları üzerindeki elektrik donanımdan ayarlanabilmektedir. Kullanılan elektrik direnç nokta kaynağı makinesi Şekil 4.3.’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Elektrik direnç nokta kaynağı makinesi.

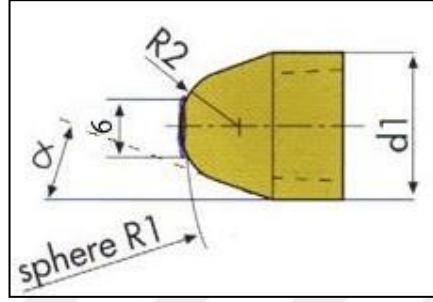
Birleştirmelerde kullanılan akım değerleri makinenin alt ve üst çenelerine bağlanan akım ölçer aracılığı ile ölçülmüştür. Kullanılan akım ölçme cihazı Şekil 4.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Dengensha marka akım ölçer.

4.5. Kullanılan Elektrik Direnç Nokta Kaynak Elektrotları

Deneilerin hepsinde aynı tip konik uçlu küresel sıkı geçmeli direnç nokta kaynak elektrotları kullanılmıştır. Sıkı geçme olan elektrotlar su soğutması sayesinde sürekli olarak soğutulmuştur. Elektrot temas yüzey çapı 6 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 4.5.'de elektrotlar şematik olarak verilmiştir. Deneilerde kullanılan elektrotlar Cu-Cr-Zr alaşımı olmakla beraber Tablo 4.3.'de kimyasal bileşimi gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Elektrotların şematik gösterimi.

Tablo 4.3. Kullanılan elektrotların kimyasal bileşimi ve özellikleri.

Alaşım	Kimyasal Bileşim (%)	Isıl İletkenlik (J/Cms °K)	Çekme Dayanımı (MPa)	Elektrik İletkenliği (m/Ωmm ²)
CuCrZr (RWMA/DIN 44759 Sınıf 2)	Cr>4 Zr >0,03 Cu 95,97	320	590	48

4.6. Deney Parametrelerinin Belirlenmesi

Önceden hazırlanmış sac çiftlerini üst üste bindirmekle beraber kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.6.'da yapılan ön deneylerinden bazılarına ait örnek numuneler gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Parametreleri belirlemek üzere elde edilmiş numuneler.

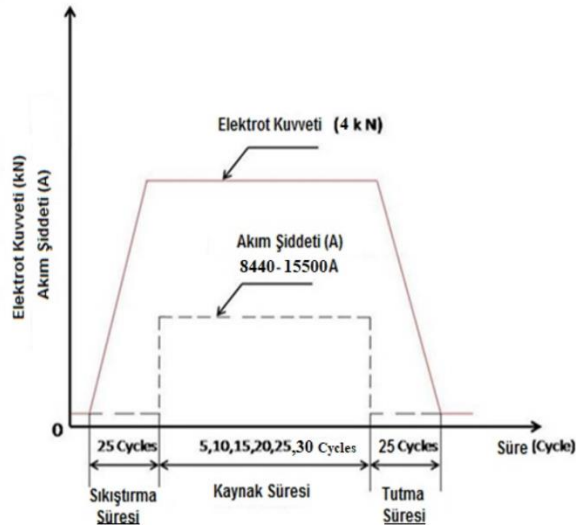
4.7. Elde Edilen Parametrelerle DeneYlerin Yapılması

Deney numuneleri Şekil 4.1. ve 4.2.'de örnek olarak gösterilen boyutlarda hazırlandıktan sonra gerekli yüzey temizlikleri yapılarak elektrik direnç nokta kaynak yöntemi ile birleştirilmeler yapılmıştır. Deney numunelerinin hepsinde 4 kN olarak belirlenen elektrot kuvveti sabit bırakılmış ve birleştirmeler esnasında sürekli olarak Şekil 4.7'de gösterilen cihaz ile kontrol edilmiştir. Kaynak süreleri ön deneyler sonucunda 10,15,20,25, ve 30 periyot (1 periyot kaynak süresi =0,02 sn) belirlenmiş ve seçilen her kaynak akımı için (6330A - 13160A aralığında) değiştirilerek kaynak işlemi tamamlanmıştır. Bu değerler makine ayarlanırken gösterilen ekipmanlar ile birlikte yapıldıktan sonra o değerin karşılığı ölçümlerle tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Elektrot kuvveti ölçüm cihazı.

Bunlarla birlikte olarak sıkıştırma zamanı ve tutma zamanı 25 periyot olarak sabit bırakılmıştır. Kullanılan kaynak parametreleri Şekil 4.8.'de şematik olarak gösterilmektedir. Tüm kaynaklı birleştirmelerde elde edilen numuneler EN ISO 14373 standartına uygundur.



Şekil 4.8. Elektrik direnç nokta kaynak parametreleri.

Çekme deneylerinde kullanılan numuneler haricinde mikrosertlik, mikroyapı ve SEM (taramalı elektron mikroskobu) analizleri için aynı kaynak parametrelerinde yapılacak teste göre farklı boyutlarda deney numuneleri kullanılmıştır.

Her deney parametresi için beş adet elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirilmiş numuneler elde edilmiştir. Elde edilen bu numunelerden iki tanesi çekme-makaslama, iki tanesi çekme – sıyırma testleri uygulanmıştır. Ek olarak beşinci numune ise sertlik ölçümleri (mikro vickers), makroyapı (çekirdek boyutunun belirlenmesi), mikroyapı ve SEM görüntüleri için kullanılmıştır.

4.8. Çekme-Makaslama ve Çekme-Sıyırma Deneyleri

Her deney parametresinde Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'ye göre üçer tane elde edilen numuneler ERMETAL Giriş Kalite Laboratuvarında bulunan Şekil 4.4.'de gösterilen Instron marka 100 ton kapasiteye sahip çekme deney cihazında çekme testi uygulanmıştır. Çekme testi sırasında çekme hızı 10 mm/dk olarak belirlenmiştir. Çekme parametreleri kontrol panelindeki kuvvet-zaman grafiklerinden alınmış ve çekme esnasında maksimum kuvvet elde edilmiştir. Çekme-sıyırma testi sonrasında istenmeyen ayrılma tipi kopma gerçekleştiği için çekme-makaslama deneyinde o parametre değerlendirmeye alınmamıştır.

Yapılan çekme deneylerinde iki tip hasar çeşidine rastlanmıştır. Bunlar;

- Yırtılma
- Düşmelenme

şeklinde olmuştur.

Oluşan hasar çeşitleri Tablo 6.6.'da gösterilip detaylı şekilde incelenmiştir.

Tablo 4.4. Oluşan hasar çeşidi örnekleri.

Çekme Deneyleri sonucunda oluşan hasar tipleri	
Düğmelenme	
Yırtılma	



Şekil 4.9. Deneylerde kullanılan 100 tonluk Instron çekme cihazı.

4.9. Çekirdek Boyut Ölçümleri Ve Makroyapı Görüntülerinin Çekilmesi

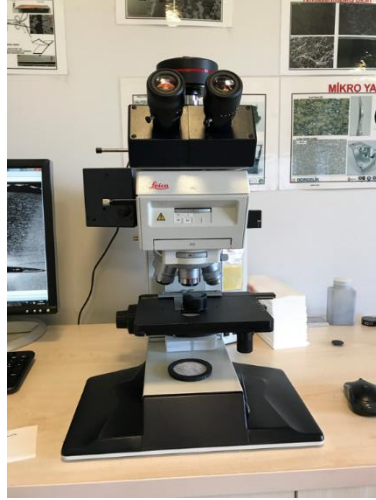
Oluşturulan kaynaklı birleştirmelerin hepsinde farklı parametreler kullanılmıştır. Bu parametrelerden en önemlileri kaynak zamanı ve kaynak akım şiddetidir. Bu yüzden kaynak akım şiddetinin ve kaynak zamanının birleştirmelerde oluşan çekirdeğin boyutu üzerindeki etkisini incelemek için, bakalite alınıp metalografik süreçler sonrasında elde edilmiş numunelerin makro boyutta resimleri çekilip gözlemlenerek çekirdek boyutları ölçülmüştür. Makro ölçüm işlemi BORÇELİK Ar-Ge merkezinde Şekil 4.10.'de verilmiş olan Nikon SMZ 745T marka optik mikroskopla bulunan EN ISO 14329 standartına göre gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.10. Çekirdek boyut ölçümlerinde kullanılan optik mikroskop.

4.10. Optik Mikroskop Görüntülerinin Çekilmesi

Kaynaklı birleştirmelerin her birinden alınan deney numuneleri, kaynak çekirdeğinin tam ortasından kesilmiş ve bakalite alınmıştır. Bakalite alınan her numune metalografik inceleme işlemi için sulu şekilde seramik zımpara ile zımparalanmış ve 1 mikrona kadar özel keçe ile parlatma işlemlerinden geçirilmiştir. Daha sonra bu numuneler %2'lik nital çözeltisi ile dağlanarak mikroyapı incelemesine geçilmiştir. Bu işlemde ana metal, çekirdek ve ısı tesiri altındaki bölge'nin (ITAB-HAZ) optik mikroskop ile mikroyapı görüntüleri alınmış ve kaynak sonrasında birleşmede oluşan mikroyapı değişimleri incelenmiştir. Mikroyapı incelemesi için BORÇELİK Ar-Ge merkezinde bulunan Şekil 4.11.'de gösterilen Leica HC marka optik mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 4.11. Mikroyapı alınmasında kullanılan optik mikroskop.

4.11. Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile Yapılan Çalışmalar

Mikroyapı görüntülerinde alınan her numune için SEM incelemesi gerçekleştirilmiştir. SEM incelemesi için BORÇELİK Ar-Ge merkezinde bulunan Şekil 4.12.'deki Zeiss Evo 50 marka Taramalı Elektron Mikroskop ve Bruker marka EDS Analiz cihazı kullanılmıştır.



Şekil 4.12. SEM ölçümünde kullanılan Zeiss EVO 50.

4.12. Sertlik Değeri Ölçümleri

Kaynak akım şiddetinin ve kaynak zamanının sertlik üzerindeki etkisini incelemek üzere elde edilmiş olan her numunenin sertlik değerleri BORÇELİK Ar-Ge merkezindeki EmcoTest DuraScan marka seri mikro sertlik ölçme cihazıyla ölçülmüştür. Mikro sertlik ölçümleri HV 0,2 ile 200gr yük uygulanarak, 10sn süre zarfında konik uçlu batıcı ucun numune üzerine batmasıyla ölçülmüş olup değerler Vickers cinsinden bulunmuştur. Kaynak bölgesinde iki farklı malzeme bulunduğu için çekirdek bölgesinin sol üst kısmından başlamak üzere sağ alt kısmına doğru çapraz bir yol izlenerek 0,4 mikron aralıklarla alınmıştır. Ölçümlerin hepsinde EN ISO 14271 standartına uygun Şekil 4.13.'de gösterilen EmcoTest DuraScan marka cihaz ile laboratuvar ortamında yapılmıştır.



Şekil 4.13. Seri Mikrosertlik ölçümlerde kullanılan EmcoTest Cihazı.

BÖLÜM 5. DENEYSEL SONUÇLAR

5.1. Genel

Bu çalışmada otomotiv endüstrisinde karoser üzerinde birçok yerde kullanılan 1,5mm kalınlığında S700CR çelik saclar kendi arasında elektrik direnç nokta kaynağı ile kaynaklanmışlardır. Kaynak zamanı ve kaynak akım şiddeti değişken parametreler olarak belirlenip bunlara bağlı olarak da oluşan çekirdek geometrisin mikroyapı ve mekanik özelliklerine olan etkileri gözlemlenmiştir. Bütün deneyler laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir.

5.2. S700CR Saclarının Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Çekme-Sıyırma ve Çekme-Makaslama Dayanımına Etkisi

Bu çalışmadaki değişken kaynak parametreleri olan kaynak zamanı ve kaynak akım şiddetinin birleştirmelerdeki çekme dayanımına etkisini incelemek amacıyla numuneler EN ISO 14270 standartına uygun olarak çekme-sıyırma ve EN ISO 14273 standartına uygun şekilde çekme-makaslama testleri uygulanmıştır. Her kaynak parametresi için iki adet kaynaklı birleştirilmiş numune hazırlanmış ve iki testin ortalaması alınarak kaynaklı bağlantının çekme-sıyırma ve çekme-makaslama testlerinde maksimum çektiği kuvvet değerleri tespit edilmiştir.

Kaynaklı bağlantıların hepsinde çekme – sıyırma ve çekme – makaslama kuvvetlerini tespit etmek için 10,15,20,25, ve 30 periyot kaynak sürelerinde 6330 A, 7400 A, 8300 A, 9790 A, 12000 A ve 13160 A kaynak akım şiddetlerinde kaynaklı birleştirmeler elde edilmiştir. Kaynaklı birleştirmeler için parametreler ve numune adetleri Tablo 5.1.'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Kaynaklı birleştirmeler için hazırlanan numune sayıları.

ÇEKME-SIYIRMA VE ÇEKME MAKASLAMA DENEYLERİ İÇİN HAZIRLANAN TOPLAM NUMUNE SAYILARI					
AKIM ŞİDDETİ(A)	KAYNAK SÜRESİ(Cycles)				
	10 Periyot	15 Periyot	20 Periyot	25 Periyot	30 Periyot
6330	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet
7400	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet
8300	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet
9790	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet
12000	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet
13160	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet	4 Adet
Toplam Numune:	24 Adet	24 Adet	24 Adet	24 Adet	24 Adet

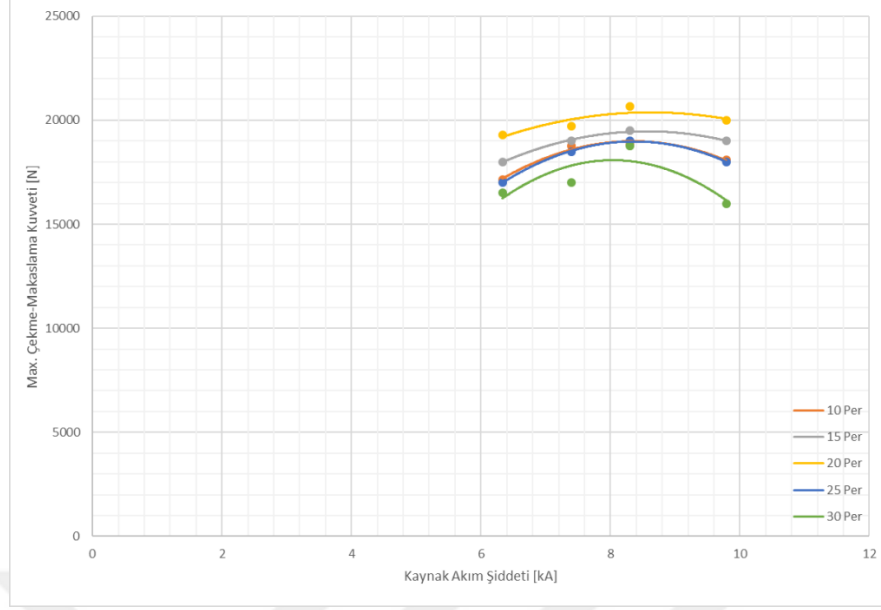
5.2.1. Kaynak akım şiddetinin S700CR kaynaklı birleştirmelerinde çekme-makaslama kuvvetine etkisi

Şekil 5.1.'de S700CR saclarından oluşan bağlantılardaki kaynak akım şiddetinin etkisiyle ortaya çıkmış kuvvet değerleri gösterilmiştir. Çekme-makaslama kuvvetinin en yüksek değeri 20 Periyot kaynak zamanı ve 8300 A akım şiddetinde elde edilmiştir.

