T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SOĞUK ŞEKİLLENDİRME KALIPLARINDA MARUZ KALINAN DEFORMASYONLARIN GİDERİLMESİ SONRASI MEKANİK VE METALÜRJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

TOLGA ZEYBEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. CEM SECAATTİN ÇETİNARSLAN

EDİRNE – 2021

Tolga ZEYBEK'in hazırladığı "**Soğuk Şekillendirme Kalıplarında Maruz Kalınan Deformasyonların Giderilmesi Sonrası Mekanik ve Metalürjik Özelliklerinin İncelenmesi**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında bir yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad): İmza

Prof. Dr. Cem Secaattin ÇETİNARSLAN

Prof. Dr. Mümin ŞAHİN

Prof. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI

Tez Savunma Tarihi: 17/02/2021

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

Prof. Dr. Cem Secaattin ÇETİNARSLAN İmza

Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

17/02/2021

Tolga ZEYBEK

…….

Yüksek Lisans Tezi

Soğuk Şekillendirme Kalıplarında Maruz Kalınan Deformasyonların Giderilmesi Sonrası Mekanik ve Metalürjik Özelliklerinin İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

1.2379 soğuk iş takım çelikleri, yüksek aşınma dayanımı ve yüksek tokluğa sahip olduğundan kesme, aşınma, yüzey pürüzlülüğü için uygundur. Bu takım çeliğinden yapılmış soğuk şekillendirme kalıpları, seri üretim esnasında zamanla deformasyona maruz kalabilir. Deformasyonlu bölgeler, çeşitli elektrotlar ile tamir edilmiştir.

Bu çalışmada, farklı parametreler kullanılarak yapılan tamir ve bakım kaynağı sonrasında, nüfuziyet, sertlik, mikro-makro yapı, ısıl bölge mikro sertlik tarama testleri gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir ve 1.2379 soğuk iş takım çeliği için en uygun tamir bakım kaynak yöntemleri yorumlanmıştır.

Yıl : 2021

Sayfa Sayısı : 112

Anahtar Kelimeler : 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliği, Soğuk Şekillendirme Kalıpları, Tamir Bakım Kaynağı, Sertlik, Nüfuziyet, Aşınma

Master Thesis

Investigation of Mechanical and Metallurgical Properties on Cold Forming Dies after Repairment of Exposed Deformations

Trakya University Institute of Natural Sciences

Mechanical Engineering Department

ABSTRACT

1.2379 cold work tool steels are suitable for cutting, abrasion and surface roughness by reason of having high abrasion strength and high toughness. Cold forming dies made from these tool steels may be exposed to deformation during serial production in time. Deformed zones were repaired with various electrodes.

In this study, it is aimed to perform penetration, hardness, micro-macro structure, heat zone micro hardness scanning tests after repair and maintenance welding with using different parameters and optimum repair and maintenance welding methods for 1.2379 cold work tool steel are interpreted.

Year : 2021

Number of Pages : 112

Keywords : 1.2379 Cold Work Tool Steel, Cold Forming Dies, Repair and Maintenance Welding, Hardness, Penetration, Abrasion

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının başından sonuna kadar emeği geçen, teknik bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen ve bana yol gösteren saygıdeğer hocam ve danışmanım Sayın Prof. Dr. Cem S. ÇETİNARSLAN'a yine kıymetli bilgilerinden faydalandığım değerli hocam Öğr. Gör. Kaan ÖZEL'e ve Arş. Gör. Selçuk SELVİ'ye tüm katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen Bant Boru A.Ş. AR-GE Mühendisi Yüksek Metalürji ve Malzeme Müh. Bora YILDIZ'a, OMÜ Araştırma Görevlisi Onur YONTAR'a, Gedik Kaynak ve As Kaynak Satış Mühendislerine, Bant Boru A.Ş. CEO'su Sinan GİDER'e, Dostel Makina A.Ş. yönetim kurulu başkanı Can YÜCEL'e, Dostel Makine A. Ş. Genel Müdürü Zeki MALKOÇ'a, çalışma arkadaşlarıma ve her şeyden öte, tüm öğrenim hayatım boyunca, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim değerli aileme ve eşim Semiramis DOĞAN ZEYBEK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜRLER vi

İÇİNDEKİLER vii

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ x

ÇİZELGELER DİZİNİ xi

ŞEKİLLER DİZİNİ xiii

BÖLÜM 1 1

1. GİRİŞ 1

BÖLÜM 2 3

2. GENEL BİLGİLER 3

2.1. Takım Çelikleri 3

2.1.1. Takım Çeliklerinin Sınıflandırılması 7

2.1.2. Takım Çeliklerinin Kullanım Alanları 10

2.2. Soğuk İş Takım Çelikleri 11

2.2.1. Soğuk İş Takım Çeliklerinin Sınıflandırılması 13

2.2.1.1. Alaşımsız Soğuk İş Takım Çelikleri 14

2.2.1.2. Alaşımlı Soğuk İş Takım Çelikleri 15

2.2.2. Soğuk İş Takım Çeliklerinin Kullanım Alanları 17

2.2.3. 1.2379 Soğuk İş Takım Çelikleri 19
2.2.3.1. 1.2379 Takım Çeliğinin Kimyasal Kompozisyonu 19
2.2.3.2. 1.2379 Takım Çeliğinin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri 21
2.2.3.3. 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliklerinin Kullanım Alanları 25
2.3. Kaynak ve Kaynak Yöntemleri 25
2.3.1. Ergitme Kaynak Yöntemleri 28
2.3.2. Katı Hal Kaynak Yöntemleri 28
2.3.3. Örtülü Elektrotla Elektrik Ark Kaynağı 30
BÖLÜM 3 38
3. MATERYAL VE YÖNTEM 38
3.1. Problem Tanımı 38
3.2. Malzeme Seçimi 38
3.3. Deney ve Testlerin Yapılışı 39
3.3.1. Numune Hazırlama Aşaması 39
3.3.2. Dağlama Karışımı Hazırlanması 45
3.3.3. Numunelerin Makro Yapı İncelemesi 46
3.3.4. Numunelerin Mikro Yapı İncelemesi 47
3.3.5. Manuel Rockwell Sertlik Ölçümü 47
3.3.6. Dijital Vickers Mikro Sertlik Ölçümü 48
3.3.7. Çekme Testleri 49
3.4. Deney ve Testlerin Sonuçları 50
3.4.1. 1 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler 50
3.4.2. 2 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler 56
3.4.3. 3 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler 61
3.4.4. 4 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler 66

3.4.5. 5 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler 70
3.4.6. 6 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler 75
3.4.7. 1.2379 Çeliğinin Kaynaksız Numuneleri 80
3.4.8. Kaynak Sertliklerinin Karşılaştırılması 84
3.4.9. Çekme Deneyi Sonuçlarının Karşılaştırılması 85
BÖLÜM 4 87
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA 87
KAYNAKLAR 91
ÖZGEÇMİŞ 96

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	: derece
HRC	: Rockwell sertlik birimi
HV	: Vickers sertlik birimi
ITAB	: Isı tesiri altında kalan bölge
CaCO3	: Kalsiyum karbonat
MPa	: Megapaskal
N	: Newton
mm2	: Milimetre kare
kN	: Kilo Newton
C	: Karbon
Sİ	: Silisyum
Mn	: Mangan
Cr	: Krom
Co	: Kobalt
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
V	: Vanadyum
W	: Tungsten
°F	: Fahrenhayt

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. İstenilen özellikler için gerekli mikro yapı ve alaşım miktarı 5
Çizelge 2.2. Takım çeliklerinde kullanılan alaşım elementleri ve miktarları 6
Çizelge 2.3. Takım çeliklerinin kullanım alanları..... 10
Çizelge 2.4. Alaşımsız soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşimi (TS 3941) 15
Çizelge 2.5. Alaşımlı soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşimi (TS 3921)..... 16
Çizelge 2.6. 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin farklı standartlara göre isimleri..... 20
Çizelge 2.7. 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal kompozisyonu (%) 20
Çizelge 2.8. 1.2379 takım çeliğinin sertlik ve basma dayanımı değerleri 21
Çizelge 2.9. 1.2379 takım çeliğinin fiziksel özellikleri 22
Çizelge 2.10. Nitrürleme için gerekli sıcaklık ve süre 22
Çizelge 2.11. 1.2379 takım çeliğine uygulanan kaynak metotları 23
Çizelge 3.1. 1 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 51
Çizelge 3.2. Dikey eksen boyunca 1 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri..... 54
Çizelge 3.3. 1 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri 55
Çizelge 3.4. 2 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 56
Çizelge 3.5. Dikey eksen boyunca 2.1 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri 60
Çizelge 3.6. 2 Numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri 61
Çizelge 3.7. 3 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 62
Çizelge 3.8. Dikey eksen boyunca 3 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri..... 65
Çizelge 3.9. 3 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme özellikleri 66
Çizelge 3.10. 4 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 67

Çizelge 3.11. Dikey eksen boyunca 4 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik değerleri 69
Çizelge 3.12. 4 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri 70
Çizelge 3.13. 5 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 71
Çizelge 3.14. Dikey eksen boyunca 5 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri 73
Çizelge 3.15. Dikey eksen boyunca 5 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik grafiği 74
Çizelge 3.16. 5 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri 74
Çizelge 3.17. 6 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 76
Çizelge 3.18. Dikey eksen boyunca 6 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik değerleri 79
Çizelge 3.19. 6 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme özellikleri 80
Çizelge 3.20. 7 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri 81
Çizelge 3.21. 1.2379 çeliğindeki numunenin değerleri 83
Çizelge 3.22. 6 farklı elektrotun kaynak sertlik değerleri 84
Çizelge 3.23. 6 farklı elektrotun kaynak sertlik değerlerinin ortalaması ve standart sapması 85
Çizelge 3.24. 6 farklı elektrotun çekme testi sonuçları 86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Takım çeliklerinde istenilen özelliklere göre mikro yapı ve özellik değişimleri 7
Şekil 2.2. Takım çeliklerinin DIN 17350'ye göre sınıflandırılması 8
Şekil 2.3. Soğuk iş, sıcak iş ve yüksek hız çeliklerinin temper sertlikleri 8
Şekil 2.4. Toz metalürjisi ile üretilmiş çeliğin mikro yapısı (Beyaz alanlar karbür partikülleridir). 12
Şekil 2.5. Geleneksel yöntemlerle üretilmiş çeliğin mikro yapısı 12
Şekil 2.6. Tavlama yapılmış D2 takım çeliğinden alınan mikroyapı örneği (20 µm)..... 24
Şekil 2.7. Isıl işlem görmüş ve hava soğutmalı D2 takım çeliği mikroyapı örneği (20 µm) 24
Şekil 2.8. Isıl işlem görmüş ve su soğutmalı D2 takım çeliği mikroyapısı örneği (20µm) 25
Şekil 2.9. Kaynak işlemlerinin sınıflandırılması 27
Şekil 2.10. Ergitme kaynağı şematik gösterimi 28
Şekil 2.11. Basınç kaynağının şematik gösterimi 29
Şekil 2.12. Kaynak yöntemlerinin sınıflandırılması 29
Şekil 2.13. Elektrik ark kaynağının çalışma prensibinin gösterimi 31
Şekil 2.14. Örtülü elektrotla elektrik ark kaynağının donanım şeması 32
Şekil 2.15. Farklı tip elektrik ark kaynak makineleri 33
Şekil 2.16. Kaynak redresörünün şematik gösterimi 34
Şekil 2.17. Kaynak transformatörünün şematik gösterimi 35
Şekil 2.18. İnvertör tip kaynak makinasının çalışma prensibi 36
Şekil 3.1. Pres altında deformasyona uğramış 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden yapılmış kalıp parçası 39
Şekil 3.2. 1.2379 soğuk iş takım çeliği üzerine kaynak yolu açılması 39

Şekil 3.3. 6 numaralı elektrot ile kaynak yolunun doldurulması 40
Şekil 3.4. Farklı elektrotlar ile kaynak yollarının doldurulması 40
Şekil 3.5. Kalıptan numune çıkarılması 41
Şekil 3.6. Kaynak numunelerinin bakalite yerleştirilmesi 41
Şekil 3.7. Reçine dökülerek kurutulmaya bırakılmış numuneler 42
Şekil 3.8. Zımparalama işlemi için hazırlanmış numuneler 42
Şekil 3.9. Numunelerin 1 nolu zımpara ile yüzeylerinin düzeltilmesi 43
Şekil 3.10. Numunelerin II nolu zımpara ile yüzeylerinin detaylı düzeltilmesi 44
Şekil 3.11. Numunelerin ön parlatma işlemi 44
Şekil 3.12. Numunelerin detaylı parlatma işlemi 45
Şekil 3.13. Dağlama karışımı hazırlanması 45
Şekil 3.14. Nikon SMZ800 marka mikroskop 46
Şekil 3.15. Leica DM4000M led marka optikmikroskobı 47
Şekil 3.16. BMS bulut makinanın manuel rockwell sertlik ölçüm cihazı 48
Şekil 3.17. Vikers mikrosertlik ölçüm noktaları 48
Şekil 3.18. Metkon marka vickers mikrosertlik ölçüm cihazı 49
Şekil 3.19. TIME WDW-100 model çekme cihazı 50
Şekil 3.20. 1 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü 51
Şekil 3.21. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü d) 100µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü 52
Şekil 3.22. 1 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 53
Şekil 3.23. 1 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü 53
Şekil 3.24. 1 numaralı elektronun 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü 54
Şekil 3.25. Dikey eksen boyunca 1 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değeri grafiği 55
Şekil 3.26. 2 numaralı elektrotla kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü 56
Şekil 3.27. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü d) 200µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü 57
Şekil 3.28. 2 numaralı elektronun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 58

Şekil 3.29. 2 numaralı elektronun 200µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü 58
Şekil 3.30. 2 numaralı elektronun 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü 59
Şekil 3.31. Dikey eksen boyunca 2 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değeri grafiği 60
Şekil 3.32. 3 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü 61
Şekil 3.33. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü d) 100µm ölçekte ıtab ve çatlak bölgesi mikro yapı görüntüsü 62
Şekil 3.34. 3 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 63
Şekil 3.35. 3 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot, ıtab ve çatlak mikro yapı görüntüsü 64
Şekil 3.36. 3 numaralı elektronun 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü 64
Şekil 3.37. Dikey eksen boyunca 3 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değeri grafiği 65
Şekil 3.38. 4 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü 66
Şekil 3.39. 4 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 67
Şekil 3.40. 4 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü 68
Şekil 3.41. Dikey eksen boyunca 4 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik grafiği 69
Şekil 3.42. 5 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü 70
Şekil 3.43. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ölçekte ıtab ve ana malzeme mikro yapı görüntüsü d) 200µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü 71
Şekil 3.44. 5 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 72
Şekil 3.45. 5.numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü 73
Şekil 3.46. 6 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü 75
Şekil 3.47. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ölçekte ıtab ve ana malzeme mikro yapı görüntüsü d) 100µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü 76

Şekil 3.48. 6 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 77
Şekil 3.49. 6 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü 78
Şekil 3.50. 6 numaralı elektrotun 100µm ölçekte ıtab ve ana malzeme mikro yapı görüntüsü 78
Şekil 3.51. Dikey eksen boyunca 6 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik grafiği 79
Şekil 3.52. Kaynaksız numunelerin makro yapı görüntüsü 80
Şekil 3.53. 1.2379 çeliğindeki numunenin 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 81
Şekil 3.54. 1.2379 çeliğindeki numunenin 200µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 82
Şekil 3.55. 1.2379 çeliğindeki numunenin 100µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü 82
Şekil 3.56. Dikey eksen boyunca 1.2379 çeliğindeki numunenin sertlik grafiği..... 83
Şekil 3.57. 6 farklı elektrotun kaynak mikro sertlik değer grafiği 84
Şekil 3.58. 6 farklı elektrotun çekme testi sonuç grafiği..... 86
Şekil 4.1. Kaynak sertliği standart sapma grafiği 89

BÖLÜM 1

1. GİRİŞ

Günümüzün gelişmekte olan ve gelişmeye devam eden endüstrisi ve teknolojisi, birbirinden farklı malzemenin, çeşitli malzeme türleriyle, malzemenin özelliklerine göre, farklı yöntemlerle işlenmesine, şekillendirilmesine ve uygulanmasına olanak sağlar. Bu durum bizlere yeni ihtiyaçlar doğurmuş ve farklı uygulamalar tasarlamamıza zemin hazırlamıştır. Bunlara istinaden endüstride kullanılan malzeme türlerinin artması ve aynı zamanda bunlar için farklı birleştirme yöntemlerinin gerekliliği, özellikle de son zamanlarda ekonomik durumlarında önem kazanmasıyla bu malzemelerin birleştirilmesi üzerinde yoğunlaşılmıştır.

Birbirinden farklı özellikleri olan endüstriyel malzemeler, farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilme avantajına sahiptir. Fakat burada dikkat edilmesi gereken asıl nokta; seçilen malzemenin belirli özellikleri dikkate alınarak, birleştirileceği yöntemin doğru seçilmesidir. Her yöntemin kendine has özelliklere sahip olduğu ve birleştirilecek yöntemin ise malzemeden malzemeye değişebileceği göz ardı edilmemelidir. Dikkat edilmesi gereken diğer seçenekler ise maliyet, dayanıklılık, hafiflik, kullanım ömrü, üretim kolaylığı gibi faktörlerdir.

Endüstrinin birçok alanında iş kalıpları, kesici takımlar ve alet takımları makinelerle birlikte veya makinelerden ayrı kullanılmaktadır. Bu takımlar belli bir süre kullanıldıktan sonra maruz kaldıkları kuvvetlerin ve darbelerin etkisiyle aşınmakta, yorulmakta, kırılmakta ve korozyona uğramaktadır. Bu etkilerin sonucunda takım ve aletlerinin ekonomik ömürlerini doldurmadan kullanılamaz hale gelmektedir. Bu

sebepten dolayı takımların tekrardan üretimde kullanılması için çeşitli tadilat ve tamirat yöntemleri uygulanmakta ve oluşabilecek sorunlar giderilmektedir.

1.2379 soğuk iş takım çeliği yüksek aşınma dayanımı ve yüksek tokluğa sahip olduğundan dolayı kesme, aşınma, yüzey pürüzlülüğü için uygundur. Bu takım çeliği civata ovalama makaraları ve taraklarında, soğuk şekil verme kalıplarında, sac kalınlığı 6 mm'ye kadar olan sacların hassas kesme kalıplarında, soğuk zımbalarda, derin çekme kalıplarında, kırılmaya maruz kalan kesitlerde, makas bıçaklarında, çapak alma kalıplarında, ağaç işleme takımlarında kullanılmaktadır. Preshanelerde, özellikle otomotiv sektöründe yaygın kullanılan, 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden yapılan soğuk şekillendirme kalıplarının deformasyon sonucunda yeni bir kalıp temin edilene kadar üretim hattı durmaktadır. Geçici çözüm olarak kaynak ile dolgu (tamir bakım) yapılmaktadır. Geçici çözüm standartlaştırılmadığı için yapılan tamir bakım işlemleri, seri üretim şartlarına nadiren uzun süre dayanabilmektedir. Belirlenen parametreler, yeni kalıp üretimi, üretim duruşları ve kalitesiz üretim sebebi ile oluşan maliyetleri azaltacaktır.