Kaynak zamanı 10 Periyot belirlenmiş deneyde en yüksek çekme-makaslama kuvvetine sahip kaynaklı birleşim 8300 A'de 17100N ve kaynaklı birleştirmelerin dayanım olarak kabul edilir kaynak akım şiddeti aralığı ise 7400-9800A'dir.

Kaynak zamanı 15 Periyot deneylerde en yüksek çekme-makaslama kuvvetine sahip kaynaklı birleşim 9790 A'de 17100N ve kaynaklı birleştirmelerin dayanım olarak kabul edilir kaynak akım şiddeti aralığı ise 7400-12000A'dir.

Kaynak zamanı 20 Periyot deneylerde en yüksek çekme-makaslama kuvvetine sahip kaynaklı birleşim 8300 A'de 17700N ve kaynaklı birleştirmelerin dayanım olarak kabul edilir kaynak akım şiddeti aralığı ise 6300-12000A'dir.



Şekil 5.1. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak akım şiddetinin Çekme Makaslama kuvvetine etkisi.

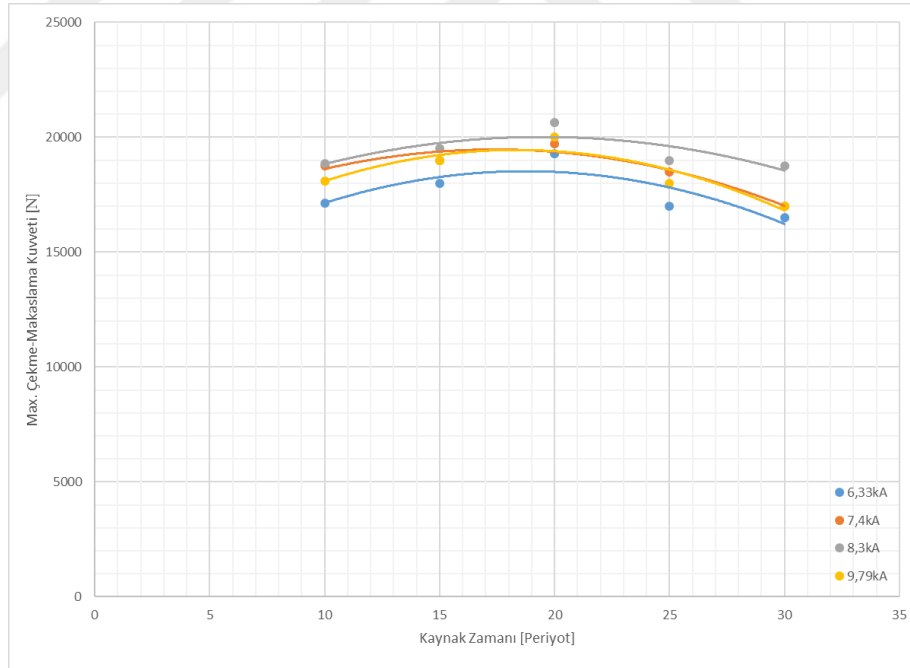
Kaynak zamanı 25 Periyot deneylerde en yüksek çekme-makaslama kuvvetine sahip kaynaklı birleşim 7400 A'de 16650N ve kaynaklı birleştirmelerin dayanım olarak kabul edilir kaynak akım şiddeti aralığı ise 7400-9790A'dir.

Kaynak zamanı 30 Periyot deneylerde en yüksek çekme-makaslama kuvvetine sahip kaynaklı birleşim 8300 A'de 17700N ve kaynaklı birleştirmelerin dayanım olarak kabul edilir kaynak akım şiddeti aralığı ise 7400-9790A'dir.

Dayanım değerlerine ulaşıldıktan sonra numuneler incelendiğinde yüksek ısı girdisinin uzun kaynak periyotlarında (zamanlarında) elektrot dalma derinliğinin S700CR çelik çiftindeki diğer numunesine kadar ulaştığı tespit edilmiş ve bunun etkisi olarak da çelik çiftinin birbirlerine temas eden yüzeylerinden fişkırmalarda artma gözlemlenmiştir. Bu sebeple de çekme-makaslama kuvvetinde düşüş meydana geldiği tespit edilmiştir. Yükselen ergime ile kesitte de daralma gözlemlenmiştir, elektrotun temas yüzeyine yapışma durumu ve hatta delmesi ile elektrot-sac temas yüzeyinde değişik renklerin de oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir.

5.2.2. Kaynak zamanının S700CR kaynaklı birleştirmelerin çekme-makaslama dayanımına etkisi

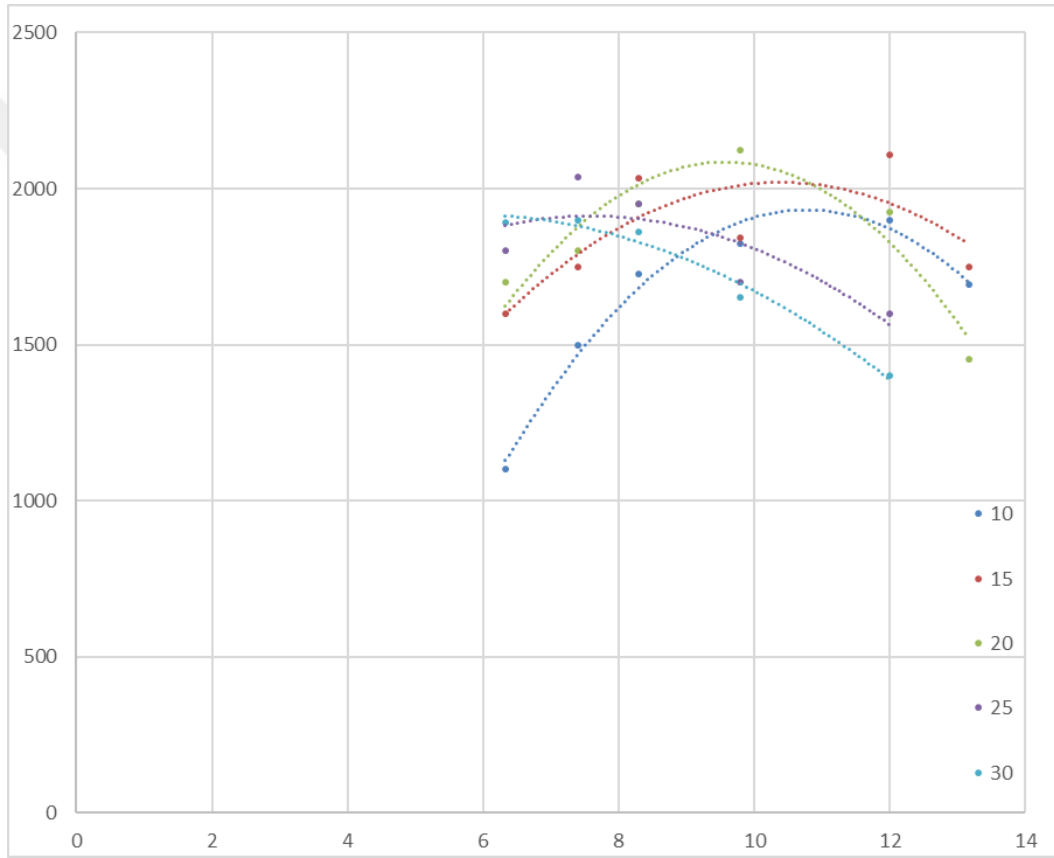
S700CR çelik çiftinin kaynaklı birleştirmesinde Şekil 5.2.'de gösterildiği gibi kaynak periyodundaki artışla birlikte kaynaklı birleştirmenin çekme-makaslama kuvvetinde yükselme tespit edilmiştir. Artan ısı girdisi beraber uzun kaynak zamanlarında belirli bir noktaya kadar artan çekme makaslama dayanımının dalma derinliğinin artması nedeniyle azaldığı belirlenmiştir. Bu sebeple de artan kaynak periyotlarında kabul edilebilir kaynak değer aralığının daha dar bir olarak belirlendiği saptanmıştır. Elektrik direnç nokta kaynaklı birleştirmede maksimum kuvvet ve kabul edilebilir değer aralıkları sırasıyla şöyle gerçekleşmiştir: 10 Periyot için maksimum 17100N, 7400-12000A'dir. 15 Periyot için maksimum 17100N, 7400-13160A'dir. 20 Periyot için maksimum 17700N, 6330-12000A'dir. 25 Periyot için maksimum 16650N, 6330-12000A'dir. 30 Periyot için maksimum 17700N, 6330-9790A'dir.



Şekil 5.2. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak zamanının Çekme Makaslama kuvvetine etkisi.

5.2.3. Kaynak akım şiddetinin S700CR bağlantılarında çekme-sıyırma dayanımına etkisi

Kaynak akım şiddetindeki yükselme birlikte çekme-sıyırma dayanımındaki artış Şekil 5.3.'de gösterilmiştir. Yüksek akım şiddetlerindeki çelik çiftinin birbirlerine temas eden yüzeylerinde meydana gelen fişkırmaya ile beraber elektrot dalma derinliğinin fazla olduğu numuneler neredeyse az miktarda birleşme sağlamış düşük akım şiddetindeki numuneler kadar az çekme-sıyırma dayanımı gösterdiği tespit edilmiştir.

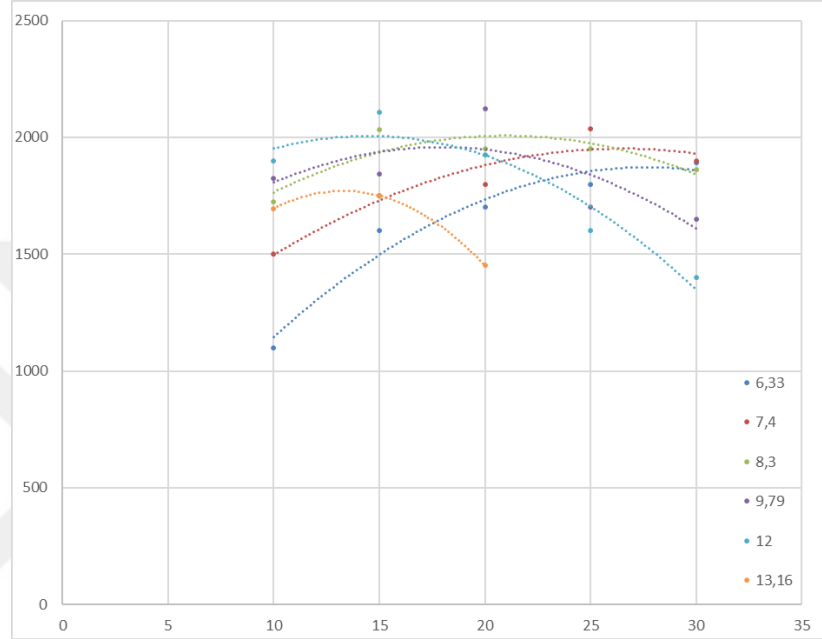


Şekil 5.3. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak akım şiddetinin Çekme sıyırma kuvvetine etkisi.

5.2.4. Kaynak zamanının S700CR bağlantılarında çekme-sıyırma dayanımına etkisi

Kaynak zamanındaki artmayla birlikte çekme-sıyırma kuvvetinin 6330, 7400 ve 8300A değerleri için arttığı Şekil 5.4.'de görülmektedir. Bu grafik için yüksek kuvvet değeri 9790A ve 20 periyot kaynak zamanı için 2200N olmuştur. 10 Periyot kaynak zamanı için

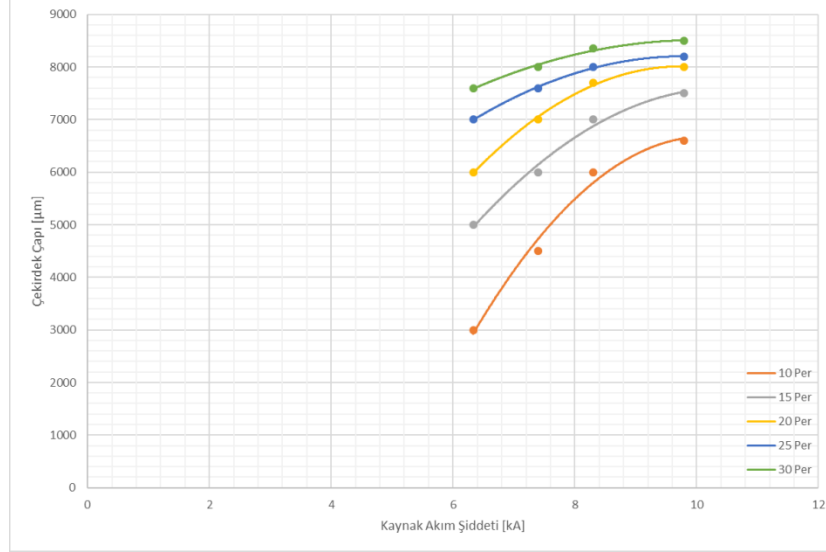
ise en yüksek kuvvet değeri 2100N ile 12000A'de olmuştur. Kaynak zamanındaki artmanın etkisini artan ısı girdisi ile beraber elektrotun daha fazla dalması sebebiyle fişkırmaları arttırarak kaliteli bir kaynaklı bağlantı meydana getiremediği görülmektedir. Bu sebepler ile beraber çekme-sıyırma dayanımında dalma derinliğinin artışının normal malzeme kalınlığının %25'ini geçtikten sonra azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.



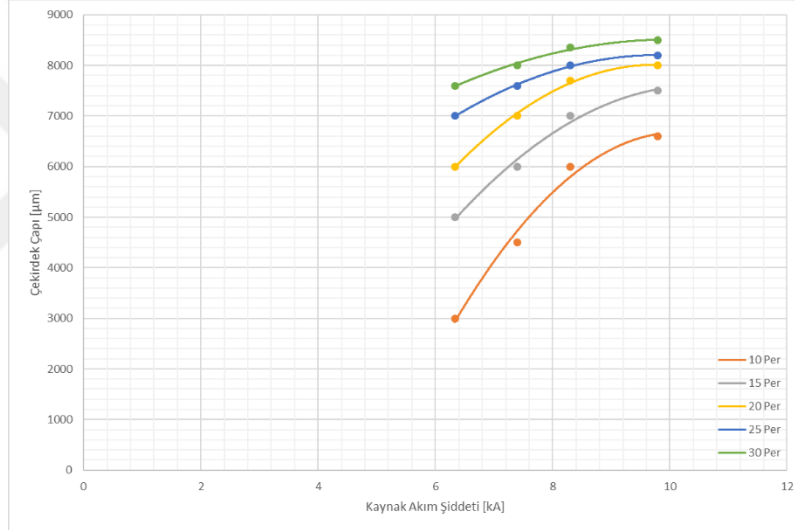
Şekil 5.4. S700CR kaynaklı birleştirmesinde kaynak zamanının Çekme sıyırma kuvvetine etkisi.

5.3. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Kaynak Çekirdek Boyutlarına Etkisi

Kaynak akım şiddeti ve kaynak zamanının artmasıyla birlikte çekirdek çapının da büyümenin meydana geldiği sırasıyla Şekil 5.5. ve Şekil 5.6.'da gösterilmiştir. Literatürde de daha önce yapılmış olan deneylerin sonuçlarında da çekirdek çapının arttığına dair benzer veriler elde edilmiştir (Erdem ve Arısoy, 2003; Marya ve Garden, 2005; Pollard, 1974; Öztürk ve diğerleri, 2009; Özer, 2009, s. 291-301; Satoh et al., 1996).



Şekil 5.5. S700CR birleştirmelerinde Kaynak akım şiddetinin çekirdek çapına etkisi.



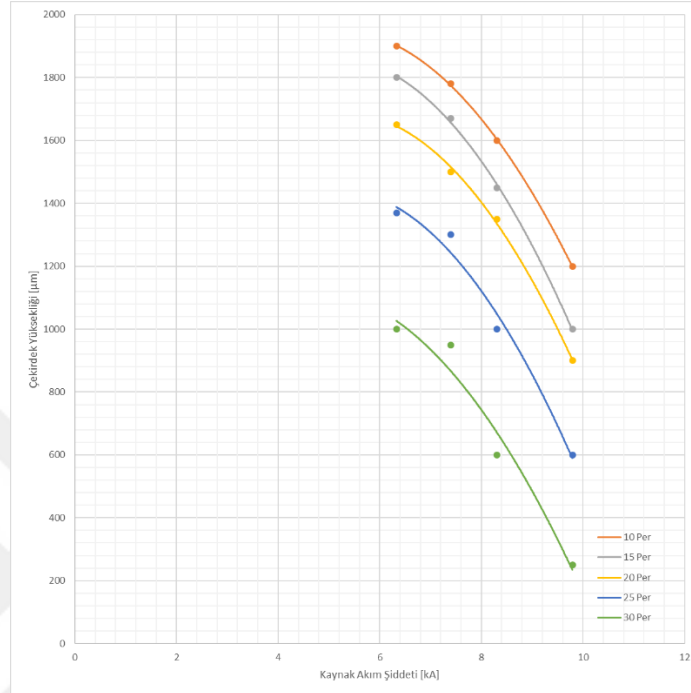
Şekil 5.6. S700CR birleştirmelerinde Kaynak zamanının çekirdek çapına etkisi.

5.3.1. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR birleştirmelerinde oluşan kaynak çekirdeğinin çekirdek yüksekliğine etkisi

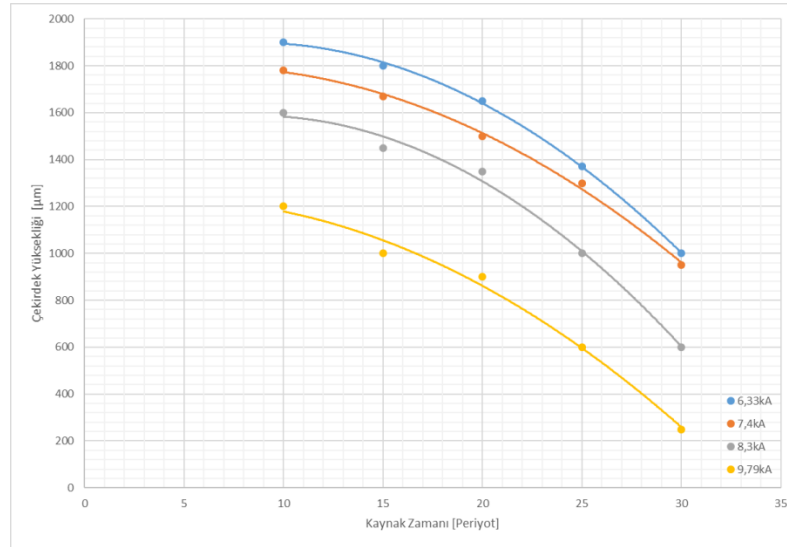
Kaynak akım şiddetinin artışıyla S700CR çeliğinde gerçekleşen kaynak çekirdek yüksekliğinin azalması Şekil 5.7.'de gösterilmektedir.

Kaynak periyodunun artışıyla beraber S700CR çeliğinde gerçekleşen kaynak çekirdek yüksekliğinin azalması Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Kaynak periyoduyla yükselen ısı ortamdaki ergimeyi arttırdığından dolayı fazla ergime ile beraber çelik çiftinin

birbirlerine temas eden yüzeylerinden dışarıya fişkırmalar meydana gelerek çekirdek kaliteli bir şekilde oluşamaz ve bu şekilde çekirdek yüksekliğinde düşüş gerçekleştiği tespit edilmiştir.



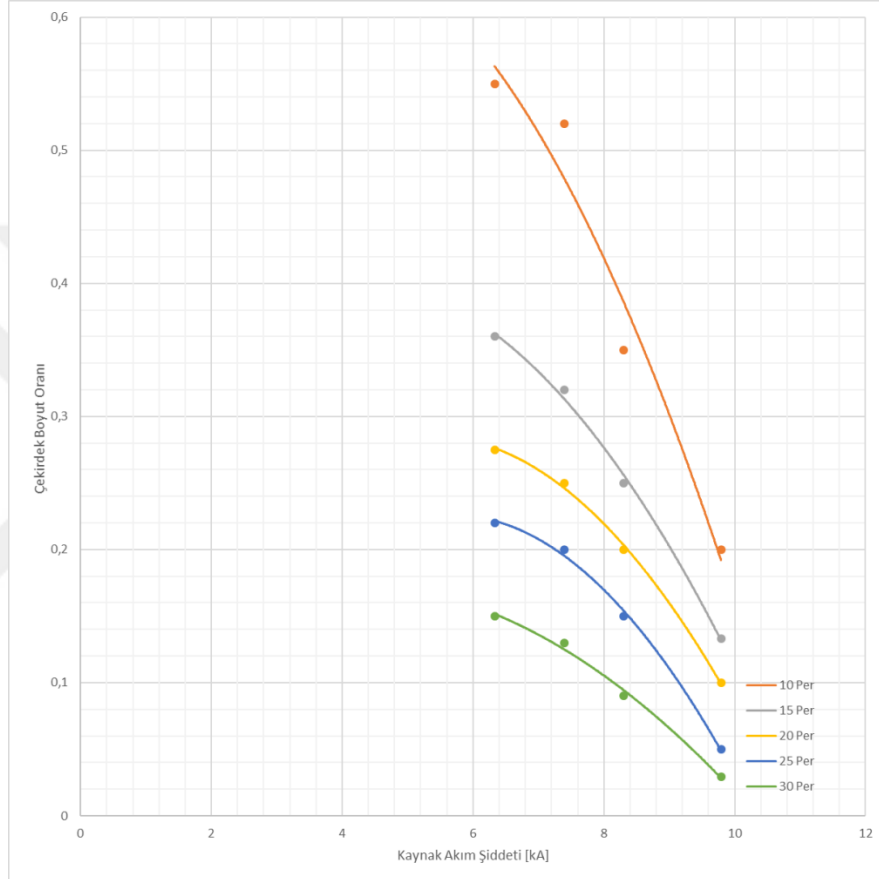
Şekil 5.7. Kaynak akım şiddetinin S700CR çeliğindeki çekirdek yüksekliğine etkisi.



Şekil 5.8. Kaynak zamanının S700CR çeliğindeki çekirdek yüksekliğine etkisi.

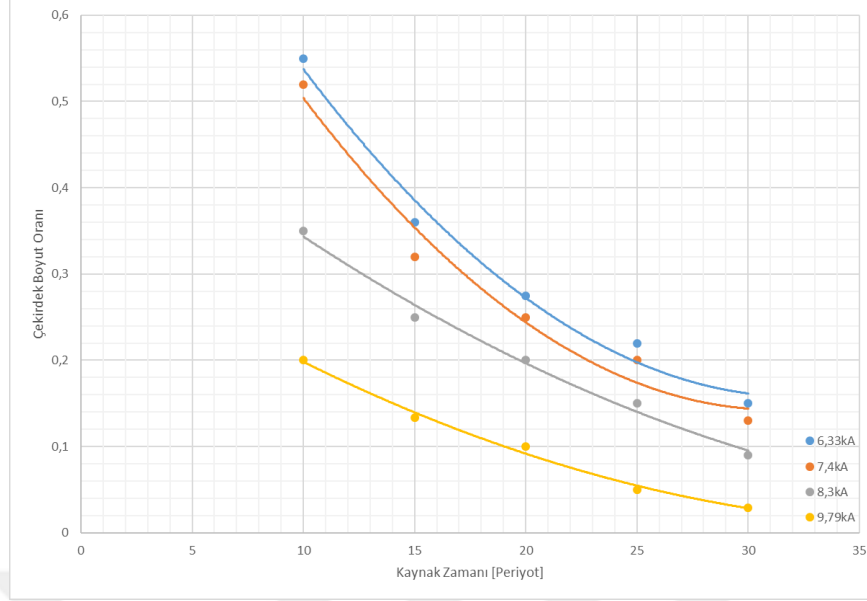
5.3.2. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR birleştirmelerinde çekirdek boyut oranına etkisi

Kaynak akım şiddetindeki artışla S700CR çeliğinde çekirdek boyut oranının azalma Şekil 5.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Kaynak akım şiddetinin S700CR çeliğindeki çekirdek boyut oranına etkisi.

Kaynak zamanındaki artışla beraber çekirdek boyut oranında azalmanın meydana geldiği Şekil 5.10.'da gösterilmiştir. 10 Periyot kaynak zamanı için çekirdek boyut oranı aralığı 0,2-0,5 iken bu değerlerler 30 periyot kaynak zamanı için 0,03-0,14 aralığında kalmaktadır.

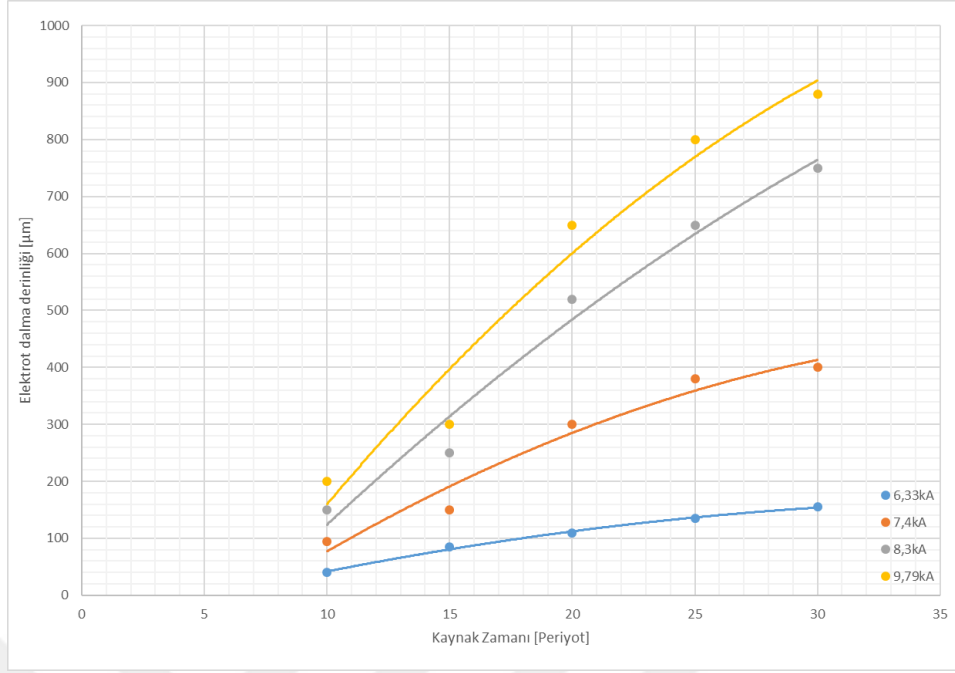


Şekil 5.10. Kaynak zamanının S700CR çeliğindeki çekirdek boyut oranına etkisi.

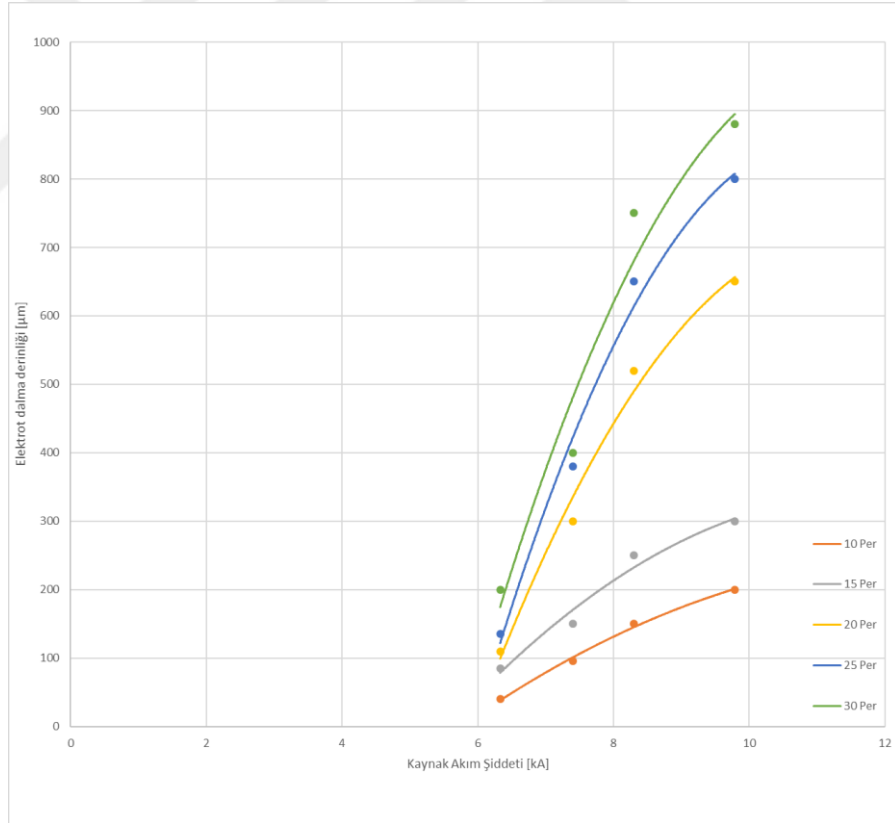
5.4. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Elektrot Dalma Derinliği ve Genişliğine Etkisi

5.4.1. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR bağlantılarında elektrot dalma derinliğine etkisi

Kaynak zamanı ve akım şiddetinin artışı ısı girdisini de arttırdığı için artan ergime miktarı ile elektrotların iki taraftan yüzeylere daha fazla battığı yani elektrot dalma derinliğini arttığı sırasıyla Şekil 5.11. ve Şekil 5.12.'de gösterilmektedir. Literatürde yapılmış benzer çalışmaların sonuçlarında da sonuçlara yakın veriler elde edildiği görülmektedir (Yong ve Zhuang, 2012; Savic et al., 2010; Varis, 2006; Şık, 2002).



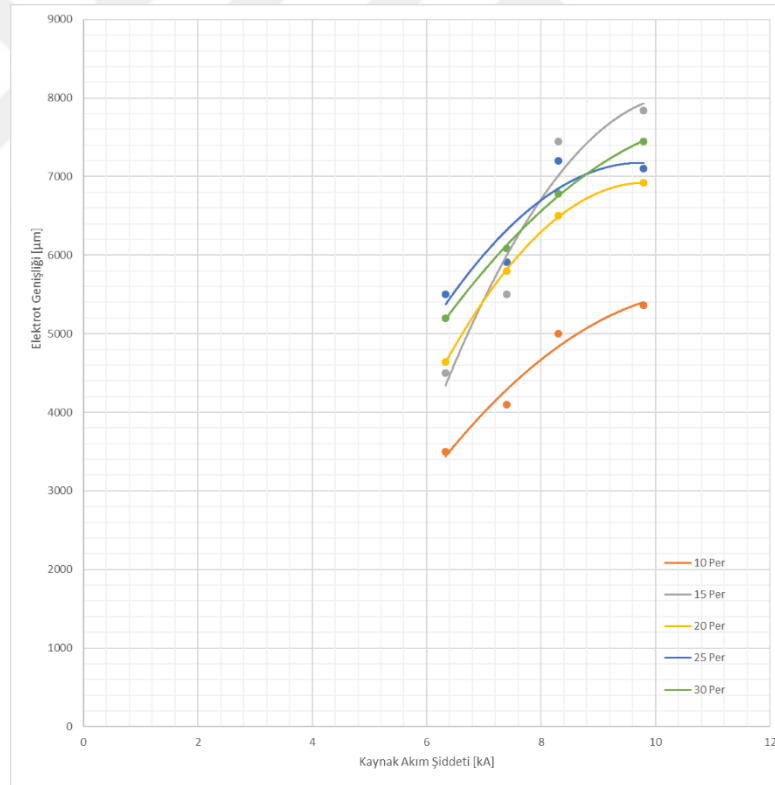
Şekil 5.11. Kaynak zamanının S700CR birleştirmelerindeki dalma derinliğine etkisi.