1.2379 soğuk iş takım çeliğinden yapılmış soğuk şekillendirme kalıbının, seri üretim esnasında aldığı deformasyonu gidermek için, en uygun kaynak parametrelerinin bulunması gerekmektedir. Bu tamirat işlemi sırasında kullanılan farklı elektrotlarla kaynak yapılmış bölgelerden örnek kesitler alınarak nüfuziyet, sertlik, mikro yapı, ısıl bölge mikro sertlik taraması, kaynak bölgesi mikro yapı kontrol testlerinin yapılarak en uygun kaynak parametrelerinin seçiminin yapılması hedeflenmektedir. Farklı parametreler ile yapılan tamir çalışmaları sonrası kalıbın üretimdeki kalite, performans gibi özellikleri doğal olarak farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, deforme olmuş 1.2379 soğuk iş takım çeliği için uygun kaynak parametreleri araştırılacaktır.

BÖLÜM 2

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Takım Çelikleri

Metal, lastik, seramik, plastik, ahşap ve kâğıt malzemelerin işlenmesi ve şekillendirilmesinde kullanmak amacıyla planlanan çeliklere takım çelikleri denir (Zelič, Burja, McGuiness, & Godec, 2018).

Takım çeliği, üzerinde çalıştığı malzemenin daha sert olmasını, yüksek dayanıklılık sağlamasını ve ciddi aşınmalara dirençli olmasını hedefler. Bu yüzden takım imalatı için kullanılan malzemelerin kısa vadeden ziyade daha uzun sürede özel şartları dışında kullanılacak yerlerin koşullarına göre daha yüksek sertlikte ve dayanıklılıkta olması gerekir. Bazı ayırma işlemi yapan, form düzenleyen ve çevresel etkenlerle darbeye maruz kalan takımların daha yüksek düzeyde güvenli olması beklenir (Koçak, 2006)

Çelik malzemeler kullanım yöntemine göre sınıflandırılmaktadır. Genel olarak çelikler; kimyasal bileşenlerine, fiziksel özelliklerine (paslanmaz, manyetik, yüksek sıcaklığa dayanıklılık), ısıl işlemlerine (ıslah, sementasyon, nitrasyon), kullanım alanlarına (genel imalat, makine imalatı, takım, yay, rulman) ve imalat yöntemine göre sınıflandırılır. Takım çeliklerinde kimyasal bileşenine göre sınıflandırma olmaz çünkü kimyasal bileşenler hem değişebilir hem de diğer çelik gruplarıyla kesişebilir (Koçak, 2006).

Takım çeliklerinin genel özellikleri:

- Yüksek dayanıklılık
- İyi seviyede sertlik
- Aşınma direncinin yüksek olması
- Sertleşme düzeyinin yüksek olması
- Sürekliliğin iyi olması
- Yüksek tokluk
- İyi derecede sıcaklık özellikleri
- Isıl iletkenliğin yüksek olması
- Isıl genleşmenin düşük olması
- Verimli işlenebilirdik
- Verimli kaynaklanabilirlik
- İyi derecede parlatılabilirdik

Takım çeliklerinin verimli olabilmesi için yapılması gereken unsurlar Çizelge 2.1.'de gösterilmektedir (Mohammed vd., 2013).

Çizelge 2.1. İstenilen özellikler için gerekli mikro yapı ve alaşım miktarı.

İstenilen özellikler	**Gerekli mikroyapı**	**Gerekli alaşım elementleri**	**Çelik grubu ve örnekler**
Sertlik	Martenzit, yüksek C çözünürlüğü	% 0,6-1,5 C	Alaşımsız soğuk iş takım çelikleri C100
Sertlik ve aşınma direnci	Martenzit + karbürler	% 1-2 C %12'ye kadar Cr W, Mo ve V	Alaşımlı soğuk iş takım çelikleri X210Cr12
Büyük kesitlerde sertlik	Martenzit, dönüşüme dirençli matriks	% 0,4-0,6 C % 4'e kadar Ni Mn ve Cr	Havada sertleşen soğuk iş takım çelikleri X45NiCrMo4
Sıcak mukavemet Termo şok direnci	Martenzit İkincil karbür çökeltileri	% 0,3-0,4 C % 5'e kadar Cr Mo ve V	Sıcak iş takım çelikleri X38CrMoV5 1
Sertlik Sıcak aşınma direnci	Martenzit, Primer karbürler İkincil karbür çökeltileri	% 0,8-2 C % 18'e kadar (W+2Mo). % 4'e kadar V % 10'a kadar Co	Yüksek hız takım çelikleri S6-5-2 S10-4-3-10

Belirtilen her özellik aynı çelikte olmayabilir fakat önemli olan kullanım amacına göre en uygun malzemeyle ve uygun bütçeyle ömür/performans verimliliğine bakılmasıdır. Takım çeliğinde bulunan yüksek miktardaki alaşım elementleri, çeliğin eritilmesinden dökümüne ve işlenmesine kadar geçen her süreçte, diğer çeliklerden farklı sistemlerin kullanılmasını sağlar. Bu süreçleri kapsayan her işlemde takım çeliğinin kalitesi de çelik üretiminde önemlidir. Takım çeliğinde olması gereken özellikler:

- Kimyasal bileşen aralığının dar olması
- Kimyasal bileşenlerin homojen olması

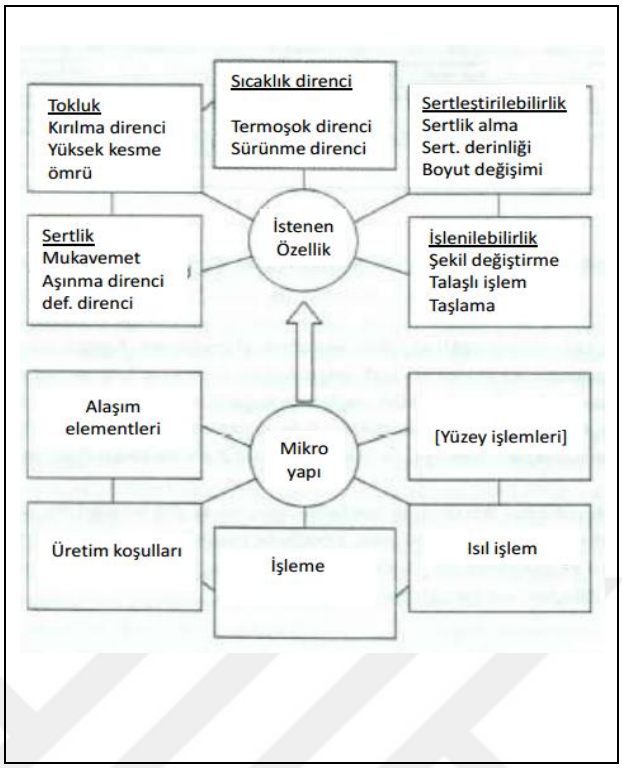
- İnce taneli ve homojen mikroyapı
- Yüzeylerin işlenmiş olması
- Kalite kontrol güvenirliliği

Takım çeliklerinde kullanılan alaşım elementleri ve kullanım oranları Çizelge 2.2'de verilmiştir (Mohammed vd., 2013).

Çizelge 2.2. Takım çeliklerinde kullanılan alaşım elementleri ve miktarları.

Alaşım elementi	**Alaşım elementi %miktarı**
C	0-2
Sİ	0-2
Mn	0-17
Cr	0-25
Co	0-12
Mo	0-9
Ni	0-20
V	0-5
W	0-18

Alaşım elementlerinin miktarı ve kombinasyonunun optimizasyonu ile takım çeliklerinde beklenilen özellikler sağlanmaktadır. Bu özellikler Şekil 2.1'de gösterilmektedir. Bu durum ortaya çıkan her olasılık için farklı takım malzemeleri geliştirmiştir (Mohammed vd., 2013).

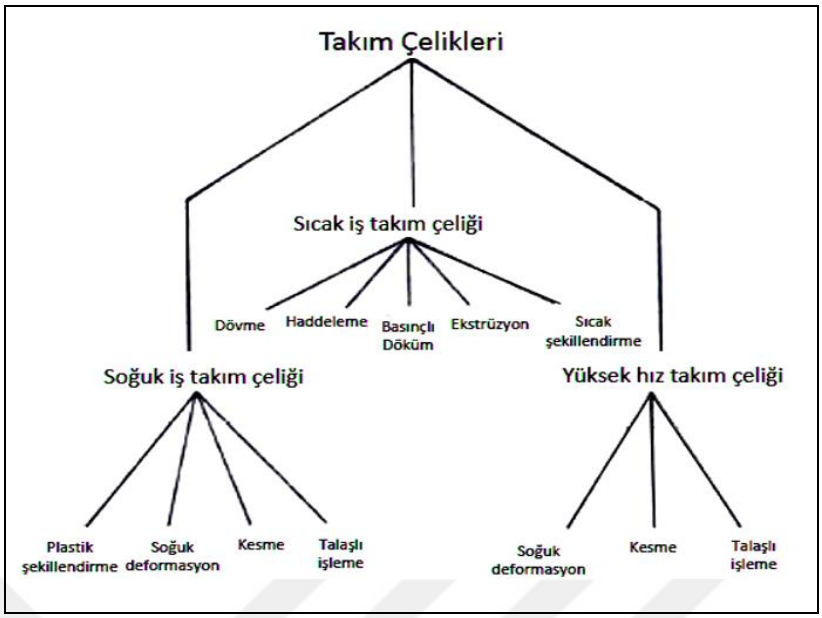


Şekil 2.1. Takım çeliklerinde istenilen özelliklere göre mikro yapı ve özellik değişimleri

2.1.1. Takım Çeliklerinin Sınıflandırılması

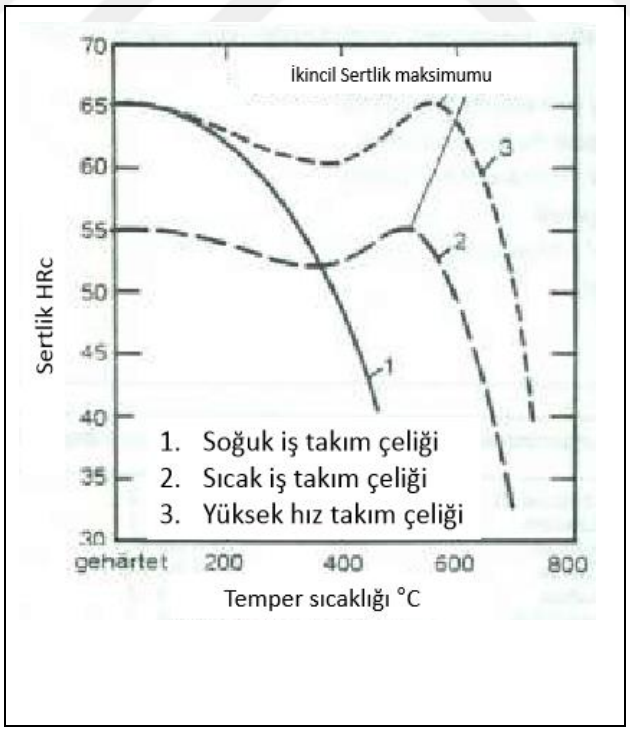
Takım çeliklerinin en az 60 HRC martenzit sertliği gösterebilmesi için su verme sonunda bileşimlerinde %0,6'dan fazla C içermeleri gerekmektedir. Ötektoid bileşimde içeriğinde C bulunması halinde, iç yapının çözülmemesini ve çeliğin aşınmalara karşı dayanma kapasitesini arttırmak için karbürler oluştururlar.

Endüstride genel olarak kullanılan sertleşme ortamına göre suda, yağda ve havada sertleşebilen çelikler olarak sınıflandırılırlar. DIN 17350 Şekil 2.2'de sınıflandırılmıştır (Ertürk, 1994).



Şekil 2.2. Takım çeliklerinin DIN 17350'ye göre sınıflandırılması.

Bu malzemeleri birbirinden ayıran en önemli özelliği sertlik kavramıdır. Sertlik durumunu ise Şekil 2.3'te gösterildiği gibi temperleme sıcaklıkları değiştirmektedir (Mohammed vd., 2013).



Şekil 2.3. Soğuk iş, sıcak iş ve yüksek hız çeliklerinin temper sertlikleri.

Soğuk iş takım çeliklerinin sertlik seviyesi başlangıçta yüksektir ve bu sertlik 200 °C'nin üzerinde olduğunda düşmeye başlar. Sıcak iş takım çeliklerinde başlangıçta ise daha düşük temper öncesi sertliğe sahiptir. Bu sertlik 600 °C temper sıcaklıkları boyunca sabit kalır ve düşmez. Yüksek hız takım çeliklerinde sertlik; temper öncesi sertliğe göre yüksektir ve bu sertlik aynı zamanda çok yüksek temper sıcaklıklarında bile kalıcı olur. Yüksek hız ve sıcak iş takım çeliklerinin en önemli özelliği ise 500-600 °C temper sıcaklık düzeyinde bile sertlik durumunda görülen artıştır. Bu artış ikincil sertleşme olarak da bilinir ve V, W, Mo gibi alaşım elementlerin karbür çökeltileri ile meydana gelir. Bu durum bu malzemenin 500 °C sıcaklığın üzerine kullanılmasına olanak sağlar (Zelic vd., 2018).

2.1.2. Takım Çeliklerinin Kullanım Alanları

Takım çeliklerinin kullanım alanları Çizelge 2.3'te gösterilmektedir (Ertük, 1994).

Çizelge 2.3. Takım çeliklerinin kullanım alanları.

ÇELİK TİPİ	**KULLANIM ALANLARI**	**ÖRNEKLER**
Soğuk iş takım çelikleri	Yarı mamüllerin şekillendirilmesi ve ayrılması Toz malzemelerin soğuk presi	Derin çekme, ekstrüzyon, soğuk baskı, kesme ve delme, sinter parçaların preslenmesi, el aletleri
Sıcak iş takım çelikleri	Sıvı halden şekillendirme, ısıtılmış metallerin ve camların şekillendirilmesi	Basınçlı döküm kalıpları, ekstruder, cam şekillendirme, dövme kalıpları
Yüksek hız takım çelikleri	Geometrisi belli kesici uçlar ile kesme işlemi	Matkap, freze, diş açıcı uçlar, metal testereler, broşlama

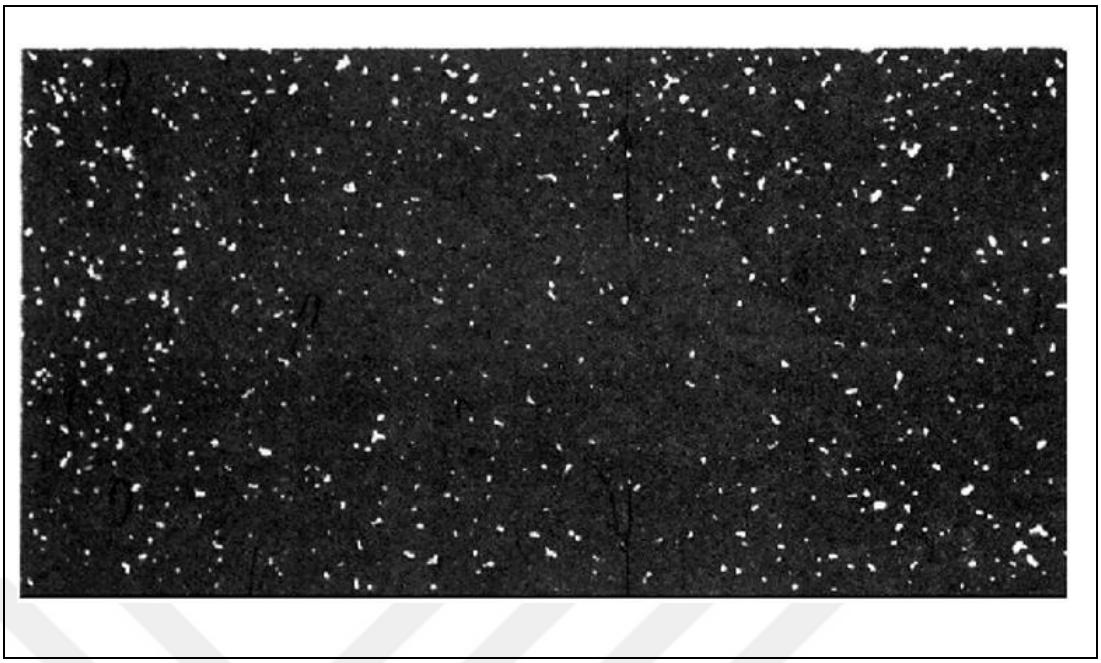
2.2. Soğuk İş Takım Çelikleri

Soğuk iş takım çelikleriyle 200 °C'nin altında bulunan parçalar işlenir. Oda sıcaklığında olan kalıp ve takımlarda yüksek sıcaklığa dayanma zorunluluğu olmadığından soğuk iş çelikleri çok iyi aşınma dayanımı ve tokluğu sağlayacak şekilde alaşımlandırılırlar (Kang vd., 2020).