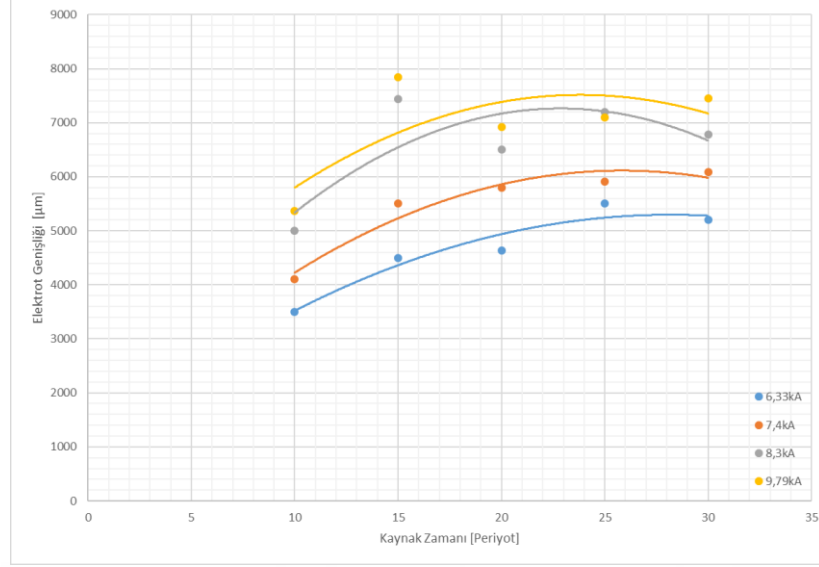
Şekil 5.12. Kaynak akım şiddetinin S700CR birleştirmelerindeki dalma derinliğine etkisi.

5.4.2. Kaynak zamanı ve akım şiddetinin S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma genişliğine etkisi

Kaynak zamanı ve akım şiddetinin artışıyla beraber elektrot dalma genişliği de kaynak esnasında kullanılan elektrotun çapından (6mm) daha yüksek geniş ulaşabildiği sırasıyla Şekil 5.13. ve 5.14.'de gösterilmiştir. Bu durum iki neden ile açıklanmaktadır, ilk neden kaynak zamanı ve akım şiddetinin artmasıyla ısı girdisinin de artışıdır. Bu şekilde ergimenin artışı ve elektrot baskı kuvvetiyle ergiyen metalin malzeme malzeme temas yüzeyinden dışarıya fıskırması ile oluşur. Diğer sebebi de tekrarlanan kaynak çevrimleri esnasında elektrot yüzeyinde oluşan bozulmalar ile açıklanmaktadır. Bozulmaların oluşumu ise tekrarlanan kaynak çevrimlerinde elektrot baskı kuvvetiyle Şekil 4.5.'deki R1 ve R2 açılarında gerçekleşen değişimler ile açıklanmaktadır.



Şekil 5.13. Kaynak akım şiddetinin S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma genişliğine etkisi.

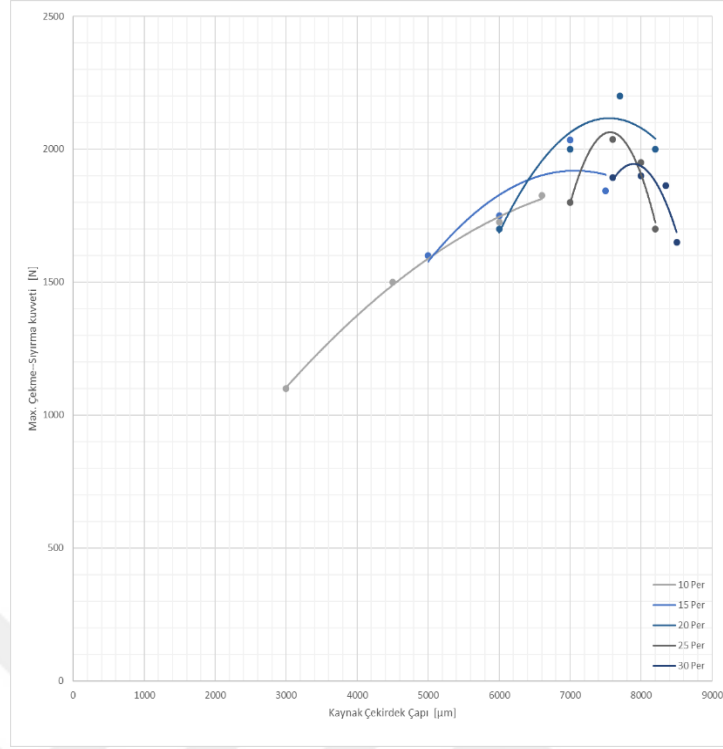


Şekil 5.14. Kaynak zamanının S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma genişliğine etkisi.

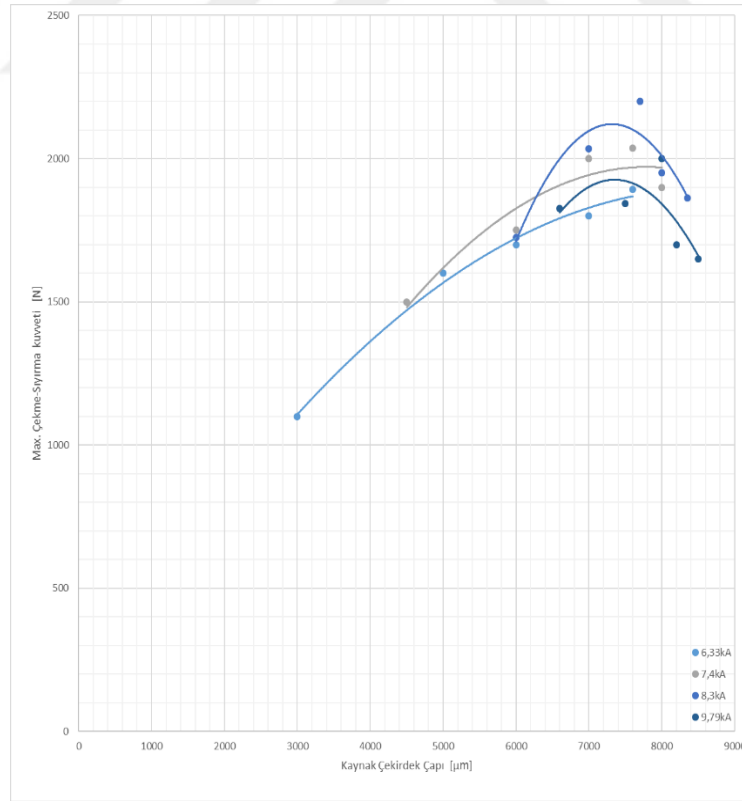
5.5. S700CR Çelik çiftinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Çekirdek Boyutlarının Çekme-Sıyrma ve Çekme-Makaslama Kuvvetine Etkisi

5.5.1. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek çapının çekme-sıyrma kuvvetine etkisi

Kaynak çekirdek çapındaki artışla beraber kaynaklı birleştirmelerdeki çekme-sıyrma dayanımında da belirli bir noktaya dek artış meydana geldiği Şekil 5.15. ve Şekil 5.16'da gösterilmiştir. Bu artışın belirli bir noktaya kadar olduğu sonrasında da azalmakta olduğu görölmektedir. Bu düşmenin sebebi yüksek kaynak periyotları ve akım şiddetlerindeki elektrot dalma derinliğinin artışıyla malzeme malzeme temas yüzeyinden dışarıya doğru gerçekteşen fişkırmalar ve bunun sonucunda kaynak çekirdeğinin kesitinde oluşan azalması olarak açıklanmaktadır (Sawhill et al., Speich, 1981; Toros ve Öztürk, 2007).



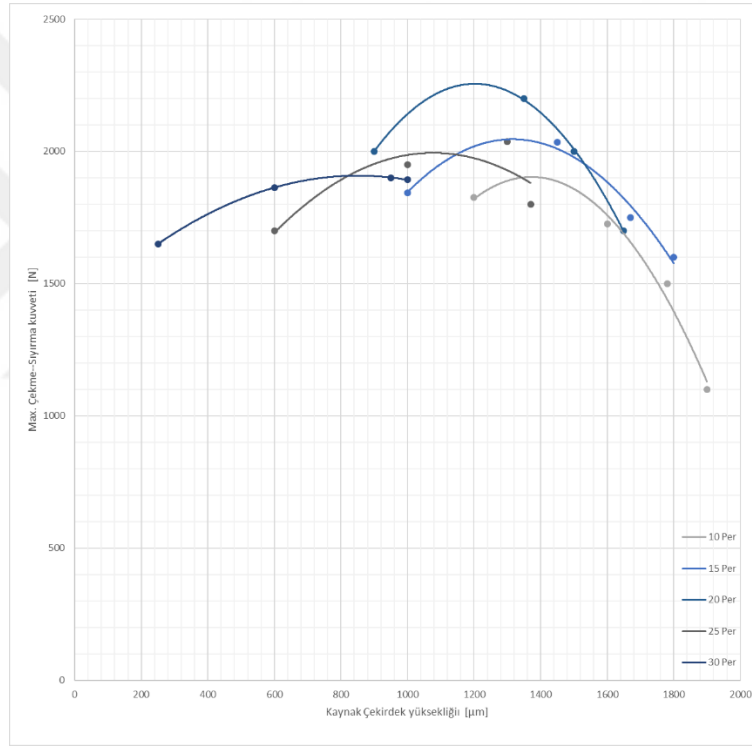
Şekil 5.15. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyrma kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti sabit).



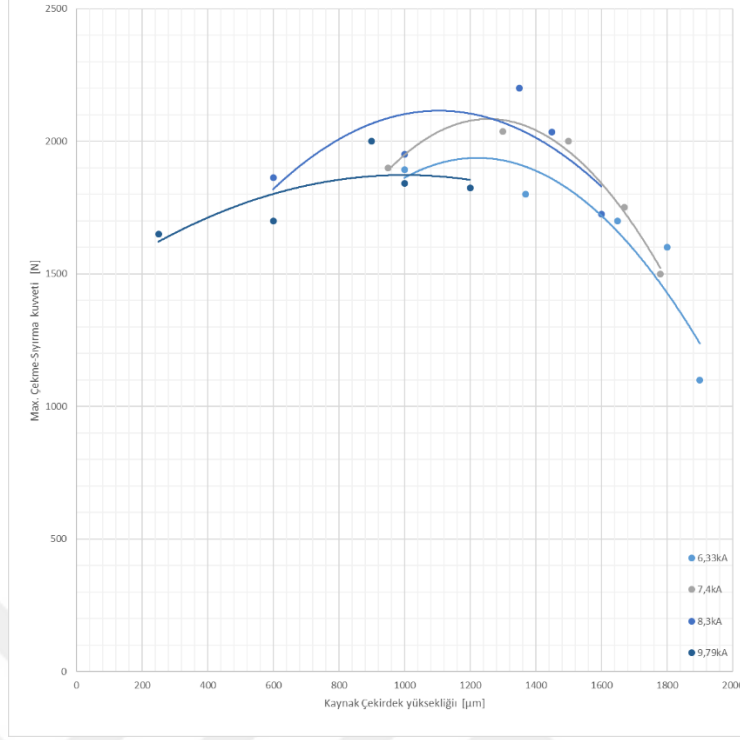
Şekil 5.16. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyrma kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).

5.5.2. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek yüksekliğinin çekme-sıyırma kuvvetine etkisi

Kaynak çekirdek yüksekliğindeki artışla beraber S700CR çelik çiftinin birleştirmesindeki çekme-sıyırma dayanımının da belirli bir noktaya ulaştıktan sonra azaldığı Şekil 5.17. ve Şekil 5.18.'da gösterilmektedir. Literatürdeki benzer çalışmaların sonuçlarının da bu şekilde belirli bir noktadan sonra düşüş yaşandığı görülmektedir (AHSS, 2005; AWS Handbook; Cho ve Cho, 1989).



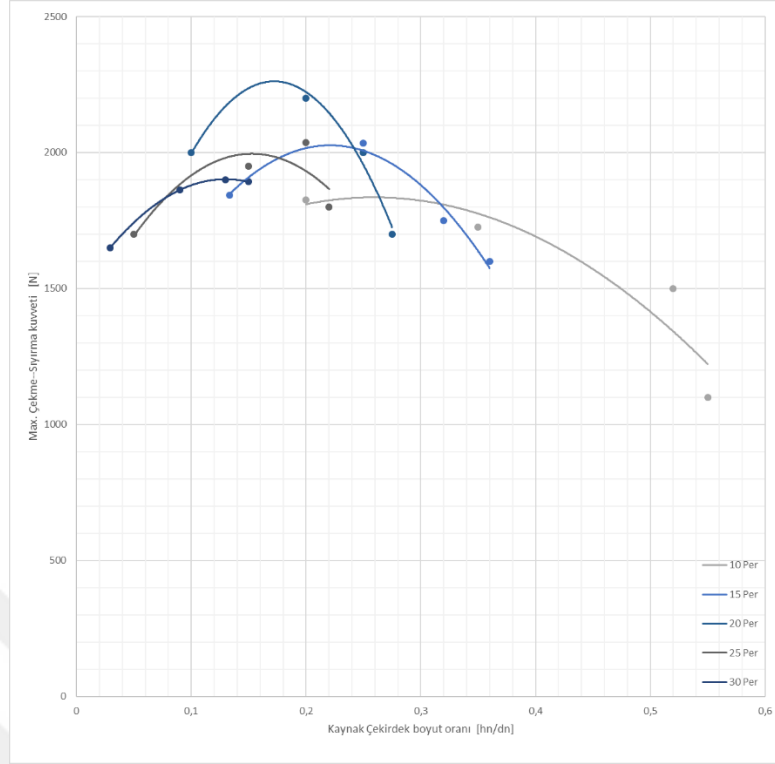
Şekil 5.17. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti sabit).



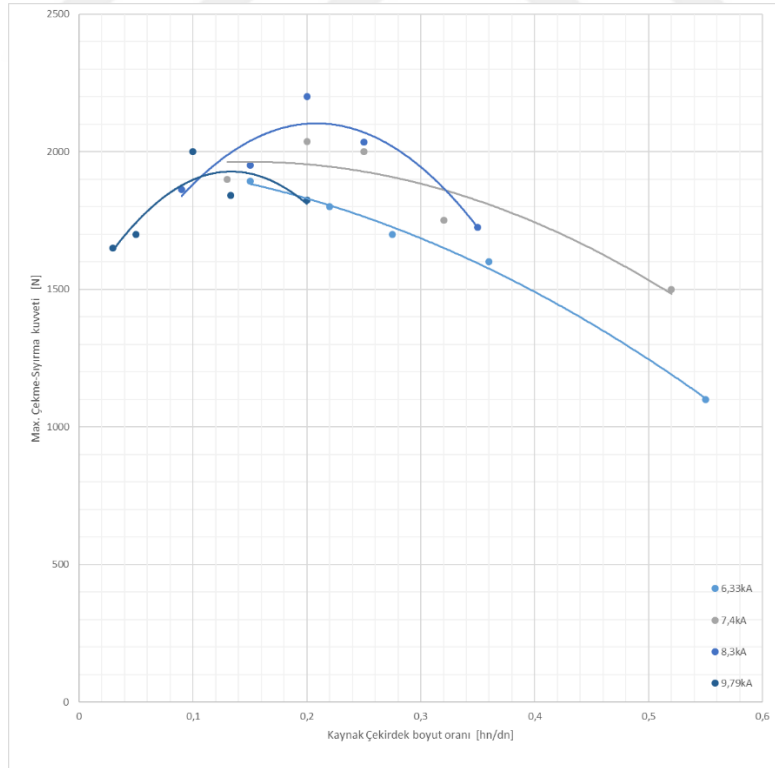
Şekil 5.18. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-sıyırma kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).

5.5.3. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek boyut oranının çekme-sıyırma kuvvetine etkisi

Çekirdek boyut oranındaki artma ile birlikte S700CR çelik çiftinin birleştirmelerindeki çekme-sıyırma dayanımlarının belirli bir noktaya kadar artma gösterdikten sonra düşüş gerçekleştirdiği Şekil 5.19. ve Şekil 5.20.'de gösterilmektedir. Kaynak akım şiddeti sabit olduğunda en yüksek çekme-sıyırma dayanımı 20 Periyot iken kaynak zamanının sabit olduğu durumda 8300A değerinde 2200N'dur. Daha uzun kaynak zamanları hem çekirdek boyut oranını hem de çekme-sıyırma dayanımında düşüşe sebep olmaktadır.



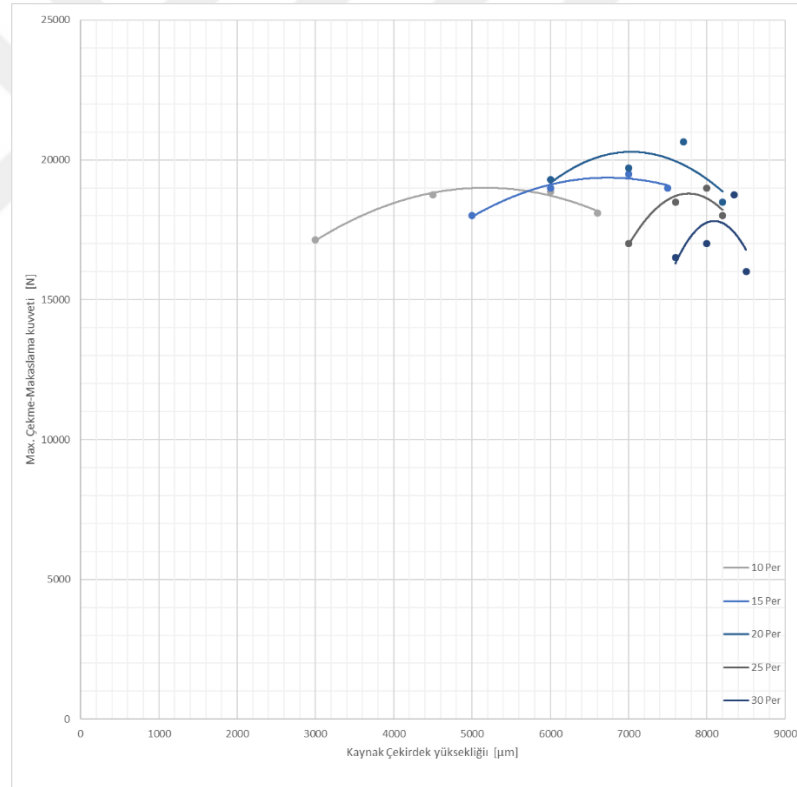
Şekil 5.19. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyrma kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti sabit).



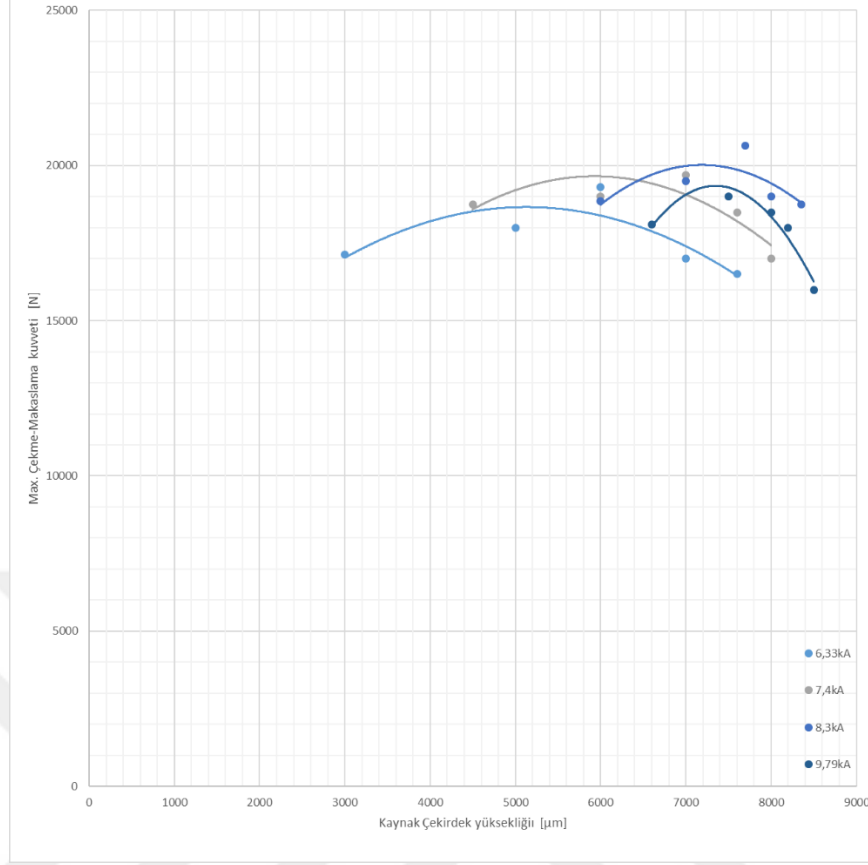
Şekil 5.20. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-sıyrma kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).

5.5.4. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek çapının çekme-makaslama kuvvetine etkisi

Kaynak çekirdek çapındaki artışla beraber kaynaklı birleştirmelerdeki max. çekme-makaslama kuvvetinin de belirli bir seviyedeki değere kadar artış meydana geldiği Şekil 5.21. ve Şekil 5.22.'de gösterilmiştir. Bu artışın belirli bir noktaya kadar olduğu sonrasında da azalmakta olduğu görülmektedir. Bu düşmenin sebebi yüksek kaynak periyotları ve akım şiddetlerindeki elektrot dalma derinliğinin artışıyla malzeme malzeme temas yüzeyinden dışarıya doğru gerçekleşen fişkırmlar ve bunun sonucunda kaynak çekirdeğinin kesitinde oluşan azalması olarak açıklanmaktadır.



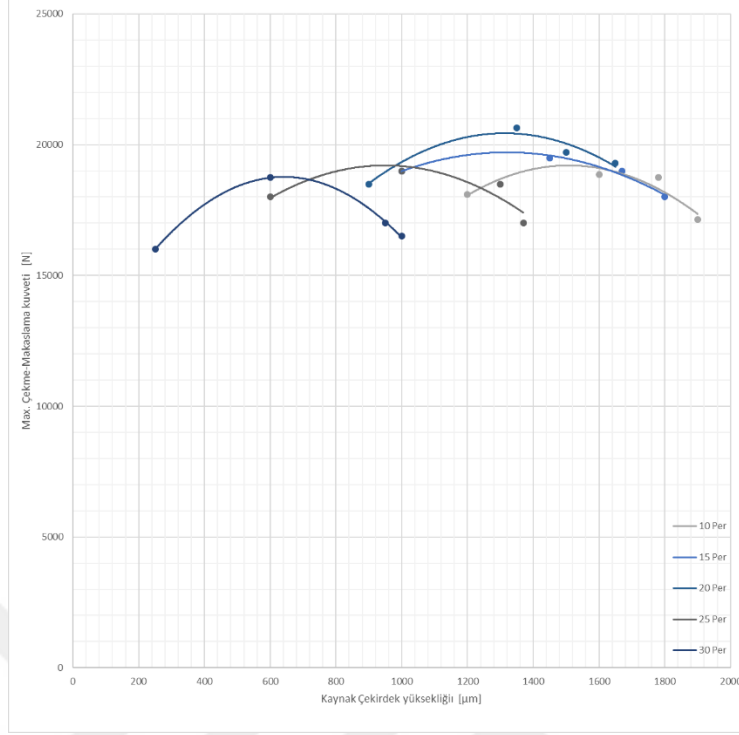
Şekil 5.21. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti sabit).



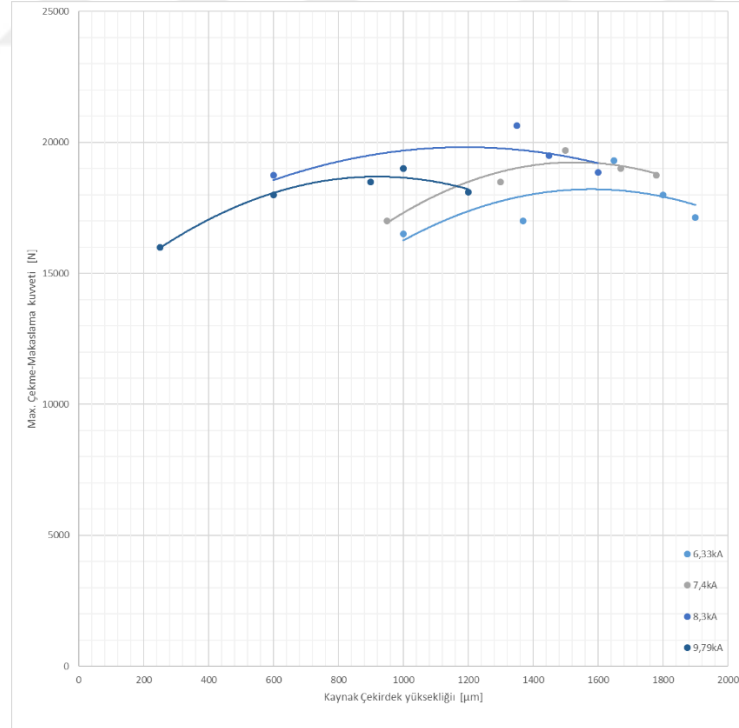
Şekil 5.22. Kaynak çekirdek çapının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).

5.5.5. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek yüksekliğinin çekme-makaslama kuvvetine etkisi

Kaynak çekirdek yüksekliğindeki artışla beraber S700CR çelik çiftinin birleştirmesindeki max. çekme-makaslama kuvvetinin de belirli bir noktaya ulaştıktan sonra azaldığı Şekil 5.23. ve Şekil 5.24.'da gösterilmektedir. Literatürdeki benzer çalışmaların sonuçlarının da bu şekilde belirli bir noktadan sonra düşüş yaşandığı görülmektedir (Dong et al., 2002, s. 355-361; Ertaç, 2004; Fonstein, 2015).



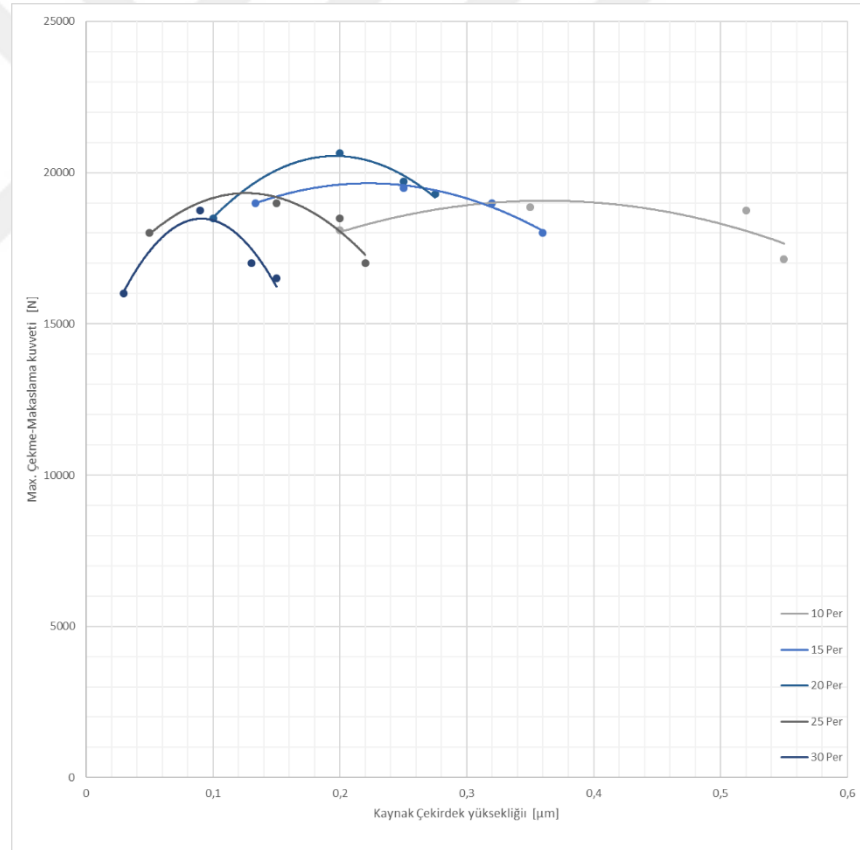
Şekil 5.23. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti sabit).



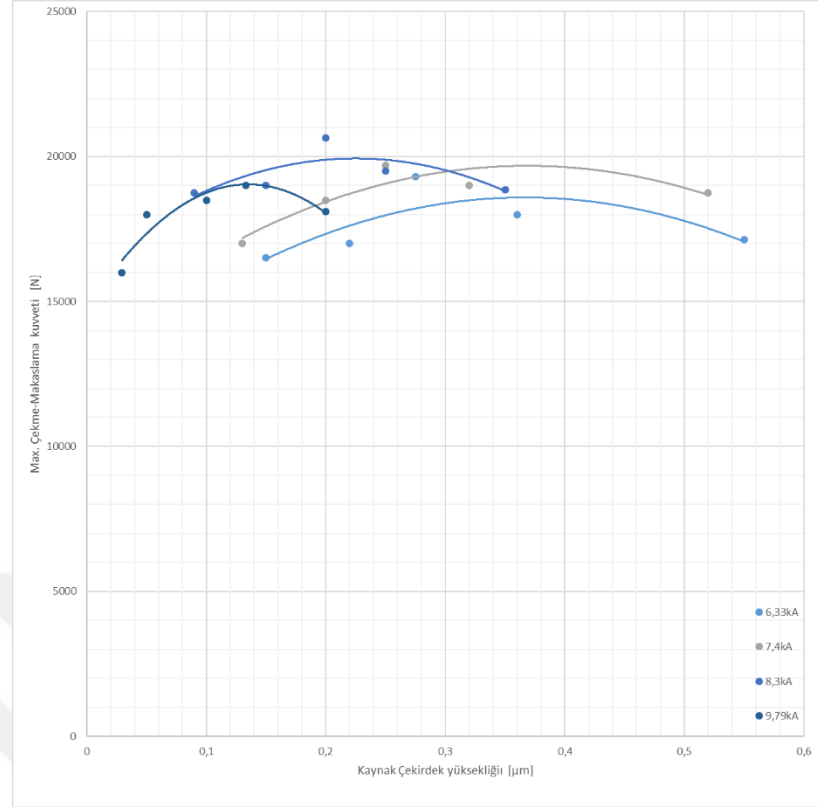
Şekil 5.26. Çekirdek yüksekliğinin S700CR birleştirmelerinde çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).

5.5.6. S700CR Çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynağında kaynak akım şiddeti ve zamanına bağlı olarak çekirdek boyut oranının çekme-makaslama kuvvetine etkisi

Çekirdek boyut oranındaki artma ile beraber S700CR çelik çiftinin birleştirmelerindeki max. çekme-makaslama kuvvetinin belirli bir noktaya kadar artma gösterdikten sonra düşüş gerçekleştirdiği Şekil 5.24. ve Şekil 5.25.'de gösterilmektedir. Kaynak akım şiddeti sabit olduğunda en yüksek çekme-makaslama dayanımı 20 Periyot iken kaynak zamanının sabit olduğu durumda 8300A değerinde 2200N'dur. Daha uzun kaynak zamanları hem çekirdek boyut oranını hem de çekme-makaslama kuvvetinde düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir.