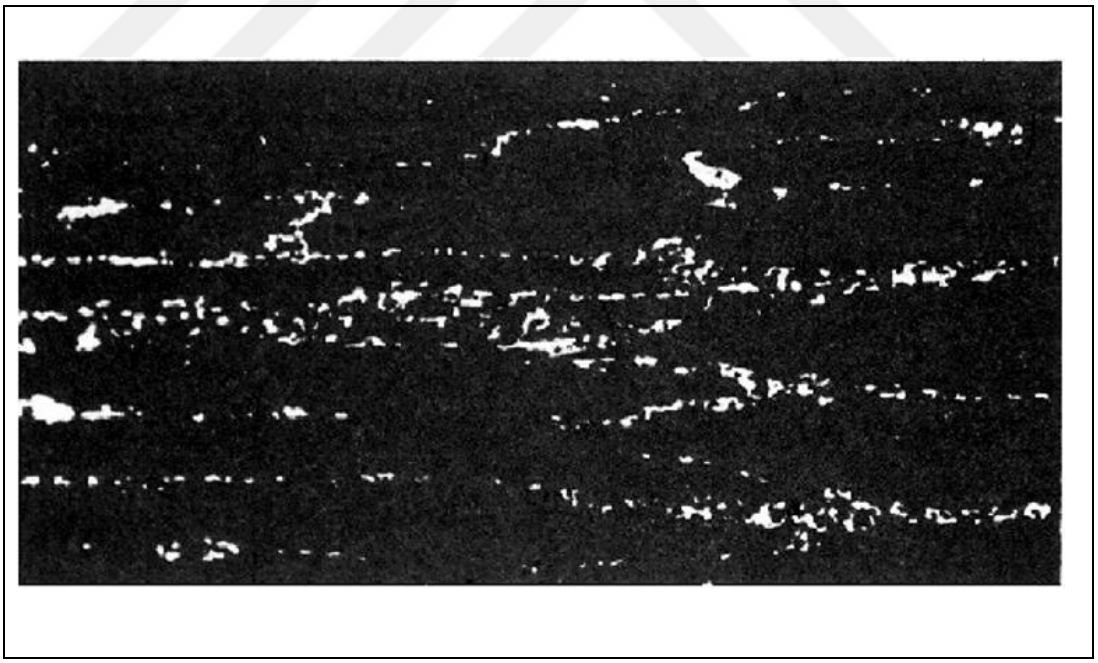
Kullanım alanlarına göre önemli özelikler arasında aşınma dayanımı veya tokluk yer alır. Sürekli aşınmaya maruz kalan kalıp veya takımlar için tokluk özelliğine bakılmadan yüksek sertliğe erişebilen çelikler tercih edilebilir. Bu kalıplarda herhangi bir darbe olmadığı için tokluk özelliği düşük olabilir. Hem aşınmanın hem de darbenin olduğu kalıplarda ise tokluğu da yüksek olan çelikler tercih edilmelidir. Tokluğu yüksek olan çelikler tercih edilmediğinde kırılmalar ve atmalar yaşanabilir.

Tokluk özelliğinin merkezde olduğu metaller ise; yüksek darbe ile işlev gören kalın sac kesen makas ağızları, zımbalar veya soğuk makaslardır. Bunlardan dolayı tokluğu yüksek olan çelikler önemlidir ve tercih edilmelidir. Son zamanlarda özellikle yüksek düzeyde kesim yapan kesme kalıpları ve zımbalarda tercih edilen toz metal ürünü çelikler, geleneksel yöntemlerle üretilen 1.2080, 1.2379 gibi çeliklerden çok daha uzun ömürlü olmaktadır.

Aşağıdaki Şekil 2.4 ve 2.5'te mikro yapılardan görüldüğü gibi toz metalürji ürünü çeliğin yapısında karbürler (beyaz renkli). oldukça homojen dağılmıştır. Bu dağılım sayesinde çeliğin tokluğu ve aşınma dayanımı çok iyi düzeylere sahip olmaktadır (Zelic vd., 2018).



Şekil 2.4. Toz metalürjisi ile üretilmiş çeliğin mikro yapısı (Beyaz alanlar karbür partikülleridir).



Şekil 2.5. Geleneksel yöntemlerle üretilmiş çeliğin mikro yapısı.

Soğuk iş takım çeliklerinin kullanım alanlarında en önemli kavramlar tokluk ve aşınma dayanımı, yorulma direnci, işlenebilirliği ve boyutsal kararlılığıdır. Bunların yanı sıra kalıbın kullanılacağı yer de önemlidir. Sürekli aşınmaya maruz kalan kalıp veya takımlar için tercih edebileceğimiz çelikler yüksek sertliğe erişebilen çelikler olmalıdır. Yüksek sertliğe erişebilen çeliklerde darbe olmadığı için tokluk düzeyi de düşük olabilir. Fakat darbeye maruz kalan kalın sac kesen makas ağızları, zımbalar veya soğuk makaslarda, tokluğu yüksek olan çelikler tercih edilirse, kırılma ve atma gibi riskler minimuma indirilir (Zelic vd., 2018).

Tokluk, çeliğe yapılan aşırı yüklemelerde kırılma öncesinde göstereceği elastik ve plastik şekil değişimi kapasitesi olarak tanımlanır. Malzeme ne kadar tok olursa, kırılma sırasında o kadar plastik şekil değişimine uğrar. Yüksek düzeyde tokluk ve aynı zamanda yüksek düzeyde aşınma dayanımı birbirleri ile ters özelliktedir. Karbür miktarının artışına bağlı olarak tokluk düzeyi de düşer. Şekil 3.1.'de tokluk ve aşınma dayanımı arasındaki ters orantı görülmektedir. Nikel elementi katkısı ile tokluk daha da yükseltilebilir (Koçak, 2006).

2.2.1. Soğuk İş Takım Çeliklerinin Sınıflandırılması

Kullanım amacına göre farklı özelliklerde soğuk iş takım çelikleri bulunmaktadır.

Geleneksel soğuk iş çelikleri:

- Havada sertleşen çelikler
- Yüksek karbonlu ve kromlu çelikler
- Yağda sertleşen çelikler

Diğer soğuk iş çelikleri:

- Özel soğuk iş çelikleri
- Toz metal soğuk iş çelikleri
- Toz metal yüksek hız çelikleri olarak sınıflandırılabilmektedir.

Soğuk iş takım çeliklerinde karbon miktarı %0,3 ile %2,5 arasında değişen oranlarda olmaktadır. Soğuk iş takım çelikleri alaşımlı ve alaşımsız olarak iki gruba ayrılmaktadır.

2.2.1.1. Alaşımsız Soğuk İş Takım Çelikleri

Alaşımsız soğuk iş takım çeliklerinin dış yüzey sıcaklığı 200 °C'yi aşmayacak işlerde kullanılan çeliklerdir. Asal çelik niteliğinde üretildiklerinden dolayı da katkı ve kalıntı bakımından temiz ve homojen bir yapıya sahiptirler. Soğuk iş takım çelikleri; alaşımlı tür açısından ucuz, ağır üretim koşullarında çalışmaya elverişsiz olmaları ve ekonomik olmadıkları için kullanımları giderek azalmaktadır. Çizelge 2.4'te alaşımsız soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşenleri verilmiştir. Karbon çeliklerinde kritik soğuma noktası hızı oldukça yüksek ve sertleşme için gerekli derinlik az olduğundan, sertleştirmeden sonra takımın iç kısmı tok kalır. Seçilen su verme ortamına göre sertleşme derinliği ve takımını davranışı bir ölçmede değiştirilebilir (Ertürk, 1994).

Çizelge 2.4. Alaşımsız soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşimi (TS 3941).

Çelik tipi Kısa gösterilişi	Malzeme Numarası	Kimyasal Bileşim (% Ağırlık)				
		C	Si	Mn	P (en çok)	S (en çok)
C60T	1.1740	0,55-0,65	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035
C70T2	1.1620	0,65-0,74	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030
C80T1	1.1525	0,75-0,85	0,10-0,25	0,10-0,25	0,020	0,020
C85T	1.1830	0,80-0,90	0,25-0,40	0,50-0,70	0,025	0,020
C105T1	1.1545	1,00-1,10	0,10-0,25	0,10-0,25	0,020	0,020

Alaşımsız takım çeliklerinin karbon oranı: %0,6-1,4 arasındadır.

- % C: 0,6-0,75 Tokluk istenmesi durumunda
- % C: 0,75-0,95 Tokluk + Sertlik istenmesi durumunda
- % C: 0,95-1,4 Yüksek aşınma direnci istenmesi durumunda, bu miktarlar kullanılmaktadır.

2.2.1.2. Alaşımlı Soğuk İş Takım Çelikleri

Alaşımlı soğuk iş takım çeliklerinin, alaşımsız iş takım çeliklerine göre sertleşme kabiliyeti ve aşınma dirençleri bakımından üstünlükleri çok belirgindir. Sertleşme derinliğinin arttırılması için özellikle mangan, krom, molibden ve nikel gibi elementler kullanılır. Alaşımlama türü ve alaşım elementlerinin miktarına göre havada, yağda,

gerektiğinde tuz ve metal banyolarında su verme ile tüm kesit sertleşebilir. Çizelge 2.5'te alaşımlı soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşimi verilmiştir (Ertürk, 1994).

Çizelge 2.5. Alaşımlı soğuk iş takım çeliklerinin kimyasal bileşimi (TS 3921).

Çelik Tipi		Kimyasal Bileşim (% Ağırlık)							
Kısa Gösteriliş	Malz. No	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
X210Cr2W	1.2436	2,0-2,25	0,10-0,40	0,15-0,45	11,0-12,0	-	-	-	0,60-0,80
X210Cr12	1.2080	1,90-2,20	0,10-0,40	0,15-0,45	11,0-12,0	-	-	-	
X165Cr12Mov	1.2601	1,55-1,75	0,25-0,40	0,20-0,40	11,0-12,0	0,50-0,70	-	0,10-0,50	0,40-0,60
X155Cr12V1Mo	1.2379	1,50-1,60	0,10-0,40	0,15-0,45	11,0-12,0	0,60-0,80	-	0,90-1,10	-
115CrV3	1.2210	1,10-1,25	0,15-0,30	0,20-0,40	0,50-0,80	-	-	0,07-0,12	-
100Cr6	1.2067	0,95-1,10	0,15-0,35	0,25-0,45	1,35-1,65	-	-	-	-
145V33	1.2838	1,40-1,50	0,20-0,35	0,30-0,50	-	-	-	3,0-3,50	-
21MnCr5	1.2162	0,18-0,24	0,15-0,35	1,10-1,40	1,0-1,30	-	-	-	-
90MnCrV8	1.2842	0,85-0,95	0,10-0,40	1,90-2,10	0,20-0,50	-	-	0,05-0,15	-
105WCr6	1.2419	1,0-1,10	0,10-0,40	0,80-1,10	0,90-1,10	-	-	-	1,00-1,30

60WCrV7	1.2550	0,55-0,65	0,55-0,70	0,15-0,45	0,90-1,20	-	-	0,10-0,20	1,80-2,10
X45Ni4CrMo	1.2767	0,40-0,50	0,10-0,40	0,15-0,45	1,20-1,50	0,15-0,35	3,80-4,30	-	-
X19Ni4CrMo	1.2764	0,16-0,22	0,10-0,40	0,15-0,45	1,10-1,40	0,15-0,25	3,80-4,30	-	-
X36Cr17Mo	1.2316	0,33-0,43	Max. 1,00	Max. 1,00	15,0-17,0	1,0-1,30	Max. 1,00	-	-
40CrMnMoS86	1.2312	0,35-0,45	0,30-0,50	1,40-1,60	1,80-2,0	0,15-0,25	-	-	-

2.2.2. Soğuk İş Takım Çeliklerinin Kullanım Alanları

Soğuk iş takım çeliklerinin kullanım alanları ve uygulama alanları birbirinden farklıdır. Kullanım alanları olarak daha çok kesme takımlarında, bıçaklarda (kazıma, kâğıt ve plastik), kesme tezgahlarında (yassı ya da sütunlu) kullanılır. Preslemede, plastik işlemede, delme zımbalama işleminde, kırma ve ezme kalıplarında ve çekme takımlarında kullanılır. Genellikle soğuk iş takım çeliklerinin uygulama alanlarına bakıldığında daha çok kesme işlemi, delme işlemi, zımbalama ve biçme işlemleri bunların yanı sıra baskı, presleme, soğuk ezme, fışkırtma ve biçimlendirme işlemi tercih edilir.

Endüstride kesme işleminin her geçen gün öneminin artması aynı zamanda daha çok özen gösterilmesine ihtiyaç duyar. Uygulama alanlarından sık kullanılan kesme işlemi esnasında ilk olarak kesme yüzeyinin saç düzlemine olan dikliğine, çapak durumunun olmamasına, köşelerin yuvarlanmasının en az olmasına dikkat edilmelidir. Bu noktalarda boyutsal durum önemlidir ve aynı zamanda kesme esnasında kesilen

parçanın çarpılmamasına dikkat edilmelidir. Çeliğin doğru seçimi, çeliğe uygulanması gereken ısıl işlemin tipi ve takım tasarımının doğru yapılması takımın çalışma ömrünü etkiler. 1.2842 ve 1.2419 gibi çelikler %1 civarında karbon içerirler. Bu çelikler yüksek düzeyde süreklilik ve işlenebilirlik içermesine rağmen daha az oranda aşınma direnci göstermelerinden dolayı metal dışı ürünlerin kesilmesinde kullanılmaktadır.

Soğuk şekil verme yöntemi kullanılırken son aşama için malzemeler aralıklı basınç kuvvetlerine maruz bırakılır ya da ekstrüzyon yöntemleri uygulanır. Bir diğer yöntem olan derin çekme yönteminde kalıpların baskı kenarları aşırı miktarda sürtünme gerilimlerine maruz kalır. Eğer derin çekme yöntemi kullanacaksak, 1.2379 çeliği tercih edilmelidir.

1.2379, 1.2363, 1.208 takım çeliklerini kullanabileceğimiz alanlar daha çok saclar ve metalik şeritlerdir. En dayanıklı olan takım çeliği 1.2379'dur. Bu takım çeliği taneleme bıçaklarında tercih edilirken 1.2842 takım çeliği de çekiçler ve bıçaklar gibi daha düşük daha düşük gerilim olan durumlarda kullanılır (Koçak, 2006).

2.2.3. 1.2379 Soğuk İş Takım Çelikleri

Takım çelikleri D-tipi, yüksek karbon ve yüksek krom içerirken aynı zamanda yüksek hızlı çelik yerine kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Soğuk iş uygulamalarındaki aşınma direnci onların yüksek sertlik alaşım karbürler için büyük hacimli fraksiyonları üretmede, yüksek karbon ve alaşım içeriğine bağlı olabilir. D-tipi takım çeliği yüksek alaşım elemanı içeriği ve östenit difüzyon kontrollü dönüşümünün yavaş olması sebebiyle yüksek sertlik ve derin sertleşme özelliğine sahiptir. Molibden, D-tipi çeliğe ilave edilerek normal perlit oluşumu bastırılır. D2 malzeme işlemini dövme sırasında, sıcaklık, bu tip çelik 1150 °C (2100 °F) erimiş hale geldiğinde, kısmi çözülmesini önlemek için aralık içinde tutulur. D-tipi malzeme, yüksek sertlik, sertleştirilmiş mikro yapıların üretimi için önemlidir, çünkü tam olarak boyutsal stabiliteden yararlanmak için sıcaklığını östenitleme de düzgün bir şekilde hafifçe ısıtılması gerekir. Sertleştirme aşamasında; östenitlemek için ısıtma işlemi uygulamak gerekir. Sıcaklığı östenitleme sıcaklığında tutma ve takım çelik yüzey karbon içeriğini korumak için nötr bir atmosferde ısıtılır. Maksimum sertliği elde etmek amacıyla her takım belirli bir sıcaklığa sahiptir. 1.2379 takım çeliği yüksek aşınma direnci, %2 ya da daha fazla karbon içeren diğer soğuk iş takım çeliklerine göre biraz daha yüksek tokluğa sahiptirler (Okafor, 2012).

2.2.3.1. 1.2379 Takım Çeliğinin Kimyasal Kompozisyonu

Boyutsal olarak sabit, yüksek karbonlu, yüksek krom (%12) içeren çeliklerdir. Hava sertleştirme için uygundur ve iyi tokluğa sahiptir. 1.2379 takım çeliğinin farklı isimleri de bulunmaktadır. Standartlara ait isimleri Çizelge 2.6'da verilmektedir. Yüksek Cr içermesi ile dikkat çeken 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal kompozisyonu Çizelge 2.7'de gösterilmektedir (Böhler).

Çizelge 2.6. 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin farklı standartlara göre isimleri

Standartlar	
DIN /EN <1.2379> X153CrMoV12	**AISI** D2
UNS T30402	**BS** BD2
SIS 2310	**UNI** X155CrVMo12 1 KU
UNE F5211 X160CrMoV12	**AFNOR** Z160CDV12
JIS SKD11	**GOST** Ch12F1

Çizelge 2.7. 1.2379 soğuk iş takım çeliğinin kimyasal kompozisyonu (%)

C	**Si**	**Mn**	**Cr**	**Mo**	**V**
1,55	0,30	0,30	11,30	0,75	0,75

2.2.3.2. 1.2379 Takım Çeliğinin Mekanik ve Fiziksel Özellikleri

1.2379 soğuk iş takım çeliğinin genel olarak özellikleri şu şekildedir:

- Aşınma direncinin güçlü ve etkili olması
- Basma dayanımının şiddetli olması
- Tokluk düzeyinin güçlü olması
- Menevişleme direncinin etkili olması
- Isıl işlemde boyutsal kararlılığının sağlam olması
- Nitrürleme işlemi
- Yüzey işlemlerinin (PVD) uyumluluğu
- İkincil sertlik özelliğidir.

Farklı sertlikteki basma dayanımları Çizelge 2.8'de gösterilmektedir. Mekanik özelliklerinin yanında 1.2379 takım çeliğinin fiziksel özellikleri (Çizelge 2.9.) de gösterilmiştir (Demir ve Toktaş, 2014).

Çizelge 2.8. 1.2379 takım çeliğinin sertlik ve basma dayanımı değerleri

Sertlik (HRC)	Basma Dayanımı $R_{c\ 0,2}$ (MPa,N/mm^2)
62	2200
60	2150
55	1900
50	1650
0,40	4,25

Çizelge 2.9. 1.2379 takım çeliğinin fiziksel özellikleri

Sıcaklık °C	20	200	400
Yoğunluk (kg/m^3)	7700	7650	7600
Isıl Genleşme Katsayısı	-	$12.3x10^{-6}$ $11.2x10^{-6}$	$12x10^{-6}$
Isıl İletkenlik (W/m °C)	20	21	23
Elastiklik Modülü (MPa)	210000	200000	180000
Özgül Isı (J/kg °C)	460	-	-

Yüksek sıcaklık menevişinin ardından uygulanması gereken nitrürleme sonucunda yüzey sertleştirme yapılarak hem aşınma dayanımını arttırma hem de sıvanma özelliğini geliştirmek mümkündür. Nitrürleme işlemi Çizelge 2.10'te gösterilen sıcaklık ve sürede yapılabilmektedir.

Çizelge 2.10. Nitrürleme için gerekli sıcaklık ve süre

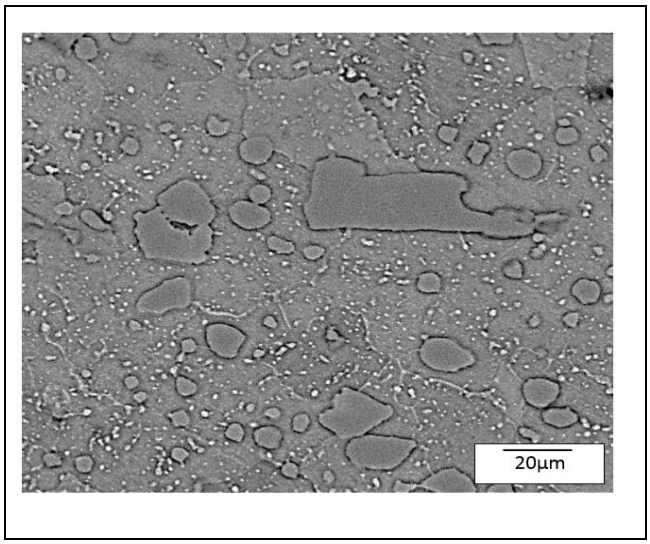
Nitrürleme Sıcaklığı °C	Nitrürleme Süresi (saat)	Derinlik (mm)
525	20	0,25
525	30	0,30

1.2379 takım çelikleri kaynak yeteneği iyi seviyede olan çeliklerdir. Çelik kaynağının güvenilir sonuç vermesi için ön ısıtma sıcaklığı ve elektrot seçiminin doğru yapılmış olması ve kaynak dikiş hazırlığının yapılmış olması gereklidir. Çizelge 2.11'de yapılabilecek kaynaklar gösterilmektedir (Birleşik metal, 2019).

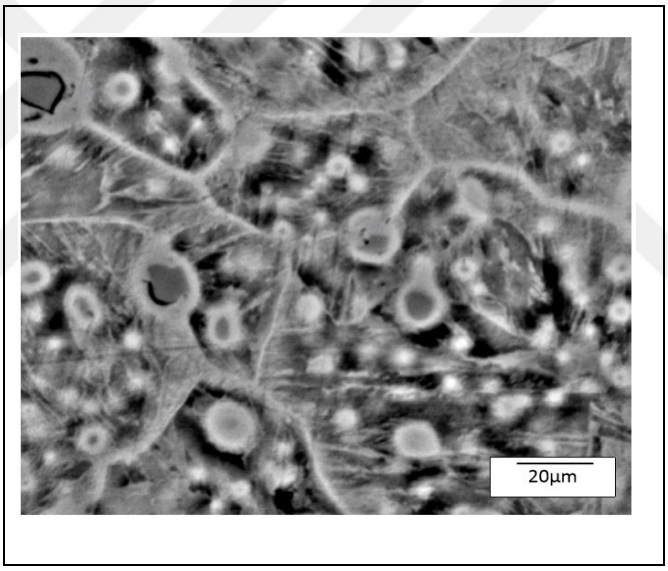
Çizelge 2.11. 1.2379 takım çeliğine uygulanan kaynak metotları

Kaynak Metodu	Ön ısıtma Sıcaklığı	Elektrod / Tel Tipi	Sertlik
ARK Kaynağı MMA (SMAW)	200-250 °C	Inconel 625 UTP 675 Castolin 2 Castolin 6	380 HB 55-58 HRC 55-60 HRC 59-61 HRC
TIG	200-250 °C	Inconel 625 UTPA 73G2 UPTA 675 UPTA 696 Catolin 5	280 HB 55-56 HRC 55-58 HRC 60-65 HRC 60-64 HRC

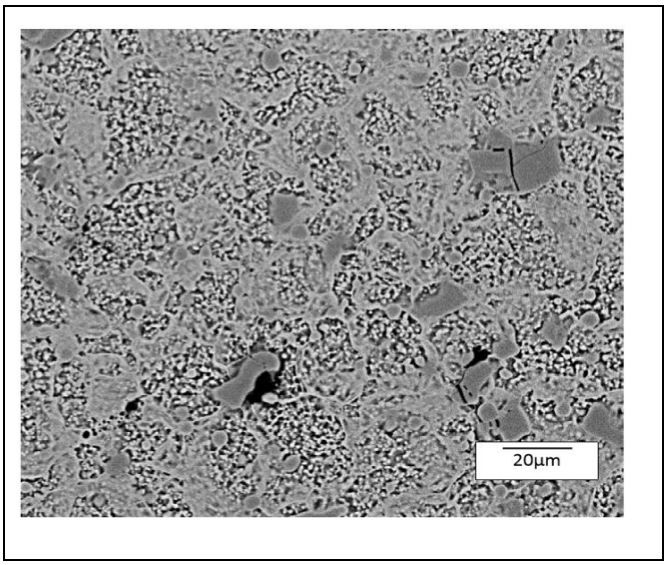
1.2379 takım çeliğinin mukavemetini arttırarak, istenilen özellikleri elde etmek için çeşitli ısıl işlemler uygulanmaktadır. Isıl işlem uygulandıktan sonra oluşan mikro yapılar Şekil 2.6, 2.7 ve 2.8'te gösterilmektedir (Okafor, 2012). Isıl işlem metoduna göre karbür dağılımları farklılıklar göstermiştir.



Şekil 2.6. Tavlama yapılmış D2 takım çeliğinden alınan mikroyapı örneği (20 µm).



Şekil 2.7. Isıl işlem görmüş ve hava soğutmalı D2 takım çeliği mikroyapı örneği (20 µm).



Şekil 2.8. Isıl işlem görmüş ve su soğutmalı D2 takım çeliği mikroyapısı örneği (20µm).

2.2.3.3. 1.2379 Soğuk İş Takım Çeliklerinin Kullanım Alanları

D2 takım çeliği, yüksek düzeyde aşınmaya dayanıklı yüksek karbon ve krom içeren takım çeliğidir. Çok iyi sertleştirilebilen çeliğin, uygun işlem sonrasında boyut değiştirmesi pratikte yaygındır. (Surberg, Stratton, Lingenho, 2007).

Şekillendirme kalıpları, basma kalıpları, kesme bıçakları, baş takımları, uzun zımbalar, şekillendirme merdaneleri, kenar merdaneleri, ana takımlar, köşe bükme merdanelerinde, karmaşık zımba, ekstrüzyon kalıpları, çekme kalıpları, laminasyon kalıpları, tel yuvarlama kalıpları, kesme bıçakları, parlatma takımları, detektörler, dişler ve aşınma parçalarında kullanılmaktadır (Temmler vd, 2019).

Bunların dışından tokluk düzeyi 6 mm'ye kadar metal sac kesme, ezme, koparma, sıvama işlemi uygulanabilir. Bunlara ilaveten perçin üretiminde delici-şişirici olarak, plastik kesme–ufalama bıçaklarında kullanılmaktadır (Temmler vd, 2019).

2.3. Kaynak ve Kaynak Yöntemleri

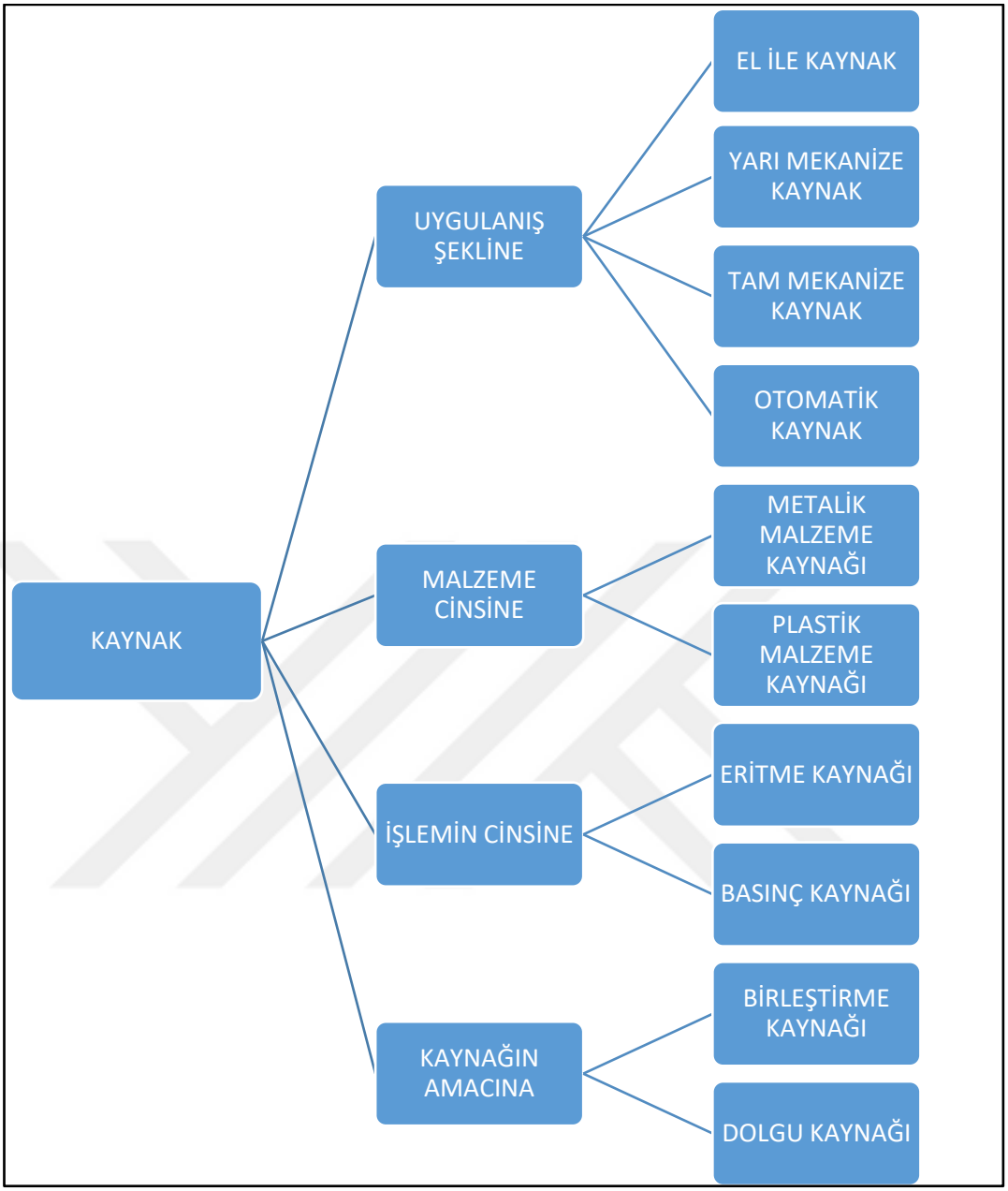
Birden fazla parçanın, bütün bir parça haline getirilmesi için yapılan işlemler çözülemeyen (birleştirme) ve çözülebilen (mekanik montaj) bağlama elemanları olarak iki grupta sınıflandırılır (Kuøík, Lacza, Vlach & Sobotová, 2016).

Çözülemeyen (Birleştirme) Bağlama Elemanları: Kaynakta yer alan lehim, perçin, kaynak ve yapıştırma bağlantılarını birbirinden ayırmak için bunlara eklenen elemanlara veya eklenmeyi sağlayan elemanların hasar görerek işlevsiz hale gelme durumudur.

Çözülebilen (Mekanik Montaj) Bağlama Elemanları: Kaynakta kama, cıvata/somun çifti gibi bağlantıların ve bağlanma parçalarının, bağlanma esnasında zarar görmeden ayrılıp daha sonra tekrar edilebilme durumudur.

Kaynak metali, kaynak işleminde eriyen ve daha sonra katılaşan bir metaldir. Genellikle herhangi bir dolgu metalinin bir karışımıdır ve ana malzeme, döküm olarak metalürjik bir yapıya sahiptir (Nandan, Debroy &Bhadeshia, 2008). Kaynak metalleri, birlikte kullanılacakları ana metallerin çoğunun özelliklerine uyacak şekilde elde edilebilir.

Kaynak, genel olarak aynı türe ait birden fazla parçanın birbirine temas eden yüzeyleri arasında uygun ısı ve sıcaklıkta birleştirilmesidir. Yaygın olarak metaller için kullanılır. Kaynak işlemi hem malzeme ilaveli ve malzeme ilavesiz olarak sınıflandırılır hem de ısı etkili, basınç etkili ve ısı-basınç etkili olarak da sınıflandırılabilir. Kaynak işlemlerinin sınıflandırması Şekil 2.9'da gösterilmektedir (Aslanlar, 2009).



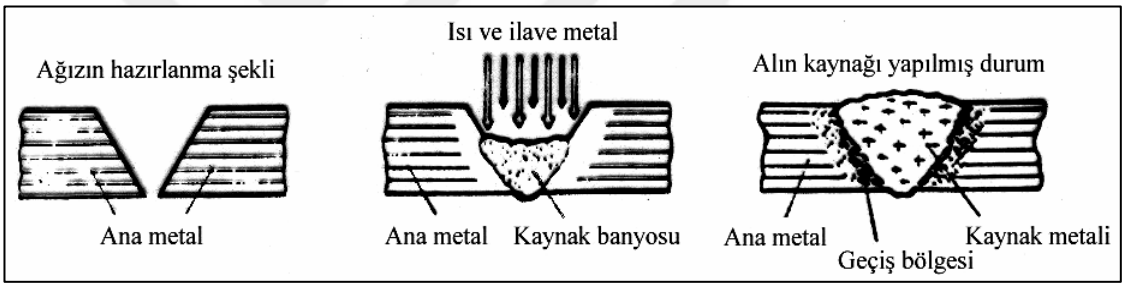
Şekil 2.9. Kaynak işlemlerinin sınıflandırılması

Kaynak işlem cinsine göre ise ergitmeli ve katı hal kaynak türleri olarak iki gruba ayrılır (Anık, 1991).

2.3.1. Ergitme Kaynak Yöntemleri

Ergitme kaynağı, malzemeyi sıcaklık etkisiyle bölgesel olarak eritip aynı zamanda metal ilave ederek ya da etmeden sökülmeyecek şekilde birleştirilmesidir. Gerektiğinde dolgu maddesi kullanılarak dayanıklılık arttırılır.

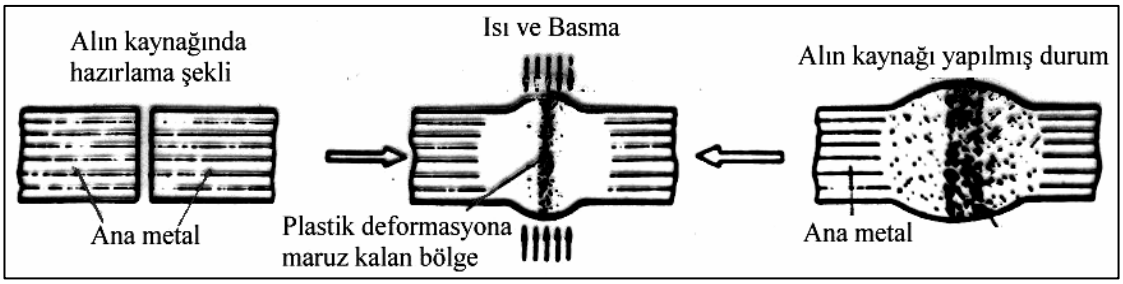
Ergitme kaynak yöntemlerinin tümü, temel olarak yüksek elektrik arkı veya gaz alevinin yüksek sıcaklığıyla kaynak metalinin (elektrotunun) erimesi sağlanarak uygulanacak bölgede esas metal ile yüksek ısı altında karışarak birleşme sağlanır. Ergitme Kaynağı Şematik Gösterimi şekil 2.10'da gösterilmektedir. Bu işlem sırasında ani ısı değişiminden dolayı farklı sıcaklık derecelerine göre ısınmış bölgeler meydana gelir ve metalde içyapı değişimleri oluşur (Tülbentçi, 1990). Kaynak yöntemleri Şekil 2.12'de gösterilmektedir (Aslanlar, 2009).



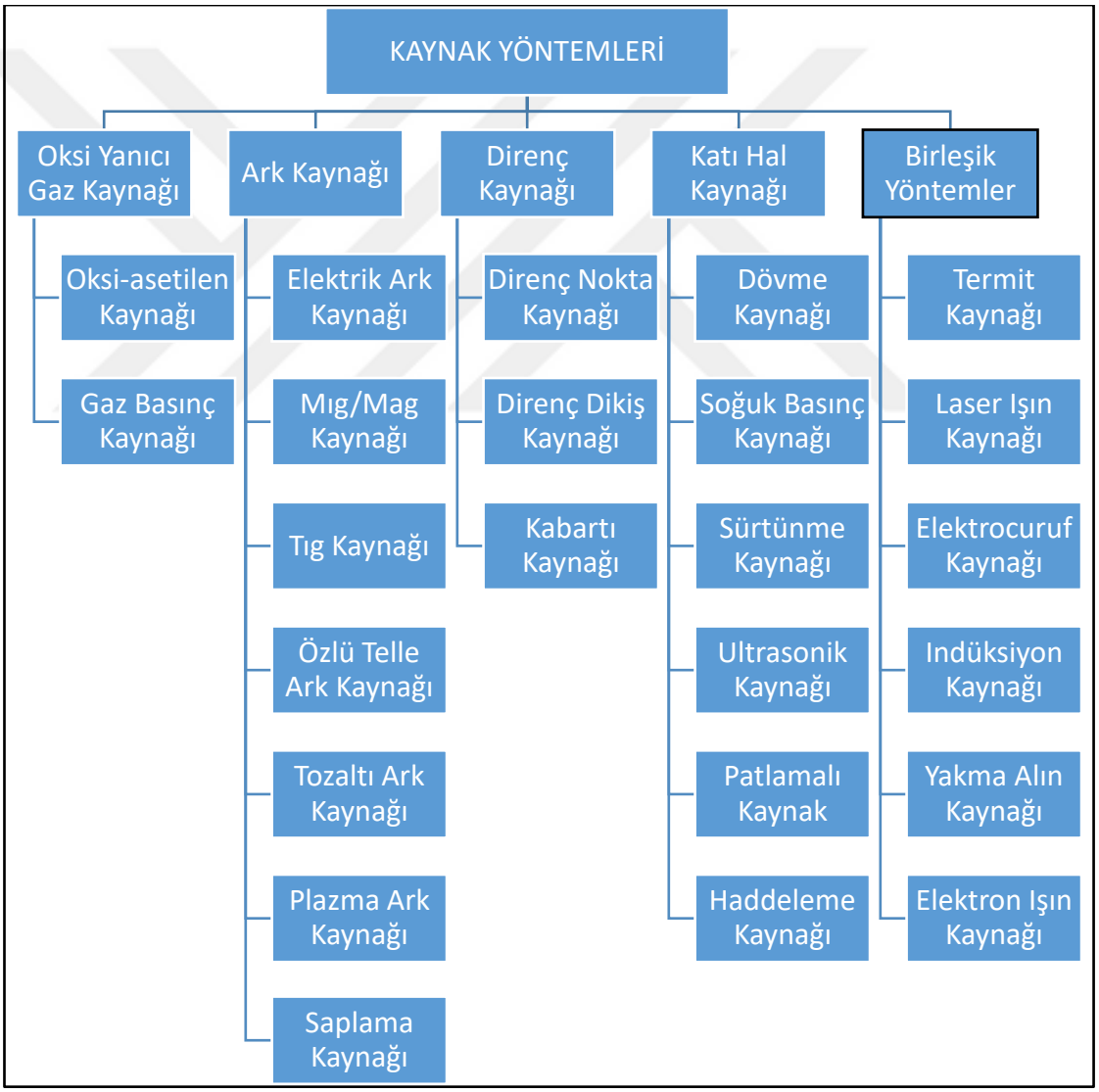
Şekil 2.10. Ergitme kaynağı şematik gösterimi

2.3.2. Katı Hal Kaynak Yöntemleri

Katı hal kaynağı, ısı veya basınç etkisindeki parçaların ilave metal kullanılmadan ve esas metallerde ergime gerçekleşmeden birleştirilme işlemidir. Isı etkisi parçaları yumuşatarak atomik yayınmayı (difüzyon) kolaylaştırır. Katı hal kaynağı, birleşmenin tek başına basınç uygulamasından veya bir ısı ve basınç kombinasyonundan kaynaklandığı birleştirme işlemlerini ifade eder. Basınç Kaynağının Şematik Gösterimi şekil 2.11'de gösterilmektedir. Isı kullanılırsa, işlemdeki sıcaklık, kaynak yapılan metallerin erime noktasının altındadır. Dolgu metali kullanılmaz. Kaynak yöntemleri şekil 2.12'de gösterilmektedir (Aslanlar, 2009).