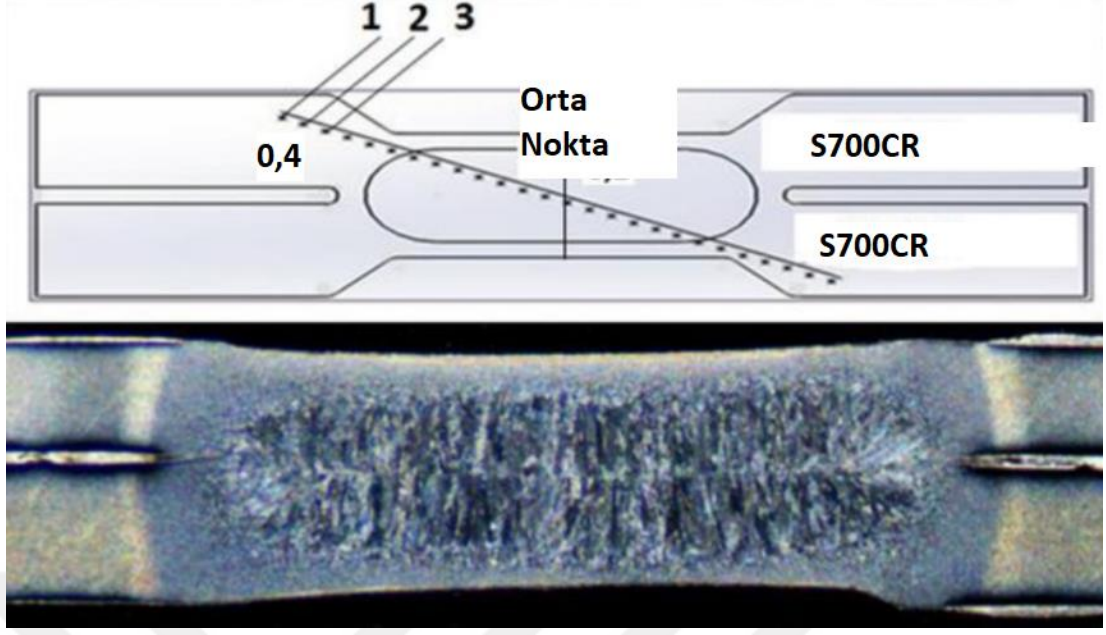
Şekil 5.24. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak akım şiddeti sabit).



Şekil 5.25. Çekirdek boyut oranının S700CR birleştirmelerindeki çekme-makaslama kuvvetine etkisi (kaynak zamanı sabit).

5.6. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağındaki Kaynak Parametrelerinin Sertlik Değerine Etkisi

Elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirilmiş S700CR çelik sac çiftlerinin Şekil 5.26.'da gösterildiği üzere çeliğinin kaynak etkisinden uzak bölgesinden başlanmak üzere ITAB (HAZ) bölgesinden ve kaynak çekirdeğinin tam ortasına kadar çapraz şekilde 0,4mm mesafe aralık bırakılmak üzere MikroVickers sertlik değerlerine 200gr yük uygulanarak EN ISO 14271 standardına uygun şekilde ulaşılmıştır.



Şekil 5.26. S700CR birleştirmelerindeki ölçüm yönü.

5.6.1. Kaynak parametrelerinin S700CR birleştirmelerindeki sertlik değerine etkisi

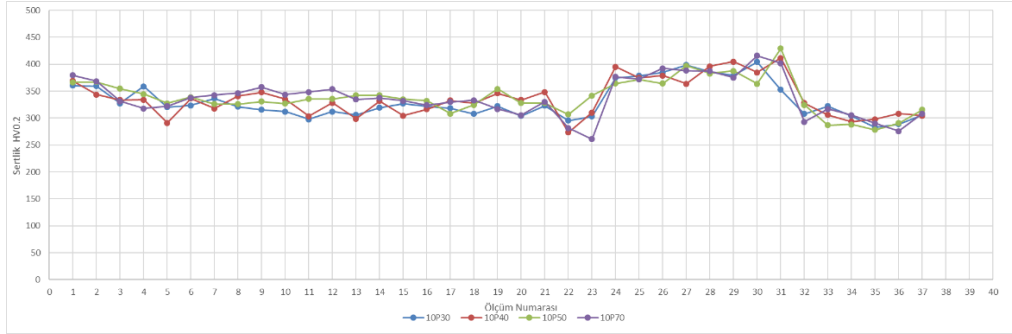
S700CR çelik çiftinin birleştirmelerindeki sertlik değerlerinin tespit edildiği noktalar 3 farklı bölgeden alınarak tespit edilmiştir, bunlar;

- S700CR
- ITAB
- Kaynak çekirdeği'dir.

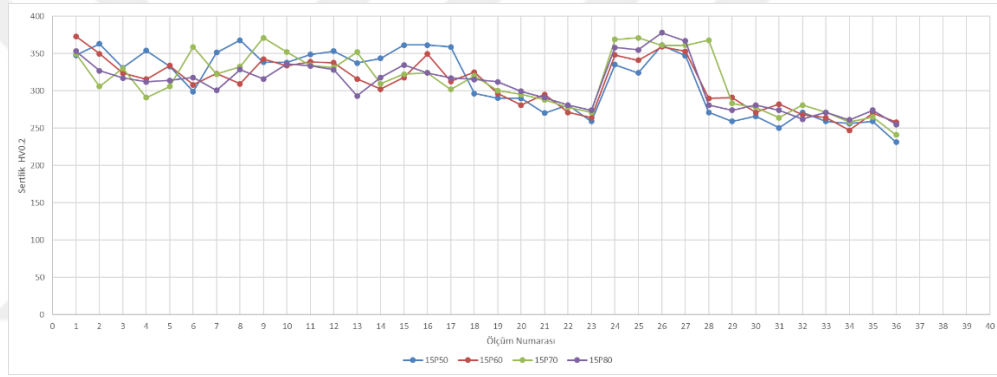
S700CR birleştirmelerindeki kaynak çekirdeğinden ITAB bölgelerine ulaşıldığında sertlik değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir.

Kaynaklı birleştirmelerin başlangıç noktası olan S700CR çeliğinden alınan ana metal sertlik değeri ortalama 300-400 HV arasıdayken, Kaynak çekirdek merkezinde ortalama olarak 450 HV'e ulaşılmıştır.

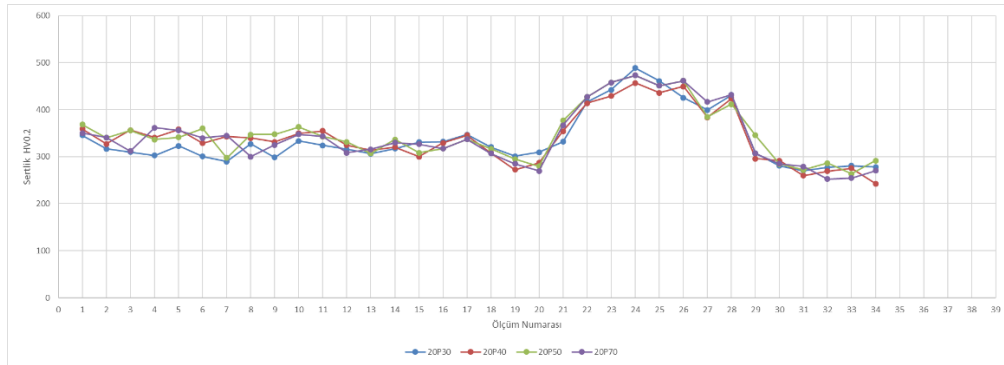
Şekil 5.27., Şekil 5.28., Şekil 5.29., Şekil 5.30. ve Şekil 5.31.'de farklı kaynak akım şiddetlerinde ve farklı kaynak zamanlarında S700CR çelik saclarının kaynaklı birleştirmelerindeki sertlik değerleri görülmektedir.



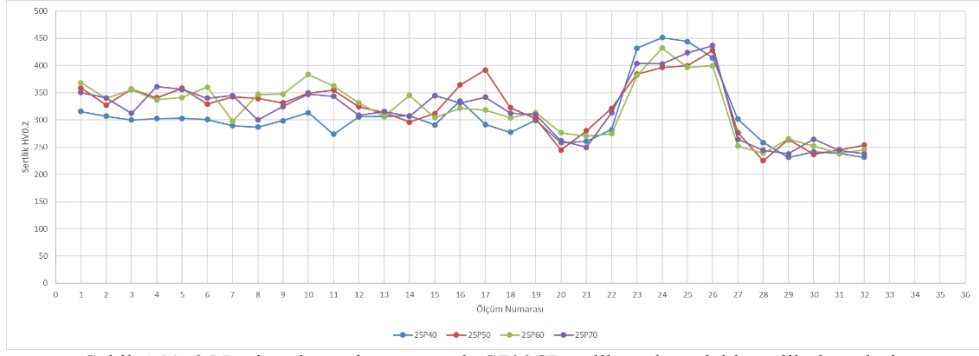
Şekil 5.27. 10 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.



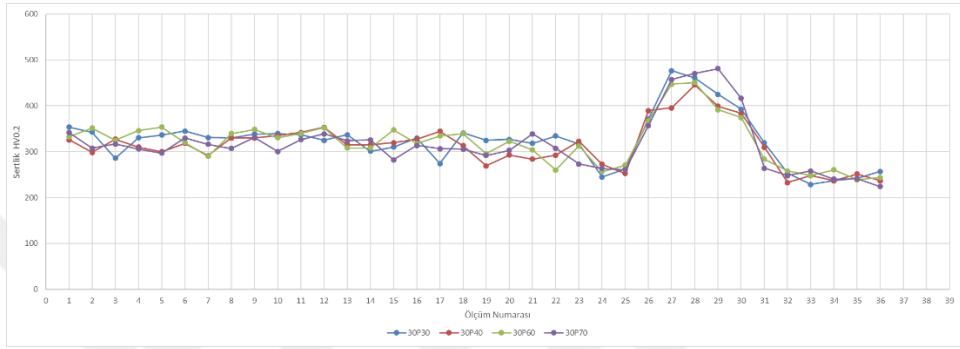
Şekil 5.28. 15 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.



Şekil 5.29. 20 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.

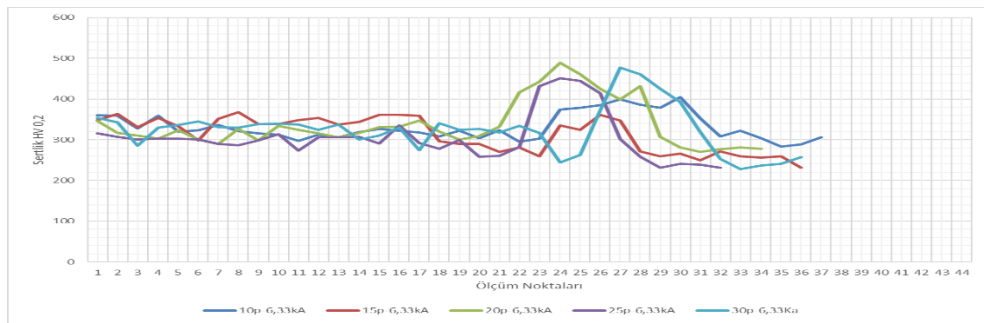


Şekil 5.30. 25 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.

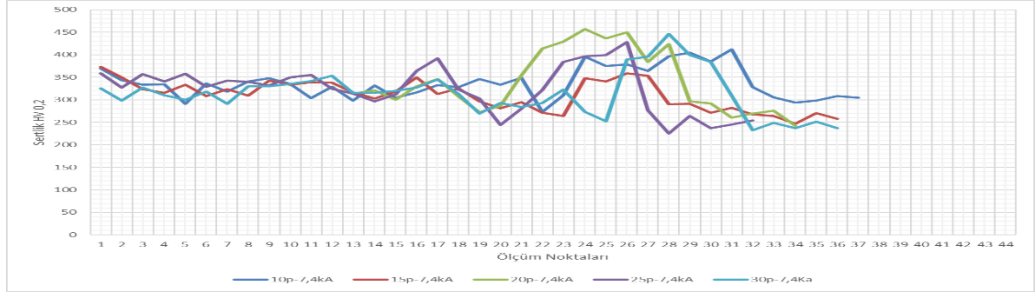


Şekil 5.31. 30 Periyot kaynak zamanında S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.

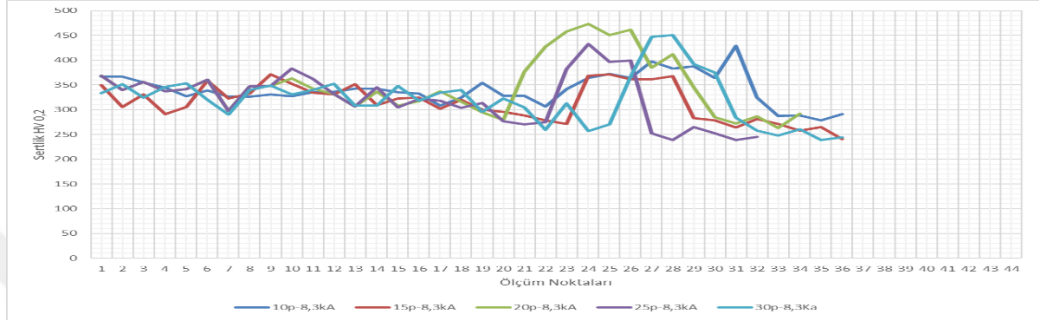
S700CR çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirilmiş numunelerinde kaynak akım şiddetine göre farklılık gösteren sertlik değerleri vickers cinsinden Şekil 5.32., Şekil 5.33., Şekil 5.34. ve Şekil 5.35.'da gösterilmiştir. Elde edilen en yüksek sertlik değeri 550 HV civarında gerçekleşmiştir. En yüksek sertlik değerleri kaynak çekirdeğinden alınmış olup bağlantının güvenilirliğini doğrular niteliktedir.



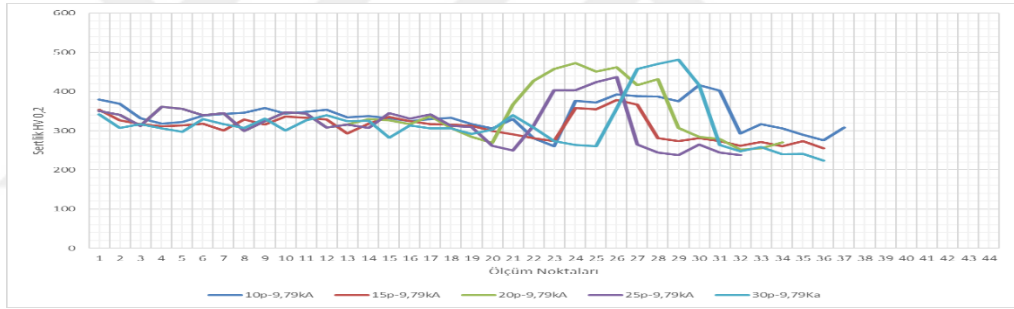
Şekil 5.32. 6,33 kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.



Şekil 5.33. 7,4 kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.



Şekil 5.34. 8,3 kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.