Şekil 2.11. Basınç kaynağının şematik gösterimi.



Şekil 2.12. Kaynak yöntemlerinin sınıflandırılması.

2.3.3. Örtülü Elektrotla Elektrik Ark Kaynağı

Kaynaklı birleştirme işleminde gerekli olan ısının, elektrotla iş parçası arasında oluşturulan ark vasıtasıyla sağlandığı ergitme kaynağı şekline elektrik ark kaynağı denir. Yaygın olarak kaynak yönteminin kullanımının kolay ve çok yönlü olması sebebiyle tercih edilir. Bu yöntem hem üretimde hem de tamirat işlemlerinde kullanılmaktadır. Takım çeliklerinin kaynağında en sık kullanılan yöntem olarak örtülü elektrot ark kaynağı bilinir. Uygulamada ilk olarak malzemelerin kaynatılması aşaması için bir doğru akıma ve bir de kaynakçıya ihtiyaç vardır. İşlemin tamamlanabilmesi için de bu çeliklerin kaynağına uygun bir ön tav ve ardından temperleme gerektirir; bu yüzden ısıl işlemler için donanıma ihtiyaç vardır (Dikicioğlu, 2006).

Örtülü elektrotla elektrik ark kaynağında, nötr moleküllerin iyonize olduktan sonra yüksek ısı enerjisi oluşturmalarına ve oluşan bu ısının etkisiyle elektrodun ergimesi sonucu kaynak metaline geçmesi için ark kaynağında iş parçasıyla elektrot arasında gerçekleşen akımın etkisiyle oluşan ark aracılığıyla olur. Burada ark, sıcak bir katottan yayılarak çıkan elektronların anodu bombardıman etmesiyle oluşur. Bu sırada örtüde yer alan kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) ortalama olarak 900°C'de parçalanarak banyoda kalsiyum oksit (CaO) ve karbondioksit (CO_2) oluşturur. Oluşan CO_2 gazı kaynak bölgesini birleştirme esnasında havanın olumsuz etkilerinden koruma görevi sağlar. CaO ise hem dikiş bölgesi için koruma sağlar hem de kaynak dikişinin daha yavaş soğumasına sebep olur. Diğer yandan elektrot örtüsündeki alaşım elementleri yoluyla kaynak dikişleri alaşımlandırılır ve böylece istenilen özelliklerde kaynaklı birleştirme elde edilir.

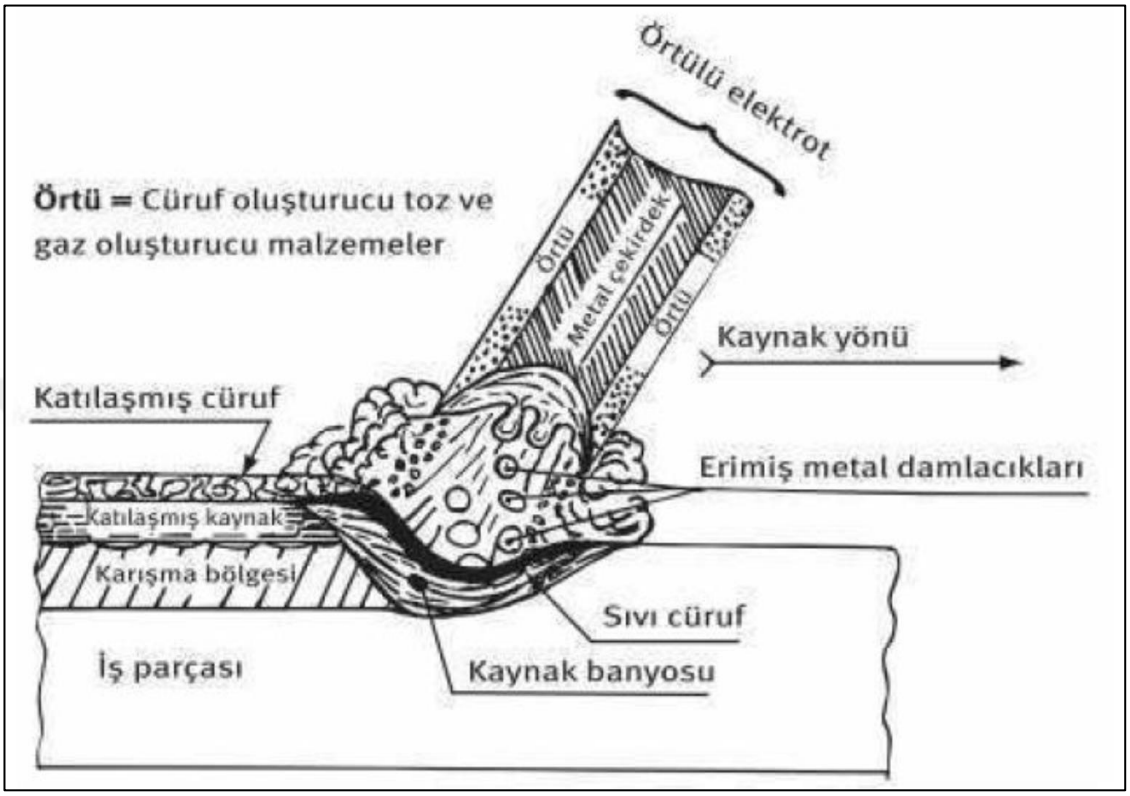
Elektrik ark kaynağında oluşan kaynak dikişinde önemli bir rolü olan elektrot örtüsü, çekirdek diye adlandırılan masif paslanmaz çelik üzerine ekstrüze edilir. Cunat'a göre kaynaklı birleştirme sırasında üç ana fonksiyonu gerçekleştirir:

1. Elektriksel Fonksiyon: Elektrik arkının meydana gelmesi ve devamlılığıyla ilişkilidir.

2. Fiziksel Fonksiyon: Metal damlacıklarının oluşumunda ve iletiminde, kaynak banyosunun korunmasında ve aynı zamanda ıslatma yeteneğini kontrol eden viskozite ve yüzey gerilimiyle ilişkilidir.

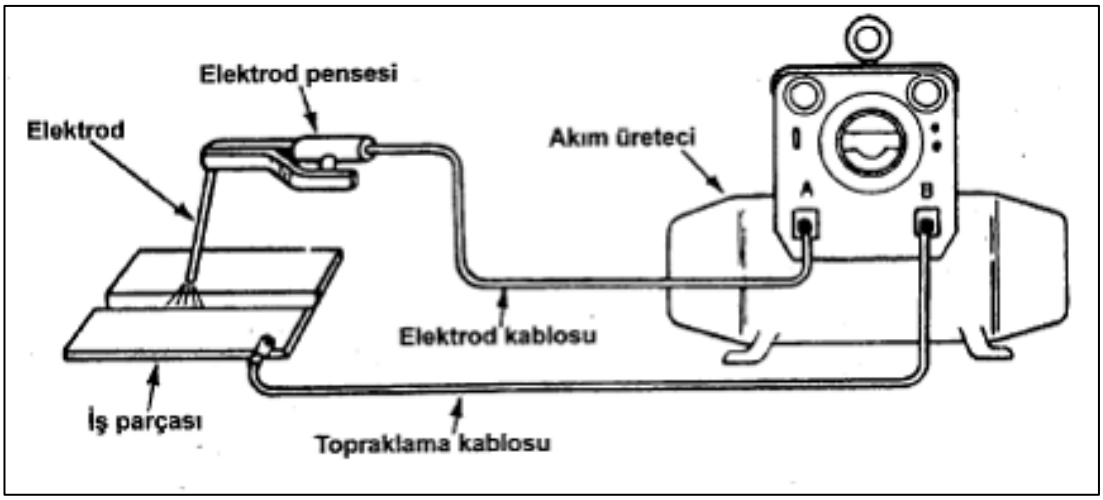
3. Metalurjik Fonksiyon: Kaynak cürufu ve kaynak banyosu arasındaki kimyasal etkileşimle ilişkilidir (Cunat, 2007).

Elektrik ark kaynağının çalışma prensibi Şekil 2.13'te gösterilmiştir (Cunat, 2007; Headquarters, 1985).



Şekil 2.13. Elektrik ark kaynağının çalışma prensibinin gösterimi

Örtülü elektrotla elektrik ark kaynağının her aşamada tüm kalınlıklarda, demir kökenli ve demir olmayan tüm malzemelere uygulanabilir olması diğer kaynaklı birleştirme yöntemlerine göre avantajlı kılar. Demir kökenli alaşımlardan düşük karbonlu, hem düşük hem yüksek alaşımlı, yüksek mukavemetli, daha çok sertleşmiş olan, paslanmayan ve korozyona dayanıklı olan çeliklerin diğer yandan demir olmayan alaşımlardan bakır, nikel ve daha nadir görülen alüminyum alaşımlarının birleştirilmesinde kullanılabilmektedir. Örtülü elektrotla elektrik ark kaynağının donanım şeması Şekil 2.14'te gösterilmektedir (Kurt, 2012).



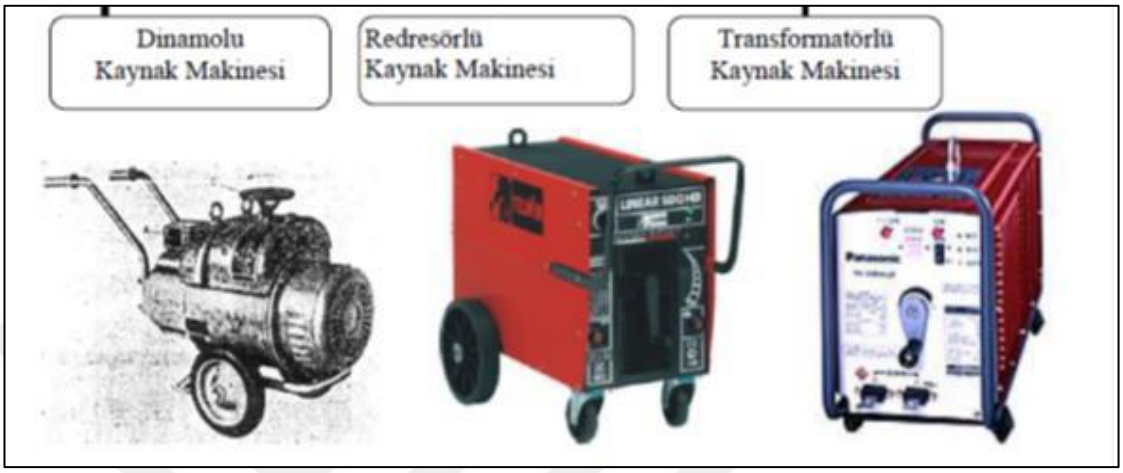
Şekil 2.14. Örtülü elektrotla elektrik ark kaynağının donanım şeması

Örtülü elektrotla ark kaynağı donanımında dört önemli bileşen vardır. Bunlar güç ünitesi olarak bildiğimiz kaynak makinası, elektrot pensesi ile kablosu, örtülü elektrot ve şase pensesi ile kablosudur. Elektrot pensesi donanım için gereklidir. Elektrotu sabit tutmak ve uygun şartlarda teması kontrol ederek akım geçirgenliğini sağlamakla görevlidir. Diğer yandan kaynak yapan kişinin can güvenliğini sağlamak amacıyla elektriksel yalıtımı da düzenler.

Elektriksel devrenin tamamlanması için ana malzemeye güç kaynağı bağlantısı sağlayan bileşen, şase pensesi ve kablosudur. Kaynaktaki kutuplaşmayı belirlemek için kullanılacak olan örtülü elektroda uygun bağlantı şekli önemlidir. Örtülü elektrotla elektrik ark kaynağında genel olarak elektrot negatif kutba, iş parçası da pozitif kutba bağlanmaktadır. Bu bağlanma biçimine düz kutuplama adı verilir. Bazik elektrotların ve bazı özel elektrotların kullanıldığı durumlarda tam tersi olarak elektrot pozitif kutba, iş parçası ise negatif kutba bağlanır. Bu bağlanma biçimine ters kutuplama denir. Doğru akım için ters kutuplama yapmak daha iyi bir nüfuziyet oluşturulmasını sağlarken diğer yandan düz kutuplama da elektrotun ergime kuvveti yüksektir.

Kaynak makinasının işlevi elektrot ile ana malzemenin arasında oluşması istenen ark için yeterli miktarda çıkış akımını desteklemektir. Bunun sebebi 220-380 V gerilimin kaynak uygulamasının yapılabilmesi için çok yüksek olduğu ve bu durumunda tehlike arz ettiği bilinmektedir. İşlemin aksamadan gerçekleştirilebilmesi ve işlemi yapan kişinin can güvenliği için kaynak makinası şebekeden gerilimi alarak boşta çalışma gerilimine

dönüştürür. Şebekenin akımı yüksek gerilime ve düşük akım şiddetine sahipken yapısında bulunan bobinler vasıtasıyla düşük gerilimli olan (25-55 V) ve yüksek akım şiddetli (10-600 A) kaynak akımına dönüşmesini sağlayan bir makinayla çalışma prensibini oluşturur.



Şekil 2.15. Farklı tip elektrik ark kaynak makineleri

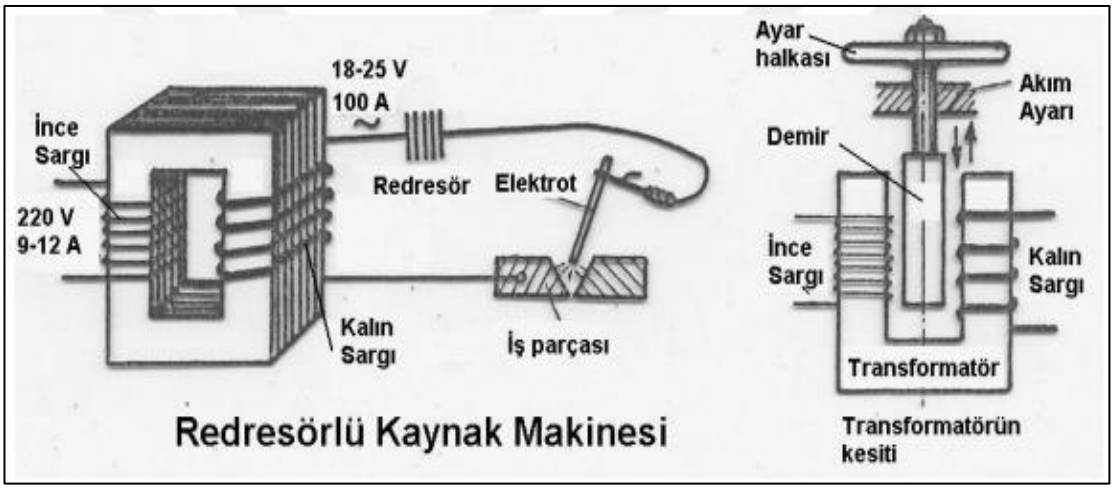
Kaynak jeneratörleri; elektrik motoru gibi kuvvet makinası tarafından etkileşime girerek kullanılması gerekli olan akımın üretildiği makinalardır. İlk olarak dinamo yani akım üreteci tarafından etkilenir ve daha sonra dinamo motoru manyetik alanda dönerek akımın üretilmesi sağlanır. Akım üretildikten sonra rotor miline ait olan toplayıcıdan iki tanesi kömür fırça aracılığıyla çekilerek kaynak kabloları vasıtasıyla kaynak bölgesine doğru iletilir. Burada kullanılan makinaların maliyetleri oldukça yüksektir. Kullanım ömürleri ise diğerlerine göre daha düşüktür ve elde edilen verimlilik oranı ise %45-65 civarında olup düşüktür. Eğer doğru akım tercih edilirse üstünlükleri ön plandadır.

İyi bir kaynak jeneratörü:

1. Taşınması ve bakımı kolay, maliyeti düşük olmalıdır.
2. Verimliliği yüksek olup, boşta çalışma tüketimi daha az olmalıdır.
3. Yüksek akım şiddetinin gerektiği uygulama çalışmalarında diğer makinalarla paralel bağlanarak uyum sağlamalıdır. Bu olay için kutupların kolaylıkla yer değiştirilebilir olması gerekir.
4. Kaliteli havalandırma ve soğutma sistemine sahip olmalıdır.

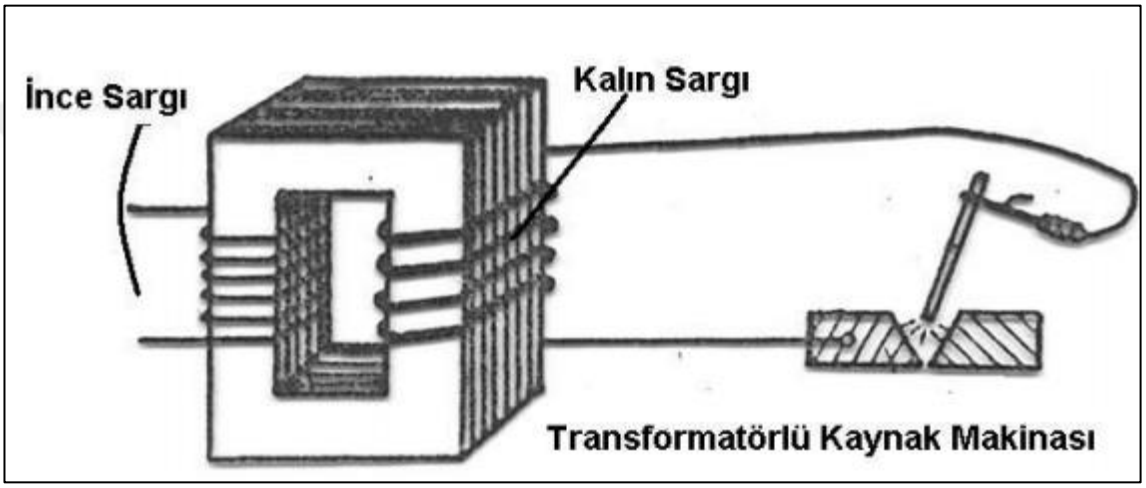
5. Yağmur, toz ve nem gibi çevresel etkenlere karşı temizlenebilir olmalıdır. Aynı zamanda yapısındaki kömüründe kolay değiştirilebilir olması gereklidir.
6. Kademesiz olarak ayarlanabilir özelliğe sahip olmalıdır (Sunay, 2020)

Kaynak redresörleri; doğru akımı sağlamak için şebekede yer alan alternatif akımı dönüştüren kaynak makinalarıdır. Bir transformatörden yani yüksek gerilime ve düşük akıma sahip şebeke akımını, daha düşük gerilim ve daha yüksek akımlı kaynak akımına dönüştüren ve bu sırada alternatif akımı da doğru akıma dönüştüren bir doğrultucudan oluşur. Kaynak redresörleri jeneratörlere kıyasla daha avantajlıdır. Çünkü verimlilikleri çok iyi, kullanım ömürleri daha uzun, boşta çalışma tüketimleri çok daha az olmakla birlikte hem bakım maliyetleri düşük hem de çalışma esnasında çıkan gürültü çok azdır. Redresörlerinin tercih edilmesindeki bir başka sebep ise ısınma kaynaklı akım düşmesi sorunu yaşamıyor olması ve yük değişimlerine de hızlı yanıt verme gibi önemli sebepler vardır. Şekil 2.16'da standart bir kaynak redresörünün şematik gösterimi verilmiştir (Sunay, 2020)



Şekil 2.16. Kaynak redresörünün şematik gösterimi

Kaynak transformatörleri, aynı zamanda alternatif akım güç kaynağı olarak da bilinirler. Çalışma yöntemi sac malzemesinden bir bobin ve buna sarılı halde birincil ve ikincil sargılardan oluşur. Burada şebekeden ince olan birincil sargıya akım gelerek kalın olan ikincil sargıdan sonra istenen kaynak akımına dönüşür. Jeneratörlere benzer bir özelliği de bunlarda yeni bir akım üretmezler. Bu özelliklerinden dolayı da kaynak trafosu gerilimi değiştiren ya da dönüştüren olarak adlandırılır. Şekil 2.17'de kaynak transformatörünün şematik gösterimi verilmiştir (Sunay, 2020).

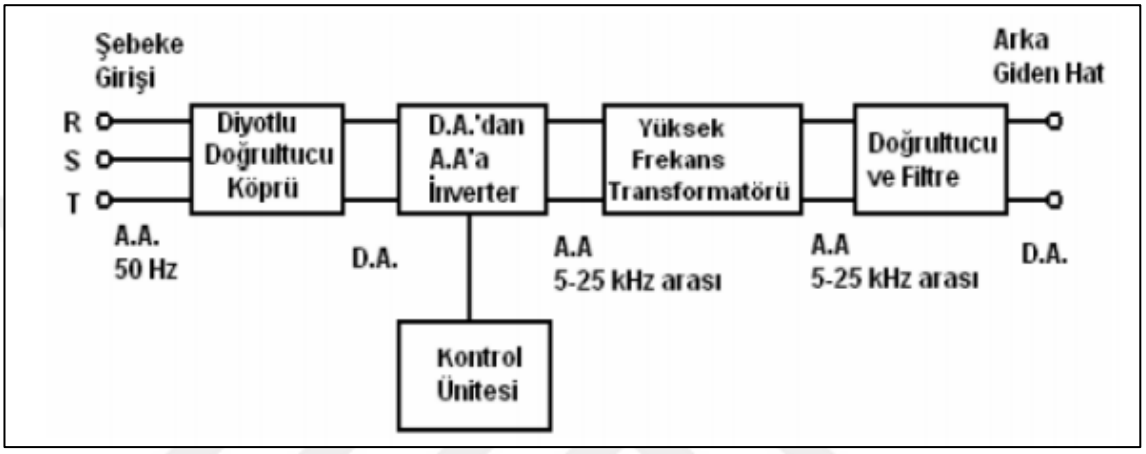


Şekil 2.17. Kaynak transformatörünün şematik gösterimi.

Kaynak transformatörlerinin genel özellikleri:

1. Bakım maliyetleri gene olarak düşüktür çünkü kaynak akımı ayar kolu dışında döner parçaları bulunmaz. Sadece ayar kolu bakım gerektirir.
2. Hafif olmalarından dolayı taşınmaları kolaydır ve az yer tutarlar.
3. Verimli çalışma kapasitesi %75-95 arasında olup oldukça yüksektir.
4. Boşta çalışma gerilimleri yüksek olup diğer yandan boşta çalışma tüketimleri azdır.
5. Makinalar oldukça ucuzdur ve buna yatırım maliyetleri de düşüktür.
6. Kullanma ömürleri uzundur.
7. Kaynak transformatörlerinin ark üfleme riski oldukça azdır.
8. Kullanımları kısıtlıdır çünkü alternatif akım kullanımı tehlikelidir. Bu yüzden çalışma alanı dar olan yerlerde ve kazan kaynaklarında tercihen kullanılmaz.

İnvertör tip kaynak makinaları yeni nesil makinalardır. Geleneksel makinalara kıyasla %80 daha az elektrik enerjisi harcarlar. Yeni geliştirilen modelleri hem doğru hem de alternatif akım çıkışına sahiptirler. Şekil 2.18'de invertör tip kaynak makinasının çalışma prensibi şematik olarak ifade edilmiştir (Uzun, 2017).



Şekil 2.18. İnvertör tip kaynak makinasının çalışma prensibi

İnvertör tip kaynak makinalarının en önemli özellikleri;

1. Bu tip kaynaklarda ark kesilme sorunu yaşanmaz.
2. Daha hafif ve daha verimli kaynak trafolarına sahiptir.
3. Arkın daha kararlı olması için ayarlanabilir ark özelliği barındırır.
4. Kısa ark boyunda devamlı olarak çalışırlar ve en iyi ark karakteristiğini seçme şansı sunarlar.
5. Belirli elektrotla değil, her tür elektrotla kaynaklı birleştirmeye olanak sağlar.
6. İş parçası ile elektrotun yapışmasını önleme özelliğine sahiptir.
7. Çok sakin ve aynı zamanda çok güçlü ark üretebilme kapasitesine sahiptir.
8. Başlangıç özelliğine göre ayarlanabilir olması avantajdır ve daha düşük akımlarda zor elektrotlarla güçlü bir ark oluştururlar.
9. Elektrik tesisatı maliyetleri de oldukça uygundur.

Örtülü elektrotla ark kaynağının diğer kaynaklı birleştirme yöntemlerine göre avantajları;

- Diğer kaynaklara nazaran açık ve kapalı alanlarda uygulanabilir.
- Maliyetine göre oldukça kaliteli sonuçlar verir.
- Diğer kaynak yöntemlerine göre dar ve sınırlı alanda da uygulama yapılarak elektrot her noktada ve pozisyonda kaynak yapılmasını sağlar.
- Kullanımı oldukça kolaydır ve donanım olarak rahat ve taşınabilirdir.
- Güç kaynağı uzatılarak daha uzak mesafelerde de çalışma yapılabilir.
- Bütün malzemelerin mekanik ve kimyasal özelliklerini sağlayabilecek bir örtü bileşimi içerir.

Dezavantajları ise;

- Örtülü elektrotlar belirli uzunlukta olduğu için tükenmesi durumunda işlemin durmasına neden olabilir.
- Metalleri yığma hızı ve verimliliği diğer pek çok kaynağa göre düşüktür.
- Her uygulamada paso sonrası cürufun temizlenmesi gerekir.

BÖLÜM 3

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde araştırma modeli, evren ve örneklem, veri toplama araçları, verilerin kaynağı ve cinsi, araştırmanın uygulanışı ve verilerin analizi hakkında bilgiler yer almamaktadır.

3.1. Problem Tanımı

Preshanelerde, özellikle otomotiv sektöründe yaygın kullanılan 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden yapılan soğuk şekillendirme kalıpları, seri üretim sırasında deformasyona maruz kalarak kırılmaktadır. Kırılmadan dolayı yeni bir kalıp temin edilene kadar üretim hattı durmaktadır. Geçici çözüm olarak kaynak ile dolgu (tamir bakım) yapılmaktadır. Geçici çözüm standartlaştırılmadığı için yapılan tamir bakım işlemleri, seri üretim şartlarına nadiren uzun süre dayanabilmektedir.

3.2. Malzeme Seçimi

Çalışmamızda, otomotiv sektöründeki soğuk şekillendirme kalıplarında kullanılan 1.2379 takım çeliği, yüksek aşınma dayanımı ve yüksek tokluğa sahip olma özelliğinden dolayı tercih edildi. Seçtiğimiz kalıpta seri üretim esnasında deformasyona maruz kalmış ve belli noktalarda çatlak ve kırıklar oluşmuştur. Deformasyona uğramış kalıbın iki farklı firmaya ait, altı farklı elektrotu kullanılarak tamiri yapılmıştır.

Bu araştırma Dostel Makine Sanayi ve Ticaret A.Ş ve Bant Boru Sanayi ve Ticaret A.Ş laboratuvarlarında yapılmıştır. Gedik Kaynak A.Ş ve Askaynak Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş firmalarından malzeme desteği sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Pres altında deformasyona uğramış 1.2379 soğuk iş takım çeliğinden yapılmış kalıp parçası

3.3. Deney ve Testlerin Yapılışı

3.3.1. Numune Hazırlama Aşaması

Seri üretim şartlarında pres altında deforme olmuş çelik alınarak dolgu kaynağı öncesi, kullanılacak elektrotla 1.2379 soğuk iş takım çeliği homojen şekilde birleşebilmesi için kaynak yolları açıldı.



Şekil 3.2. 1.2379 soğuk iş takım çeliği üzerine kaynak yolu açılması.

Açılan kaynak yollarına 6 farklı elektrot kullanılarak standart ortam şartlarında, katalogdaki kaynak parametrelerine göre dolgu kaynağı yapıldı.



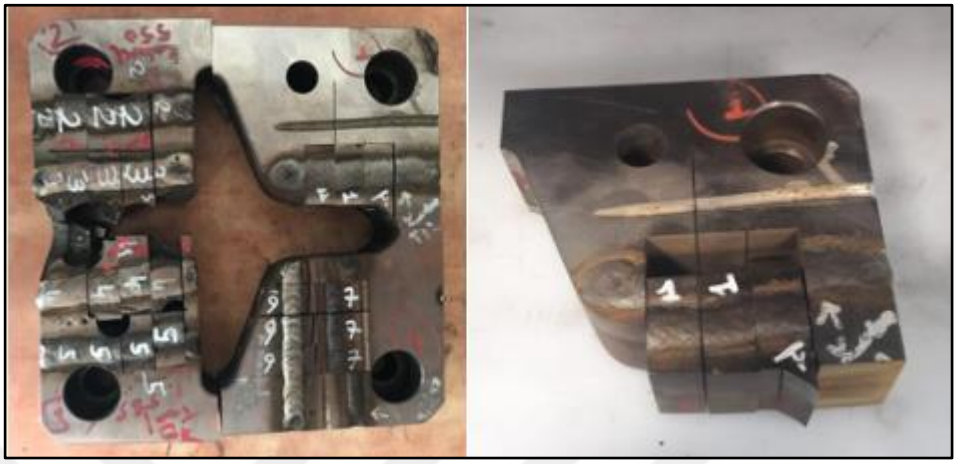
Şekil 3.3. 6 numaralı elektrot ile kaynak yolunun doldurulması

Her kaynak yolu farklı özelliklere sahip farklı elektrotlarla kaynatılarak dolduruldu.



Şekil 3.4. Farklı elektrotlar ile kaynak yollarının doldurulması

Dolgu yapılan kaynaklar mikro yapı ve sertlik incelemeleri için tel erozyonda kesilerek numuneler haline getirildi.



Şekil 3.5. Kalıptan numune çıkarılması

Çıkarılan numuneler bakalite yerleştirildi.



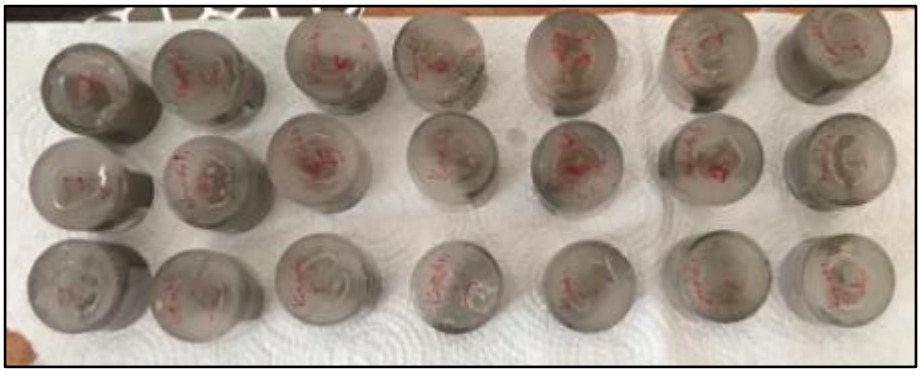
Şekil 3.6. Kaynak numunelerinin bakalite yerleştirilmesi

Ayrı bir kapta hızlı katılaşan şeffaf üniversal akrilik esaslı reçine hazırlanarak numune konulmuş bakalit kapların içine döküldü. Bakalitlere dökülen reçinenin kuruması için beklenilmeye alındı.



Şekil 3.7. Reçine dökülerek kurutulmaya bırakılmış numuneler

Katılaştıktan sonra numuneler kalıp içerisinden çıkarılır ve zımparalama işlemi başlanır.



Şekil 3.8. Zımparalama işlemi için hazırlanmış numuneler

Zımparalama işlemi, yüzey üzerinden mekanik olarak malzeme alma işleminde ilk aşamadır. Bu işlem doğru yapıldığında, zarar görmüş yüzeyden malzeme alırken yüzeyi mümkün olan en az hasarla bırakır ve bu sayede numune yüzeyini parlatma işlemi için hazırlar.

1 numaralı zımpara ile 150HV üzerindeki malzemelerin kaba ve ince zımparalama kademeleri yapıldı.



Şekil 3.9. Numunelerin 1 nolu zımpara ile yüzeylerinin düzeltilmesi

2 numaralı zımpara ile HV150'den daha yüksek sertliğe sahip tüm malzemelerin ince zımparalama işlemleri DP-Sprey kullanılarak gerçekleştirilir. 2 nolu zımpara numune yüzeyinden yüksek oranda malzeme alınmasını, mükemmel derecede pürüzsüz bir yüzey ve optimum kenar keskinliği elde edilmesini sağlar. Bir kademe yapılan zımparalama işleminden sonra numuneler parlatma işlemi için hazır hale geldi.



Şekil 3.10. Numunelerin II nolu zımpara ile yüzeylerinin detaylı düzeltilmesi

3 numaralı zımpara ile ön parlatma yapıldı.



Şekil 3.11. Numunelerin ön parlatma işlemi

4 numaralı zımpara ile detaylı parlatma yapıldı.



Şekil 3.12. Numunelerin detaylı parlatma işlemi

3.3.2. Dağlama Karışımı Hazırlanması



Şekil 3.13. Dağlama karışımı hazırlanması

Parlatma işleminden sonra makro yapı görsellerinin net bir şekilde görüntülenmesi için dağlama işlemi yapıldı. Dağlama işlemi için 1/10 oranında nitrik asit ve etanol karışımı (Şekil 3.13) hazırlanmıştır. Her numune, bu karışımın altında 30 sn tutularak arkasından temiz su ile yıkanmış ve hava ile kurutulmuştur.

3.3.3. Numunelerin Makro Yapı İncelemesi



Şekil 3.14. Nikon SMZ800 marka mikroskop

Dağlanan numunelerin metalografik görünümleri Nikon SMZ800 marka mikroskop (Şekil 3.14) ile incelenmiştir.

3.3.4. Numunelerin Mikro Yapı İncelemesi



Şekil 3.15. Leica DM4000M led marka optikmikroskobı

Dağlanan numunelerin metalografik görünümleri Leica DM4000M Led marka mikroskop (Şekil 3.15) ile incelenmiştir.

3.3.5. Manuel Rockwell Sertlik Ölçümü

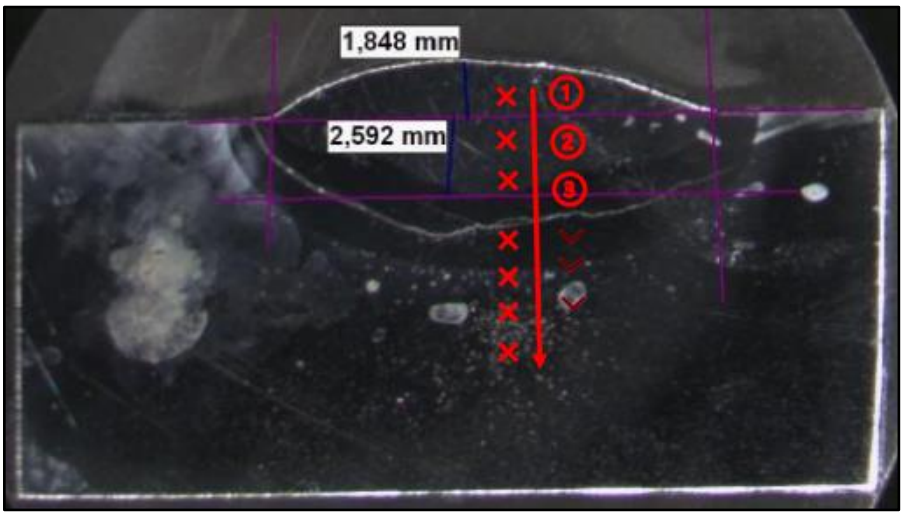
Çeşitli elektrotlarla kaynatılmış olan 1.2379 soğuk iş takımı çeliği numunelerinin sertlik testi Rockwell C (HRC) skalası cinsinden ölçülmüştür. Her elektrot için üç farklı numune oluşturulup, numunelerin bir kaynaklı bir kaynaksız noktasından sertlikleri ölçülmüştür.



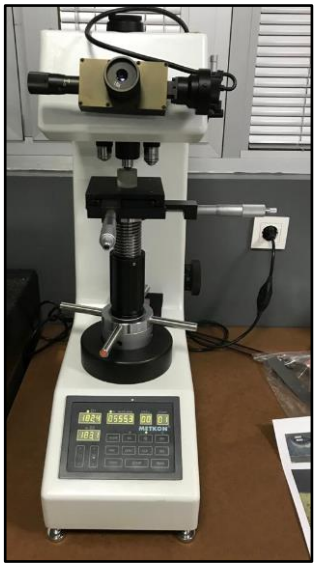
Şekil 3.16. BMS bulut makinanın manuel rockwell sertlik ölçüm cihazı

3.3.6. Dijital Vickers Mikro Sertlik Ölçümü

Çeşitli elektrotlarla kaynatılmış olan 1.2379 soğuk iş takımı çeliği numunelerinin mikro sertlik testi Vickers (HV) skalası cinsinden ölçülmüştür. Her elektrotun bir numunesi için, numunelerin en üst kaynaklı yüzeyinden aşağı doğru kaynaksız yüzeyin bitimine kadar sertlikleri ölçülmüştür (Şekil 3.27)



Şekil 3.17. Vikers mikrosertlik ölçüm noktaları



Şekil 3.18. Metkon marka vickers mikrosertlik ölçüm cihazı

3.3.7. Çekme Testleri

Isıl işlem görmüş bütün kalıp kütüğü tel erozyon cihazına bağlanarak TSE 138 standardına uygun olacak şekilde çekme numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan deney numuneleri çeşitli elektrotlarla kaynak yapılarak birleştirilmiştir. Birleştirilen numuneler TIME WDW-100 model çekme cihazında 50 kN altında 10 mm/dk çekme hızında çekilerek mukavemet değerleri belirlenmiştir.