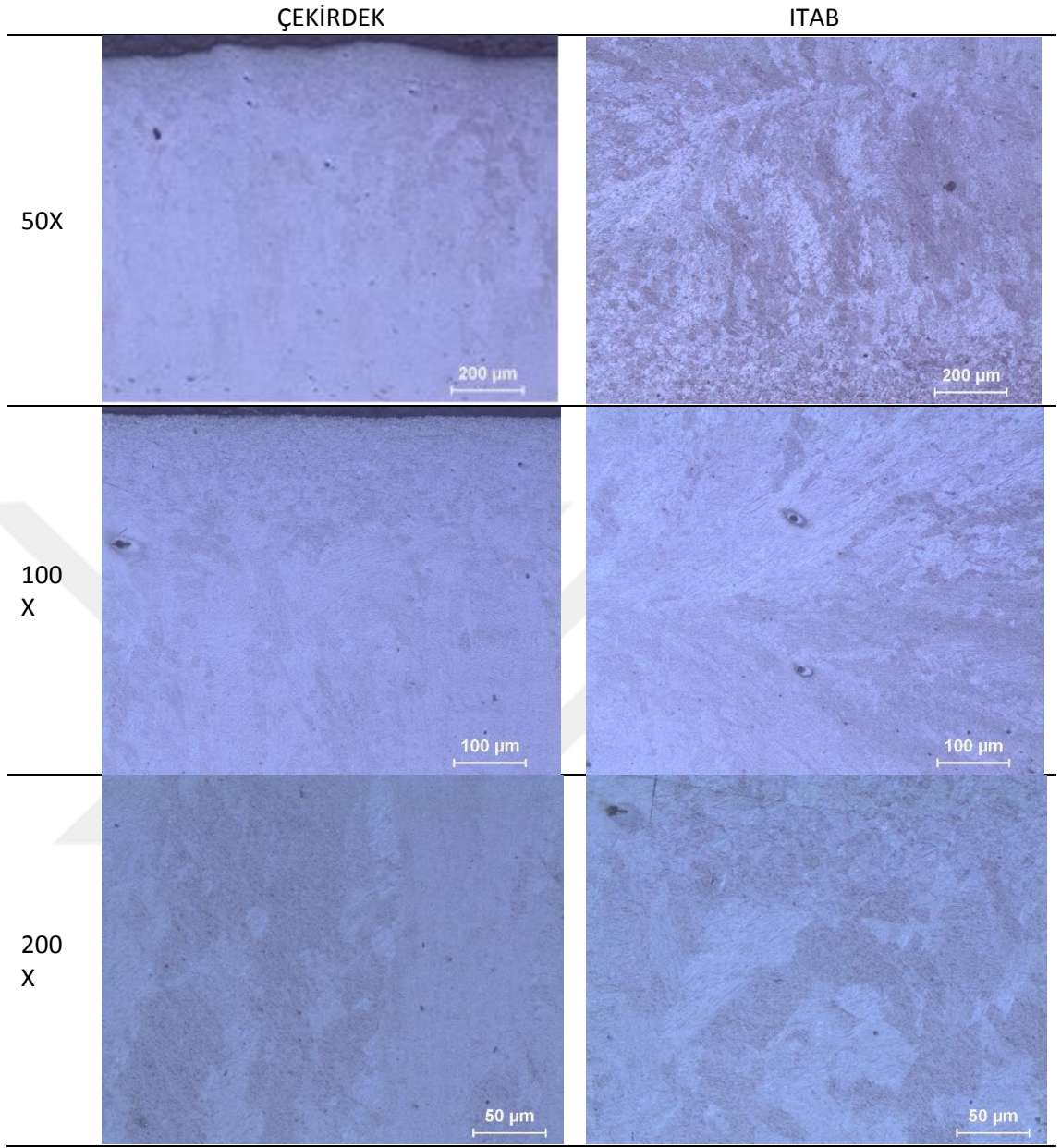


Şekil 5.35. 9,79kA kaynak akım şiddetinde S700CR çelik saclarındaki sertlik değerleri.

5.7. S700CR Çeliklerinin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Birleştirmelerin Mikroyapısına Etkisi

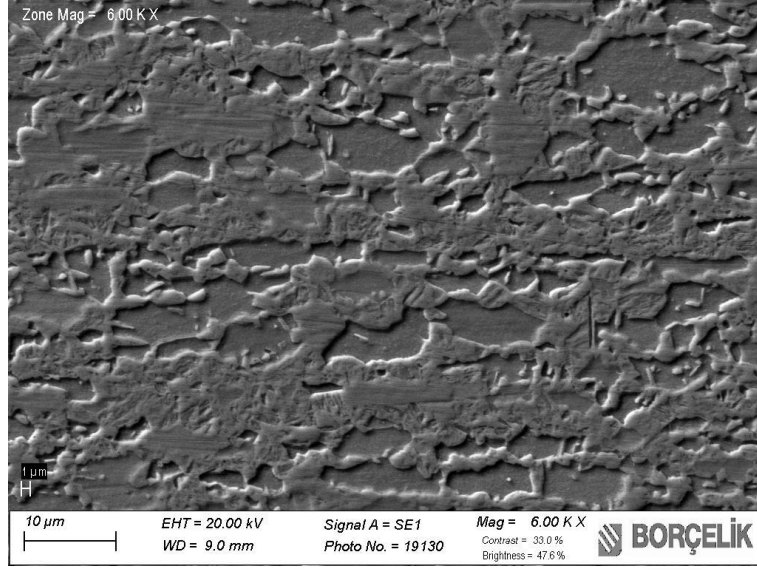
Kaynak zamanı ve akım şiddeti parametrelerinin değiştirilmesiyle oluşmuş S700CR birleştirmelerindeki ana metal, ITAB ve kaynak çekirdeğinden alınmış 50x, 100x ve 200x büyütmelerdeki mikroyapı görüntülerinden birkaç tanesi Tablo 5.2.'de gösterilmektedir.

Tablo 5.2. Farklı büyütmelerde farklı bölgelerden alınan mikroyapı görüntüleri.



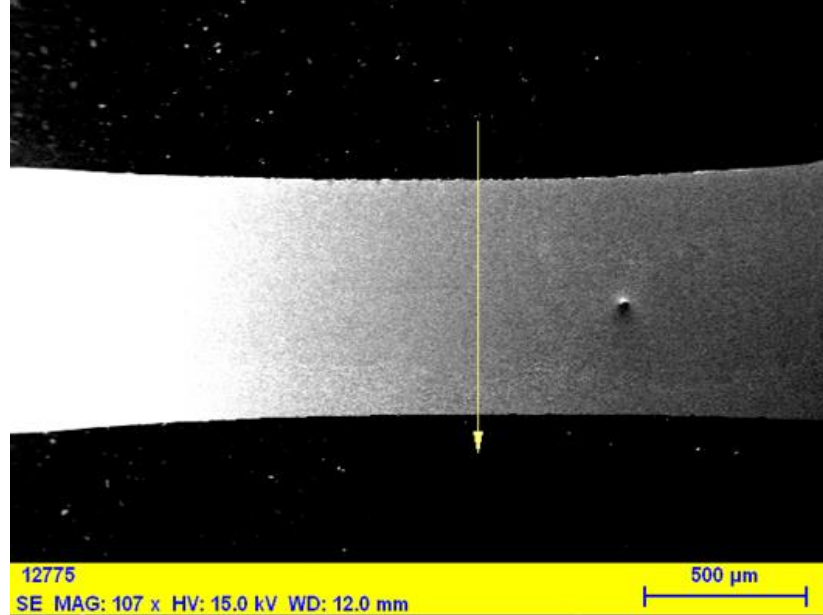
5.8. S700CR Çeliklerinin Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Görüntüleri ve EDS Analizleri

S700CR çeliklerinin kaynaklı birleştirmelerdeki ITAB'a ait SEM görüntüsü Şekil 5.36.'da gösterilmektedir.

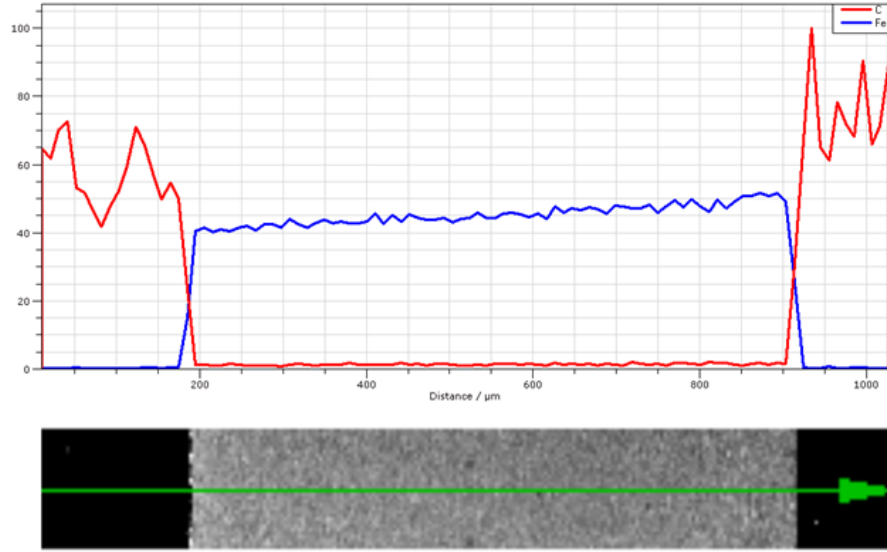


Şekil 5.36. S700CR kaynaklı birleştirmelerinde esas metalin 6000x büyütmedeki SEM görüntüsü.

S700CR kaynaklı birleştirmelerinden alınan numunelere boyuna yani dik biçimde çizgisel EDS analizi uygulandığı Şekil 5.37. ve Şekil 5.38.'de gösterilmektedir. EDS analizi sonucunda S700CR kaynaklı birleştirmelerindeki çekirdek mukavemeti düşüşü, kırılganlık vb. sorunlara yol oluşturabilecek herhangi bir elemente rastlanmamış olması kaynaklı birleştirmenin doğru bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 5.37. S700CR kaynaklı birleştirmelerinin çizgisel EDS analiz doğrultusu.

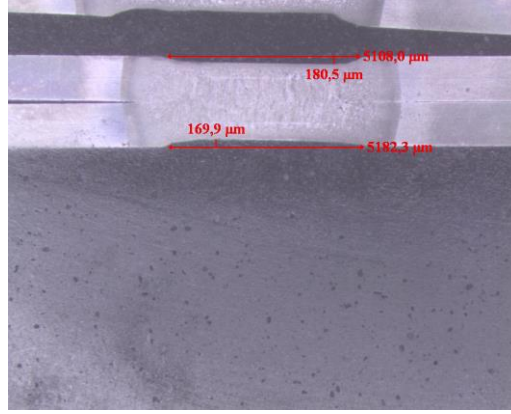


Şekil 5.38. S700CR kaynaklı birleştirmelerinin çizgisel EDS analiz grafiği.

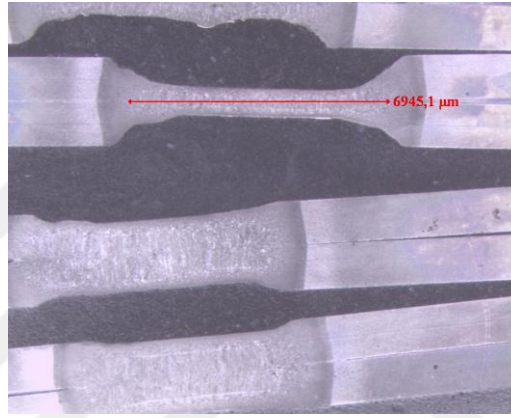
5.9. S700CR Kaynaklı Birleştirmelerinin Makroyapı Görüntüleri

S70CR çelik çiftinin kaynaklı birleştirmelerindeki makroyapı görüntüleri analiz edildiğinde kaynak akım şiddeti ve kaynak zamanındaki yükselmeye beraber çekirdeğin boyutunun da arttığı Şekil 5.39., Şekil 5.40., Şekil 5.41., Şekil 5.42. ve Şekil 5.45.'da gösterilmiştir. 10,15,20,25,30 Periyot kaynak zamanlarında kaynak akım şiddetinin artışıyla çekirdek boyutunun büyüdüğü tespit edilmiştir.

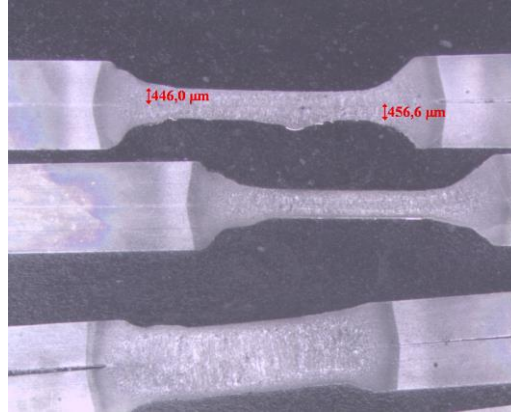
Fıçkırmalar; 10 ve 15 periyot için 9,79 kA sonrası; 20, 25, 30 periyot kaynak zamanları için ise 8,3 kA sonrasında başlamıştır. Elektrot dalma derinlikliğindeki standart dışı %25 üzerindeki artış 10, 15, 20, 25 periyot için 12 kA sonrasında; 30 Periyot kaynak zamanı için 9,79 kA sonrasında meydana gelmiştir.



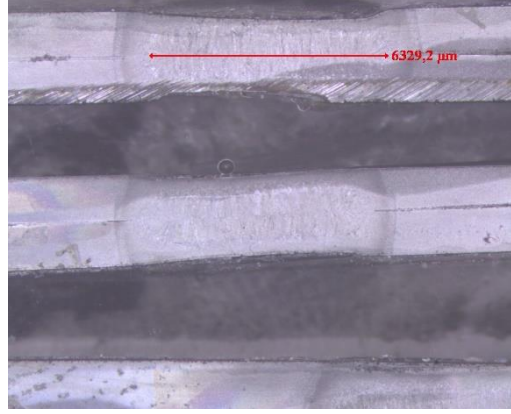
Şekil 5.39. S700CR birleştirmelerinde 15 Periyot – 6,33 kA makroyapı görüntüsü.



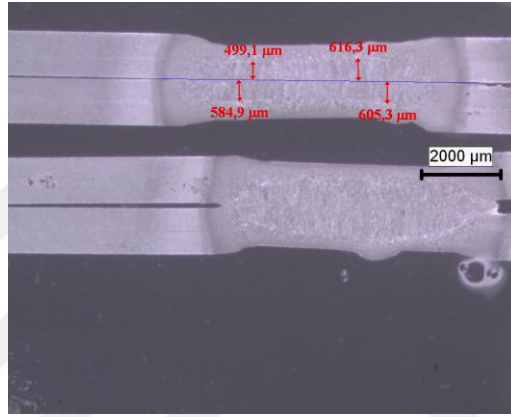
Şekil 5.40. S700CR birleştirmelerinde 20 Periyot – 9,79 kA makroyapı görüntüsü.



Şekil 5.41. S700CR birleştirmelerinde 25 Periyot – 9,79 kA makroyapı görüntüsü.



Şekil 5.42. S700CR birleştirmelerinde 10 Periyot – 6,33 kA makroyapı görüntüsü.



Şekil 5.43. S700CR birleştirmelerinde 10 Periyot – 7, kA makroyapı görüntüsü.