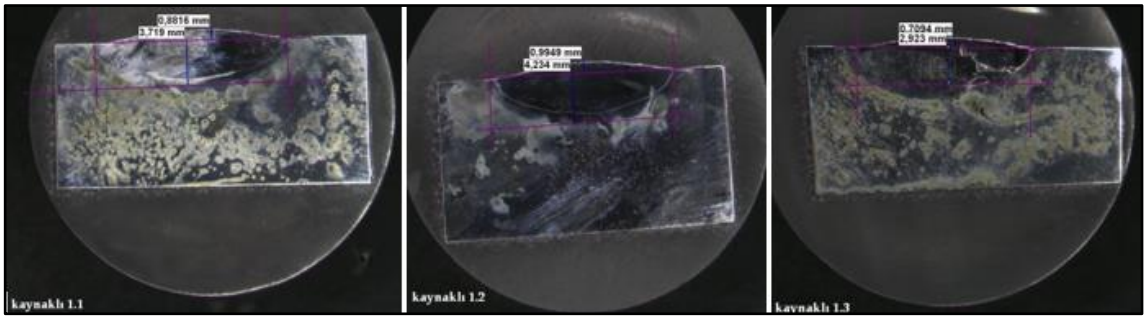
Şekil 3.19. TIME WDW-100 model çekme cihazı

3.4. Deney ve Testlerin Sonuçları

3.4.1. 1 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler

1 Numaralı elektrot; I numaralı elektrot, karbon ve alaşımlı çelik veya %12-14 Mn içerir. Bu çeliklerden imal edilen makine parçaları aşınmaya karşı sert dolgu kaynağında kullanılarak yüksek verimlilik sağlar. Cr-Mo-V çeliği aşırı basınç ve darbe altında yüksek dayanıklılık gösterir. Maksimum sertliği 55 HRC ye kadar ulaşmaktadır.

1 numaralı elektrotla kaynatılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri incelendiğinde (Şekil 3.20.) elektrot bölgesi, ısı tesiri altındaki bölge (ITAB), çatlak bölgesi ve ana metal bölgesi görünmektedir.

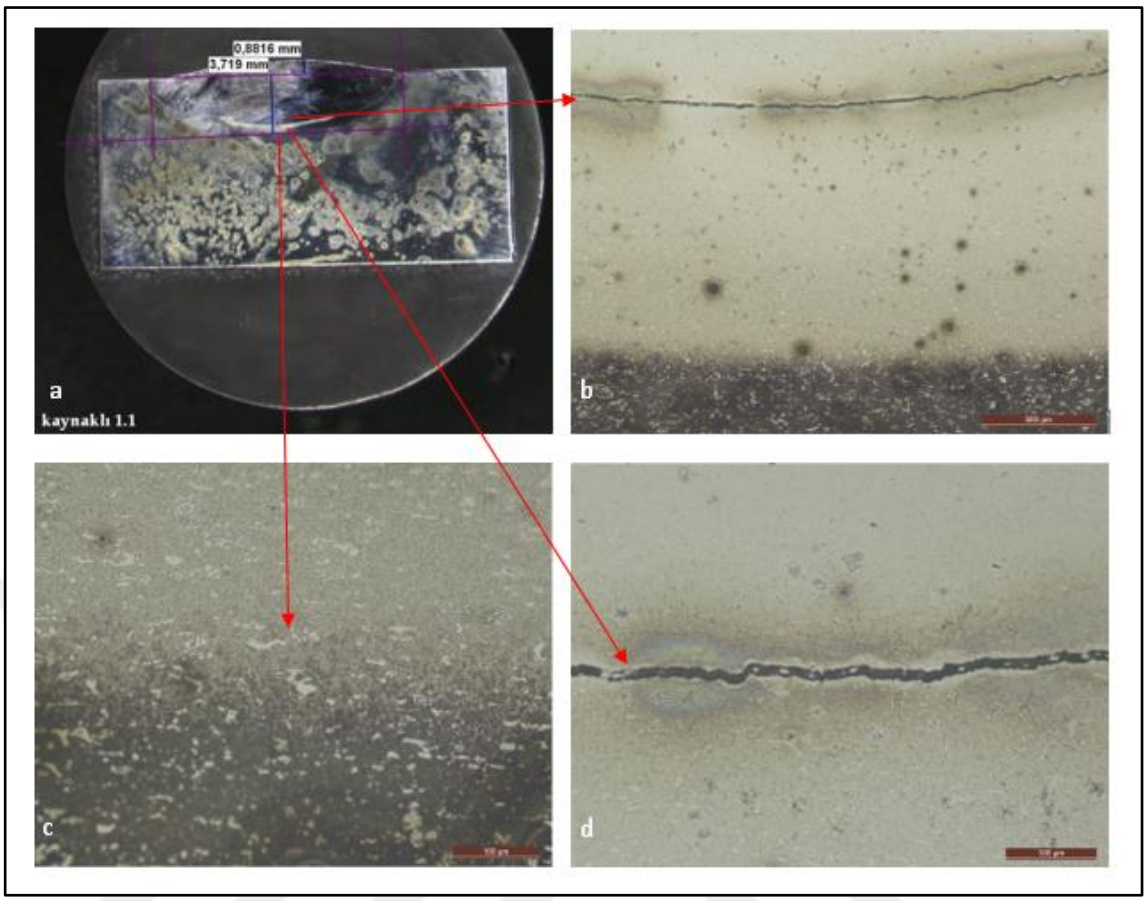


Şekil 3.20. 1 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü

Bu numunelerin elektrot yüzeyindeki sertlik ölçümünde ortalama 43 HRC, Ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 60 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1.)

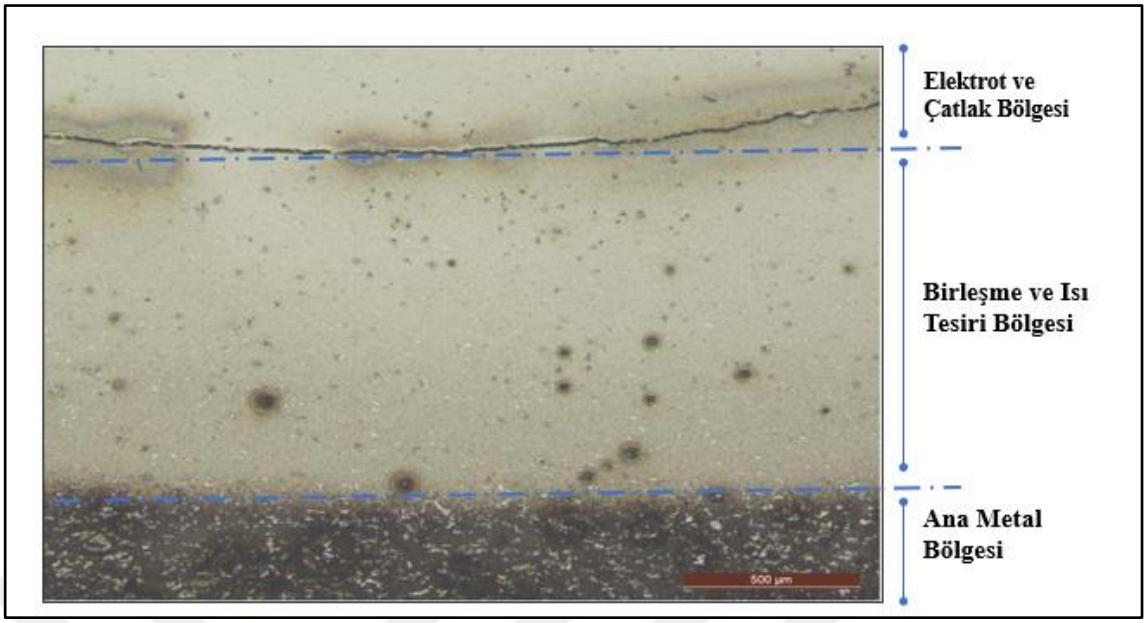
Çizelge 3.1. 1 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri

Numune No:	**Kaynak Elektrod Sertliği (Rockwell C HRC)**	**Kaynak Elektrod Sertliği (Vickers HV)**	**Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)**	**Çelik Sertliği (Vickers HV)**
1.1	43	423	61	775
1.2	42	401	59	727
1.3	43	423	59	727

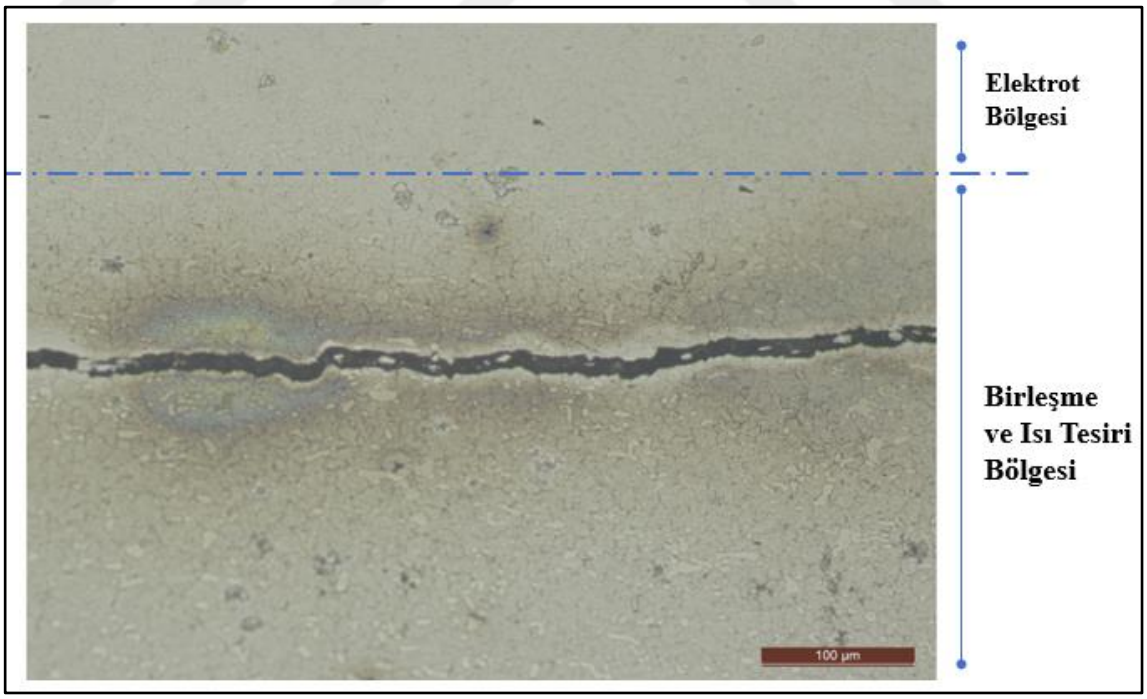


Şekil 3.21. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü d) 100µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü

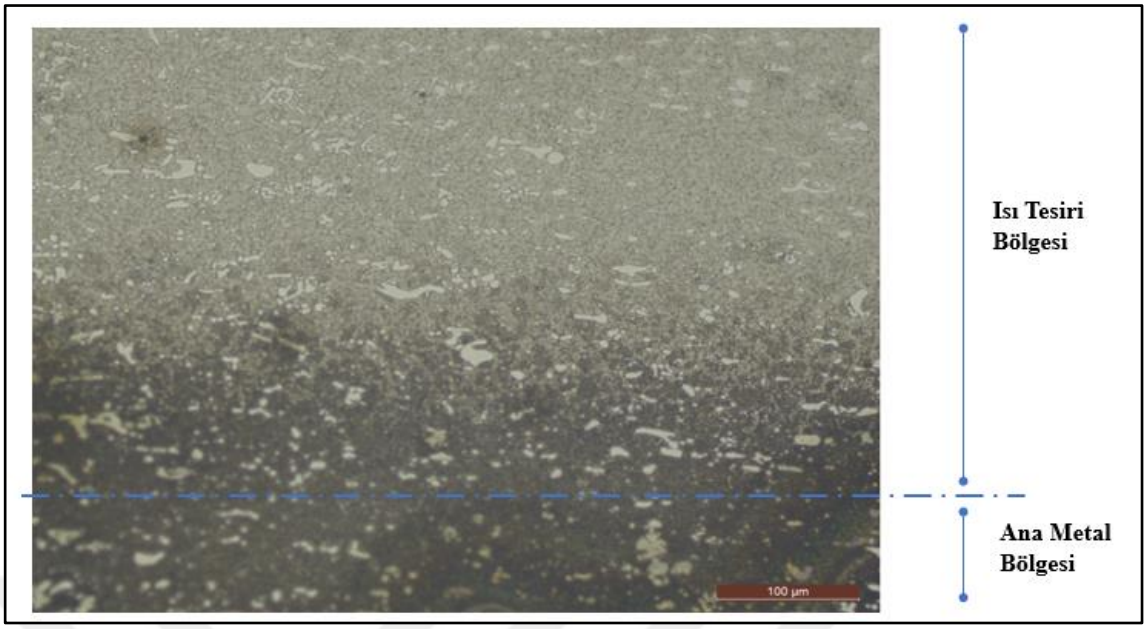
Şekil 3.21, Şekil 3.22, Şekil 3.23 ve Şekil 3.24 deki görsellerde de de görüleceği gibi 1 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 500µm ölçekte genel mikro yapısı yukarıdan aşağıya doğru incelendiğin de elektrot bölgesi, çatlak bölgesi, birleşme ve ITAB, ana metal bölgeleri gözlenmektedir.



Şekil 3.22. 1 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü



Şekil 3.23. 1 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü



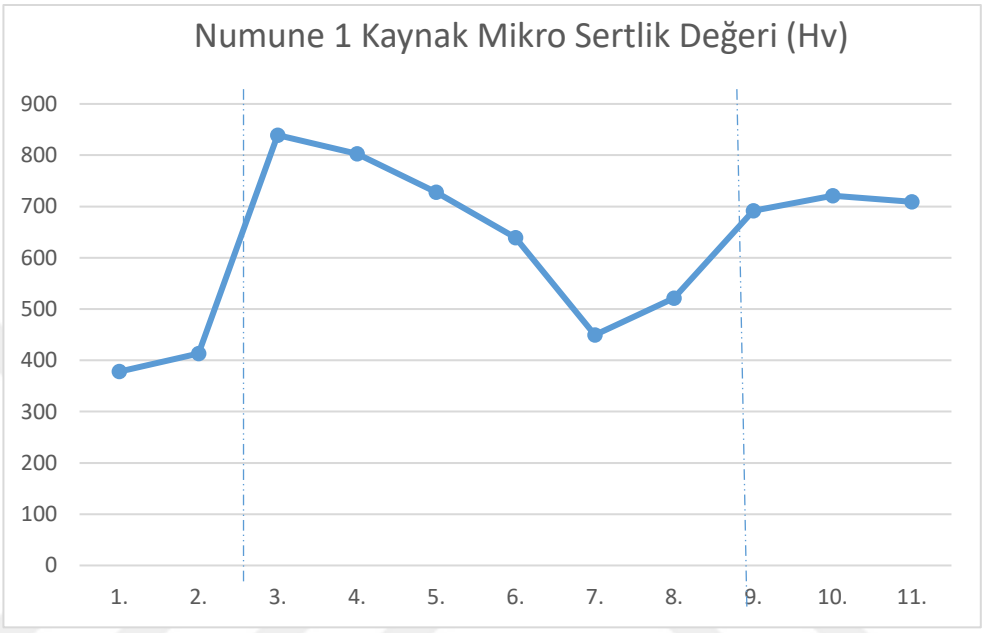
Şekil 3.24. 1 numaralı elektronun 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü

1 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) sertlik değerleri Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Dikey eksen boyunca 1 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri

Kaynak Noktası	**Kaynak Sertliği (Hv)**
1.	378
2.	413,4
3.	839,2
4.	802,6
5.	728
6.	639,4
7.	449,3
8.	521,3
9.	691,6
10.	720,8
11.	709,2

1 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin, 0 ile 3 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri elektrot bölgesinden, 3 ile 9 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ısı tesiri ve birleşme bölgesinden, 9 ve üzeri numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ana metal bölgesinden yapılmıştır (Şekil 3.25.)



Şekil 3.25. Dikey eksen boyunca 1 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değeri grafiği

1 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin çekme testi sonuçları Çizelge 3.3.'de gösterilmektedir.

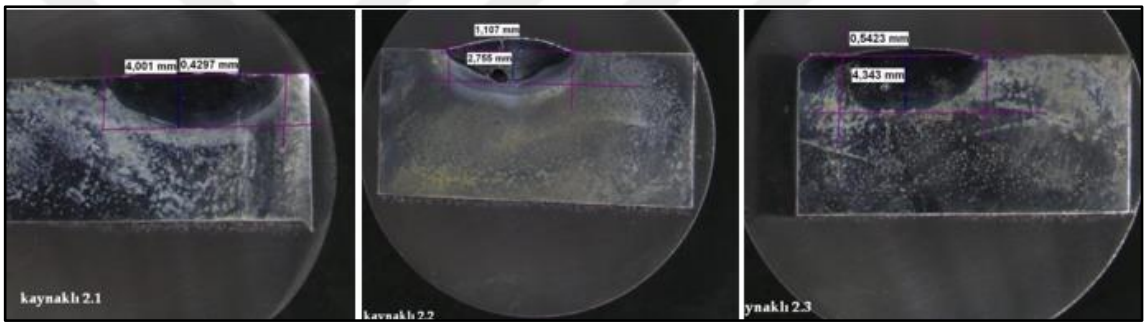
Çizelge 3.3. 1 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri

Sira No	**Maksimum Kuvvet (kN)**	**Cekme Dayanimi (MPa)**	**Akma Dayanimi (MPa)**	**Uzama (mm)**	**Ilk Boy (mm)**	**Son Boy (mm)**
1	8,65	69	61	2,5	80	82

3.4.2. 2 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler

2 Numaralı elektrot; Fe bazlı Cr-Mn-Mo takviyeli sert dolgu elektrodur. Özellikle metal-metale aşınma mekanizmasında aşınma dayanımlı sağlayan darbe ve sürtünme direnci yüksek kaynak metali sağlar. Maksimum sertliği 60 HRC ye ulaşmaktadır.