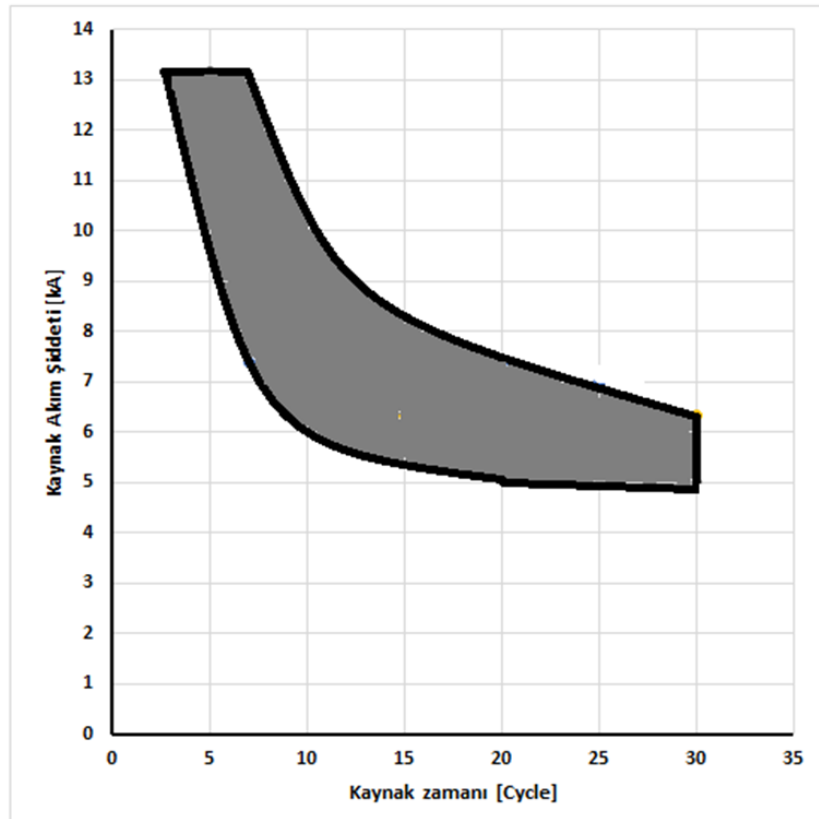
S700CR birleştirmelerindeki elektrot dalma derinliğinin çok olduğu ve fişkırmaların meydana geldiği numunelerin makroyapı görüntüleri Tablo 5.3.'de görülmektedir.

Tablo 5.3. S700CR çelik çiftinde fişkırmaların meydana geldiği numunelere ait makroyapı görüntüleri.

30 per – 9,79 kA	30 per – 8,3 kA

BÖLÜM 6. S700CR BİRLEŞTİRMELERİNDE KAYNAK GRAFİĞİ (WELD LOBE)

Kaynak çekirdek boyutları elektrik direnç nokta kaynağında kalitenin tespit edilmesi için kullanılan en önemli özelliklerdendir. Elektrik direnç nokta kaynağındaki akım şiddeti ve kaynak zamanı çekirdek boyutlarını belirleyen önemli diğer iki parametredir. Diğer parametrelerin sabit kalması şartıyla kaynak akım şiddeti ve kaynak zamanının kendi aralarında değiştirmek üzere ulaşılan uygun bağlantıların oluşturduğu alana Weld Lobe yani Kaynak eğrisi veya kaynak grafiği denir. S700CR çelik çiftinin birleştirmelerinde ulaşılan Weld Lobe Şekil 6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.1. S700CR birleştirmeleri için Weld Lobe

BÖLÜM 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

7.1. Sonuçların Değerlendirilmesi ve Öneriler

Bu yüksek lisans tezi çalışması sırasında yapılan çalışmalarda otomotiv sektöründe şaşı ve şaşı bağlantılarında sıkça kullanılan S700CR çelikleri kendi aralarında elektrik direnç nokta kaynağı yöntemi kullanılarak birleştirilmiş ve bu birleştirmelerde elektrot baskı kuvveti, sıkıştırma ve tutma zamanları sabit tutularak kaynak zamanı ve kaynak akım şiddeti parametreleri değiştirilmiştir. Ön testlerde malzemede kaynak çekirdeğini oluşturabilen parametrelerden malzemeyi delen parametrelere kadar bütün parametreler uygulanmış ve uygun parametrelerde analizler yapılmıştır. Ön testlerin sonucunda 10-15-20-25-30 periyot için 6,33 kA, 7,4 kA, 8,33 Ka, 9,79 kA, 12 kA ve 13,12 kA için beş tane sıralı seri kaynak uygulanmıştır. Bunların iki tanesi çekme-makaslama, iki tanesi çekme-sıyırma ve beşinci seri de mikrosertlik, SEM, EDS, mikro ve makroyapı analizi için kullanılmıştır.

Bu deneyler sonucunda elde edilen veriler maddeler halinde aşağıda sıralanmıştır;

-S700CR birleştirmelerinde en yüksek çekme-makaslama kuvveti 20 Periyot kaynak zamanı 8,3 kA kaynak akım şiddeti değerinde 20650N olarak elde edilmiştir.

-S700CR birleştirmelerinde en yüksek çekme-sıyırma kuvveti 20 Periyot kaynak zamanı 9,79 kA kaynak akım şiddeti değerinde 2200N olarak elde edilmiştir. Elde edilen 2200N değerinin maksimum çekme-makaslama değeri olan 20650N değerinin çok altında olduğu açık olarak görünmektedir. Bu tür bağlantılar uygulanacağı zaman mukavemet hesabında göz ardı edilmemesi gereken bir nokta olduğunu belirtmek gerekmektedir.

-Yüzey görünümü kalitesinin üst düzey istendiği durumlarda 25-30 kaynak zamanlarında 7,4 kA, 15-20 kaynak zamanlarında 8,3 kA, 10 kaynak zamanında ise maksimum 12 kA kaynak akım şiddeti değerlerinin tercih edilmesi önerilir.

-S700CR çelik saclarının düşük kaynak zamanı ve düşük akım şiddetlerinde yapılmış kaynaklı birleştirmelerinde kaynak çekirdeğine iletilen ısı az olduğundan çekirdek boyutu normalden küçük olarak meydana gelmiştir. Bu bağlantılarda tespit edilen deney sonuçlarında çekme-makaslama ve çekme-sıyırma kuvvetlerinin de az olduğu belirlenmiştir.

-Kaynak akım şiddeti ve kaynak zamanının artışı sonucunda çekirdek boyutlarında yükselme belirlenmiş olup çekirdek boyutlarındaki artışla çekme-makaslama ve çekme-sıyırma kuvvetlerinin de arttığı tespit edilmiştir. Yükselen kuvvet kaynak noktasında daha yüksek miktardaki ergimenin sonucu nedeniyle olduğundan çekme-makaslama ve çekme-sıyırma testlerindeki düğmelenme ve sonrasında da yırtılma türü kopma gerçekleşmiştir.

-Yüksek kaynak akım şiddetlerinde ısı girdisi artmış ve kaynak noktasındaki ergime miktarını da arttırmıştır. Ergiyen metalin elektrot baskı kuvvetiyle birlikte sacların her iki elektrot-malzeme temas yüzeyinde oluşan elektrot dalma derinliklerinde artışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Bunun sonucunda ise elektrot-malzeme temas yüzeyinde renk değişimleri, elektrot yapışması, fişkırmalar ve sonrasında da malzemenin delinmesi durumu oluşmuştur. Böylece incelen kaynak çekirdek kesitinin sonucu olarak çekme-makaslama ve çekme-sıyırma kuvvetlerinde düşüş olduğu tespit edilmiştir.

-S700CR birleştirmelerinde oluşan kaynak çekirdeğinin iki malzeme de aynı kalınlıkta ve özellikle olduğundan ısı denge sağlanıp kaynak çekirdeğinin tam ortada bulunduğu tespit edilmiştir.

-Mikrosertlik ölçümleri sonucunda S700CR birleştirmelerde ana metalden çekirdeğe doğru ilerledikçe sertliğin mikroyapı içerisinde bulunan su verilmiş martenzitin kaynak işleminde çok yüksek ısıya maruz kaldığından ITAB(HAZ) bölgesinde ve çekirdek bu

bölgeden çekirdeğe geçişte öncelikle düşüşle beraber çekirdeğin başlamasıyla ani artış ve sonrasında ani düşüş gözlemlenmiştir. Kaynak çekirdeğinin tam merkezinde yaklaşık 450HV sertlik değerine ulaşılmış olup bu sertlik değeri ana metalin sertlik değerinin oldukça üzerindedir.

-1,5mm kalınlığa sahip S700CR çeliklerinin tüm kaynak bölgesinde yapılan SEM ve EDS analizleri sonucunda kaynak ve ITAB bölgesinde mukavemeti negatif etkileyecek yabancı herhangi bir element olmadığı tespit edilmiştir.

-S700CR birleştirmelerinde ITAB bölgesinde tane büyümeleri gerçekleştiği ve bu tane büyümelerinin tane sınırlarının yok olması sonrası birbirlerini yutma türünde olduğu gözlemlenmiştir.

-Kaynak parametrelerinin her kombinasyonu denenerek uygulanan testlerin sonucunda S700CR çelik çiftinin elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirmelerinde ulaşılmış tüm sonuçların birleştirilerek tek bir grafikte ortaya koyulmuş şekline Weld Lobe'a ulaşılmıştır.

Öneriler;

-Kaynaklı birleştirilmiş numuneler yorulma deneyi ile incelenebilir.

-Birleştirmelere yağmur, deniz suyu gibi korozyon testleri uygulanıp analiz edilebilir.

-Kaynaklı birleştirmeler burulma deneyi uygulanarak sonuçları incelenebilir.

-Kaynaklı birleştirmeler çentik darbe testi ile analiz edilebilir.

KAYNAKLAR

- Advanced high strength steel (AHSS) application guidelines, International Iron & Steel Institute Committee on Automotive Applications, (2005), Erişim Adresi: www.worldautosteel.org, Erişim Tarihi: 06.10.2016.
- Aslanlar, S., (1999) Galvanizli Kromatlı Mikro Alaşımli Çeliklerin Elektrik Direnç Nokta Kaynağında Uygun Hasar Modunun Tespiti, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aslanlar, S., (2006), The effect of nucleus size on mechanical properties in electrical resistance spot welding of sheets used in automotive industry, *Materials and Design* 27:125–131.
- Aslanlar, S., Oğur, A., Öz Saraç, U., İlhan, E., Demir, Z., (2007), Effect of welding current on mechanical properties of galvanized chromided steel sheets in electrical resistance spot welding, *Materials and Design* 28: 2–7.
- AWS, *Welding handbook*, Volume 3, *Welding processes: Resistance welding and solid-state welding and other joining processes*, 7.Ed.,
- Cho, H. S., Cho, Y. J. (1989), A Study of the Thermal Behavior in Resistance Spot Welds, *Welding Research Supplement*, 236 -244.
- Cretteur, L., Koruk, A.I., (2003), Heat treatments to improve weldability of new multiphase high strength steels', *Materials science forum*, 426-432, 1225–1230.
- Ding, H. Song, D. Tang, Z. and Yang P., (2011), Strain hardening behavior of a TRIP/TWIP steel with 18.8% Mn, *Material Science and Engineering A*, 528: 868873.
- Dong, S.J., Kelkar, G.P., Zhou, Y., (2002), Electrode Sticking During Micro-Resistance Welding of Thin Metal Sheets, *Ieee Transactions On Electronics Packaging Manufacturing*, 25(4): 355- 361.
- Erdem, V.E., Arısoy, C.F., (2003) Otomotiv Endüstrisinde Çelikten Vazgeçilebilir Mi? *Metal Dünyası*, Sayı.125, sy.72-81.

- Ertay, A.H., (2004), Fatigue Behaviour Of Spot Welds, Graduate Program in Mechanical Engineering, Boğaziçi University, Doktora Tezi, 120 sf.
- Fonstein, N., (2015), Martensitic Sheet Steels. In Advanced High Strength Sheet Steels (pp. 259–274). Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-31919165-2_7.
- Gül, Ü., (2017), 1200m çeliğinin (cmt) kaynak yöntemi birleştirilmesinde mekanik ve metalurjik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ.
- H. Mohrbacher, (2015), “Martensitic automotive steel sheet Fundamentals and metallurgical optimization strategies,” Adv. Mater. Res., vol. 1063, pp. 130–142.
- Kekik, M., (2018), 1200M-DP800HF Saclarının elektrik direnç nokta kaynak yöntemiyle birleştirilmesinde hasar modunun tespiti, Yüksek Lisans Tezi, SAÜ.
- Marashi, P., Pouranvari, M., Amirabdollahian, S., Abedi, A., Goodarzi, M., (2008), Microstructure and failure behavior of dissimilar resistance spot welds between low carbon galvanized and austenitic stainless steels, Materials Science and Engineering A 480, pp 175–180.
- Marya, M., Gayden, X.Q., (2005), Development of Requirements for Resistance Spot Welding Dual-Phase (DP600) Steels Part 2: Statistical Analyses and Process Maps, Welding Journal, 197-204.
- Onar, V., (2017), Trip çelikler ile mikrolaşımli çeliklerin elektrik direnç nokta kaynağında birleştirilebilirliğinin incelenmesi, Doktora Tezi, SAÜ.
- Onar, V., Aslanlar, S., (2017), Welding Time effect of Welding Joints in Micro Alloyed and TRIP 800 Steels in Resistance Spot Welding, Acta Physica Polonica A, Vol 131/3, 389-391.
- Özer, A., (2009), Çeliklere uygulanan TRIP işlemleri ile mekanik özelliklerin iyileştirilmesi, TUBAV Bilim Dergisi, Cilt:2, Sayı:3, Sayfa:291-301,. Erişim Adresi: <http://www.metaldunyasi.com.tr/tr/guncel/47/gelistirilmis-yuksekmukavemetli-otomotiv-celik-kaliteleri.html>, Erişim Tarihi: 16.10.2017.
- Öztürk, F., Toros, S., Esener, E., Uysal, E., (2009), Otomotiv endüstrisinde yüksek mukavemetli çeliklerin kullanımının incelenmesi, Mühendis ve Makina, Cilt:50, Sayı:596.
- Pollard, B., (1974), Spot Welding Characteristics of HSLA Steel for Automotive Applications, AWS Welding Research Supplement August 1974:343-350.
- Satoh, T. Abe, H. Nakaoka, T. and Hayata, Y., (1996), The fatigue life of the spot welded joint under a repeated load of R=-1, Welding in The World, 12.

- Sawhill, J. M., Watanabe, H., Mitchell, J. W., (1977), Spot Weldability of Mn-Mo Cb, V-N, and SAE 1008 Steels, AWS Welding Research Supplement July 1977:217-224.
- Speich, G.R., (1981), Physical metallurgy of dual phase steels, fundamentals of dual-phase steels, R.A. Kot, B.I. Bramfit, AIME, s.3-45.
- Toros S., Öztürk, F., (2007), Otomobillerde Alüminyum ve Magnezyum Alaşımlarının Yeri ve Şekillendirilebilme Kabiliyetlerinin İncelenmesi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası IX. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu, Bursa.
- Şık, A., (2002), Otomobil saclarının MIG/MAG kaynağından gaz karışımlarının bağlantının mekanik özelliklerine etkisi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,.
- Türk Standardları Enstitüsü, (2001), EN ISO 14270, Specimen dimensions and procedure for mechanized peel testing resistance spot, seam and embossed projection welds.
- Türk Standardları Enstitüsü, (2007), EN ISO 14273, Resistance welding-Procedure for spot welding of uncoated and coated low carbon steels.
- Varis, J.P., (2006), The suitability of clinching as a joining method for high-strength structural steel, Journal of Materials Processing Technology, 132, 242-249.
- Savic V., Hector Jr L. G. and Fekete J. R., (2010) "Digital Image Correlation Study of Plastic Deformation and Fracture in Fully Martensitic Steels," Exp. Mech., vol. 50, no. 1, pp. 99-110.
- Yong T., Zhuang L., (2012), Effects of warm deformation on mechanical properties of TRIP aided Fe-C-Mn-Si multiphase steel, Journal of Iron And Steel Research, International, 19(6), s.47-52.

ÖZGEÇMİŞ

Volkan ÇETİN, 19.11.1991'de Eskişehir'de doğmuştur. İlk, orta ve lise eğitimini Bilecik'te tamamlamıştır. Lise eğitimini 2009'da Bilecik Söğüt Anadolu Lisesi'nde tamamlayarak aynı yıl Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümüne girmiş ve 2014 yılında mezun olmuştur. 2015 yılında Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kompozit Malzeme Teknolojileri programını yarım bırakmıştır. 2016 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği programında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.