2 numaralı elektrotla kaynatılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri incelendiğinde elektrot bölgesi, ITAB ve ana metal bölgesi görünmektedir (Şekil 3.26).

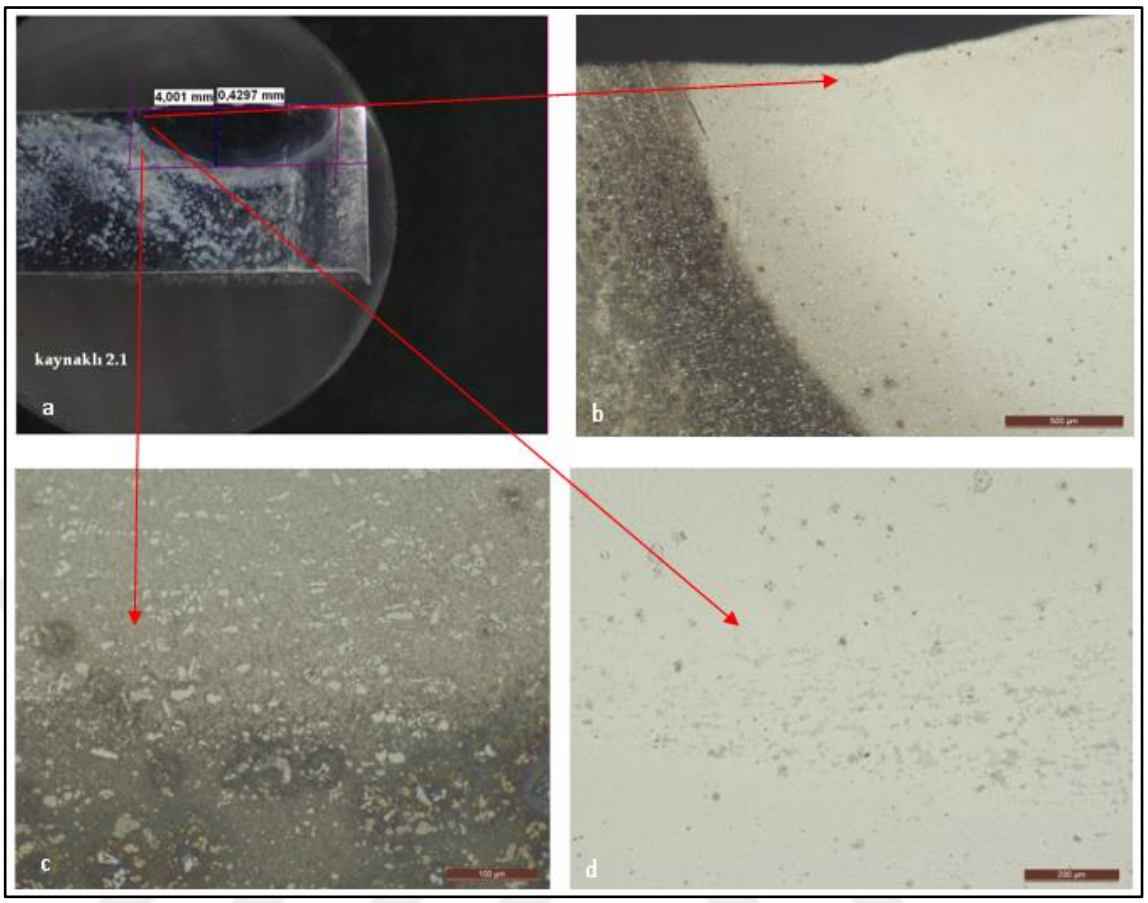


Şekil 3.26. 2 numaralı elektrotla kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü

Bu numunelerin elektrot yüzeyindeki sertlik ölçümünde ortalama 49 HRC, Ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 60 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge 3.4).

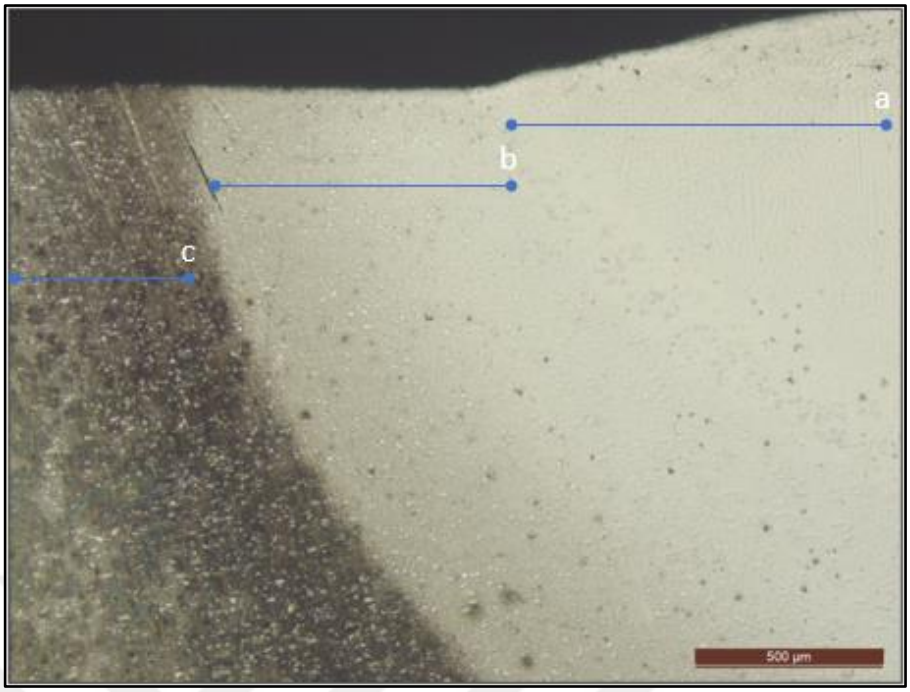
Çizelge 3.4. 2 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri

Numune No:	**Kaynak Elektrod Sertliği (Rockwell C HRC)**	**Kaynak Elektrod Sertliği (Vickers HV)**	**Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)**	**Çelik Sertliği (Vickers HV)**
2.1	50	540	59	727
2.2	51	551	60	746
2.3	46	474	60	746



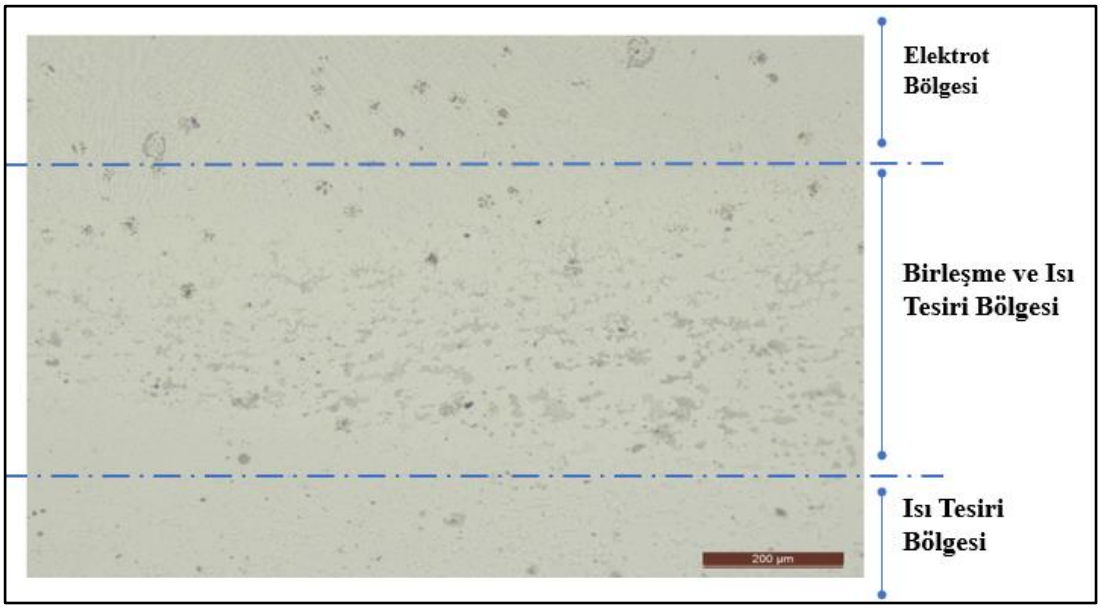
Şekil 3.27. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü d) 200µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.28 deki 2 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 500µm ölçekte genel mikro yapısı yukarıdan aşağıya doğru incelendiğin de elektrot bölgesi (Şekil 3.27a, birleşme ve ITAB (Şekil 3.27b), ana metal bölgeleri (Şekil 3.27c) gözlenmektedir.



Şekil 3.28. 2 numaralı elektronun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.29'da 2 numaralı elektron 200µm ölçekte elektrottan ITAB geçişteki mikro yapısında ısı tesiri altında birleşme oluşarak yeni yapı oluşumu görülmektedir.



Şekil 3.29. 2 numaralı elektronun 200µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.30’da 2 numaralı elektron 100µm ölçekte ITAB den ana metal yapısına geçişteki mikro yapısı görülmektedir.



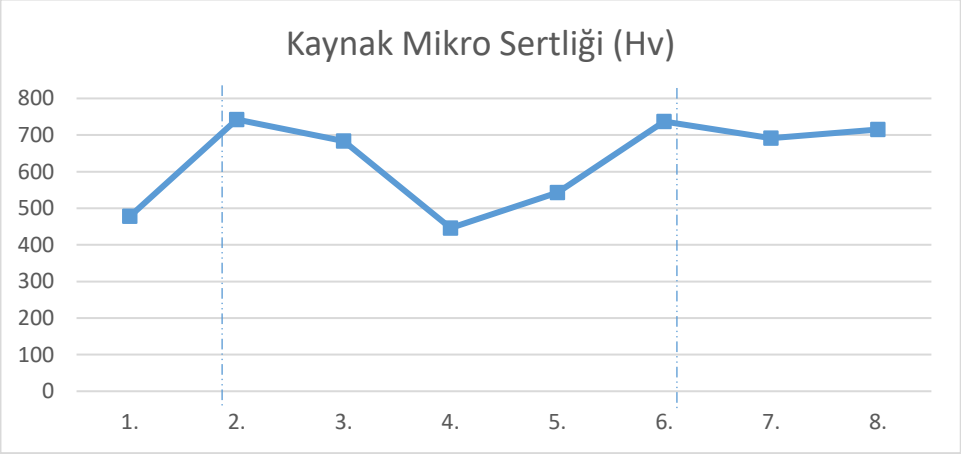
Şekil 3.30. 2 numaralı elektronun 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü

2 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) sertlik değerleri Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Dikey eksen boyunca 2.1 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri

Kaynak Noktası	Kaynak Sertliği (Vickers Hv)
1.	478,4
2.	742,4
3.	684
4.	446
5.	543
6.	737,2
7.	691,6
8.	715

2 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin, 0 ile 2 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri elektrot bölgesinden, 2 ile 6 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ısı tesiri ve birleşme bölgesinden, 6 ve üzeri numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ana metal bölgesinden yapılmıştır (Şekil 3.31.).



Şekil 3.31. Dikey eksen boyunca 2 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değeri grafiği

2 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin çekme testi sonuçları Çizelge 3.6'da gösterilmektedir.

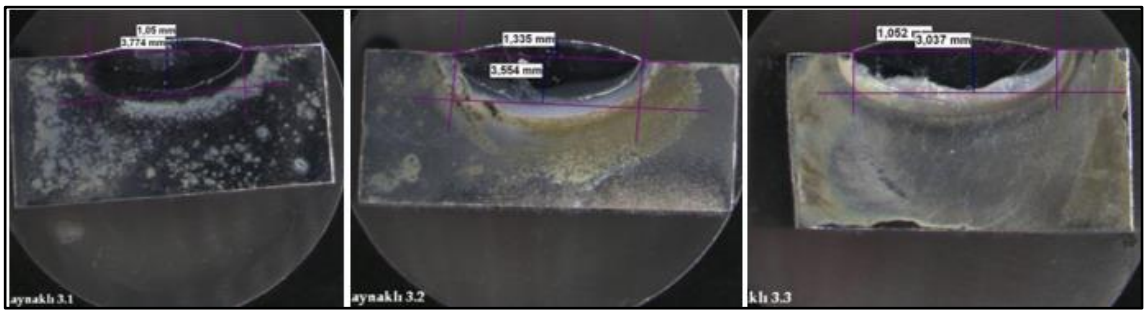
Çizelge 3.6. 2 Numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri

Sira No	**Maksimum Kuvvet (kN)**	**Cekme Dayanimi (MPa)**	**Akma Dayanimi (MPa)**	**Uzama (mm)**	**Ilk Boy (mm)**	**Son Boy (mm)**
1	8,91	71	18	2,5	80	82

3.4.3. 3 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler

3 Numaralı elektrot; Cr, Ni ve Co alaşımlı bir elektrottur. Kaynak dikişi darbe aldıkça sertleşme özelliğine sahip olup oldukça yüksek mukavemetli kaynak metali verir. Maksimum sertliği 32 HRC ye ulaşmaktadır.

3 numaralı elektrotla kaynatılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri incelendiğinde elektrot bölgesi, ITAB, çatlak bölgesi ve ana metal bölgesi görünmektedir (Şekil 3.32).

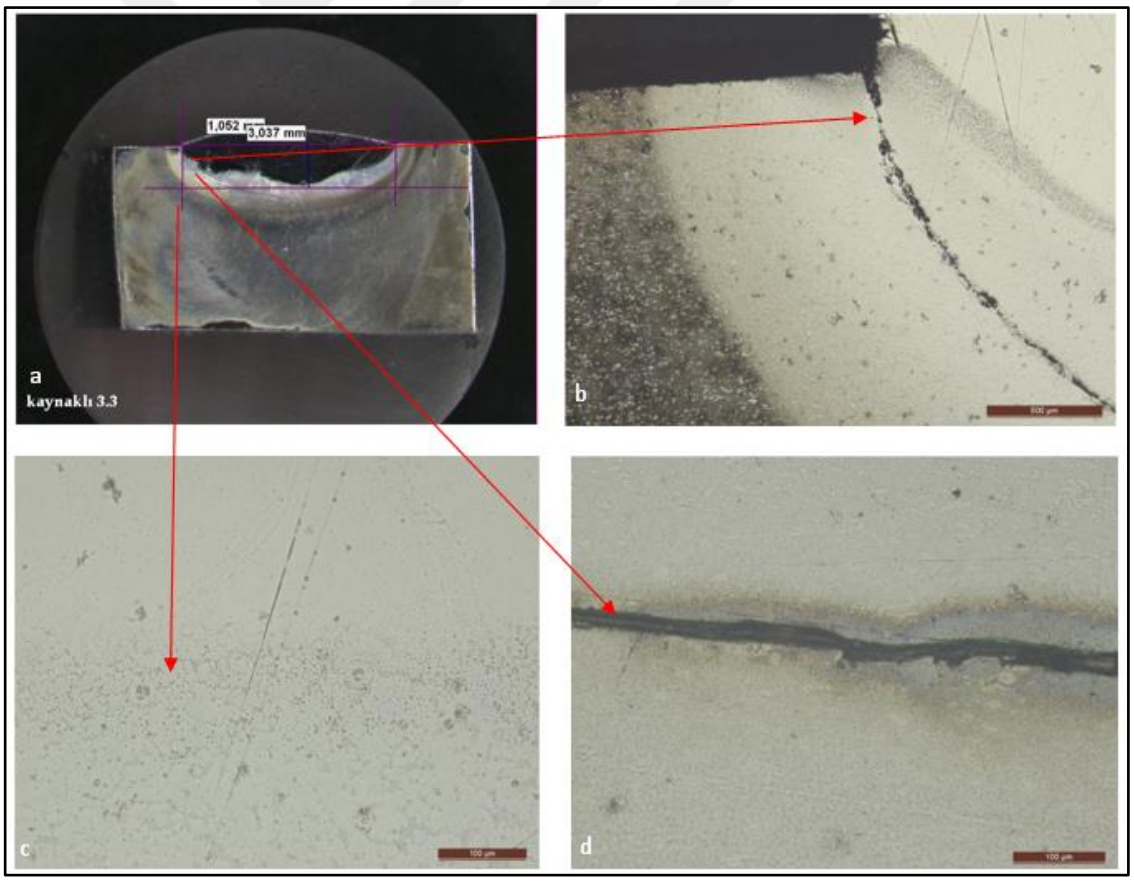


Şekil 3.32. 3 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü

Bu numunelerin elektrot yüzeyindeki sertlik ölçümünde ortalama 30 HRC, Ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 60 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge 3.7.)

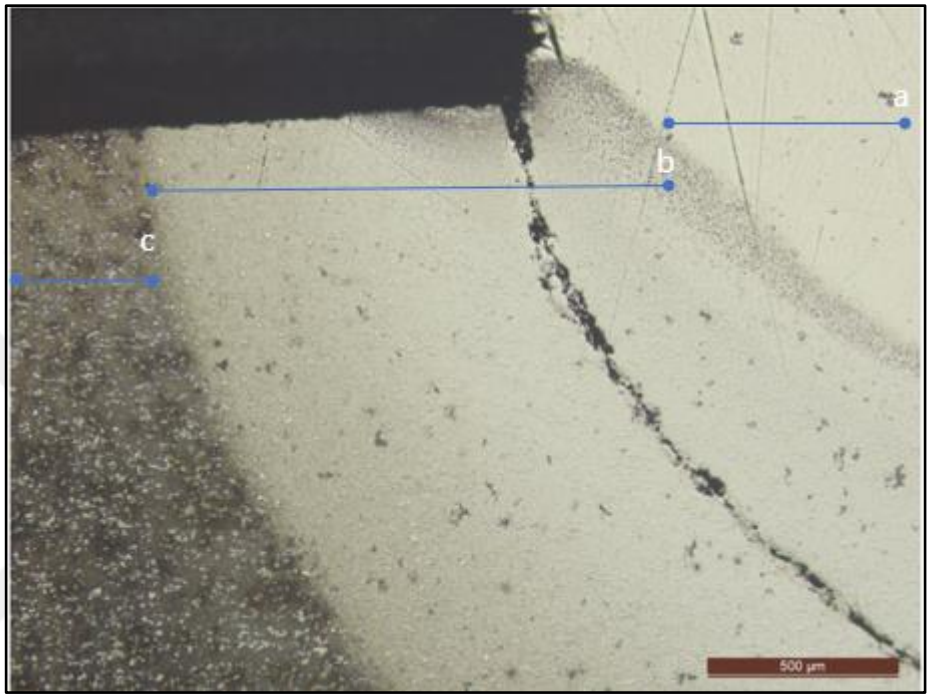
Çizelge 3.7. 3 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri

Numune No:	**Kaynak Elektrot Sertliği (Rockwell C HRC)**	**Kaynak Elektrot Sertliği (Vickers HV)**	**Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)**	**Çelik Sertliği (Vickers HV)**
3.1	30	278	61	775
3.2	30	278	61	775
3.3	29	272	59	727



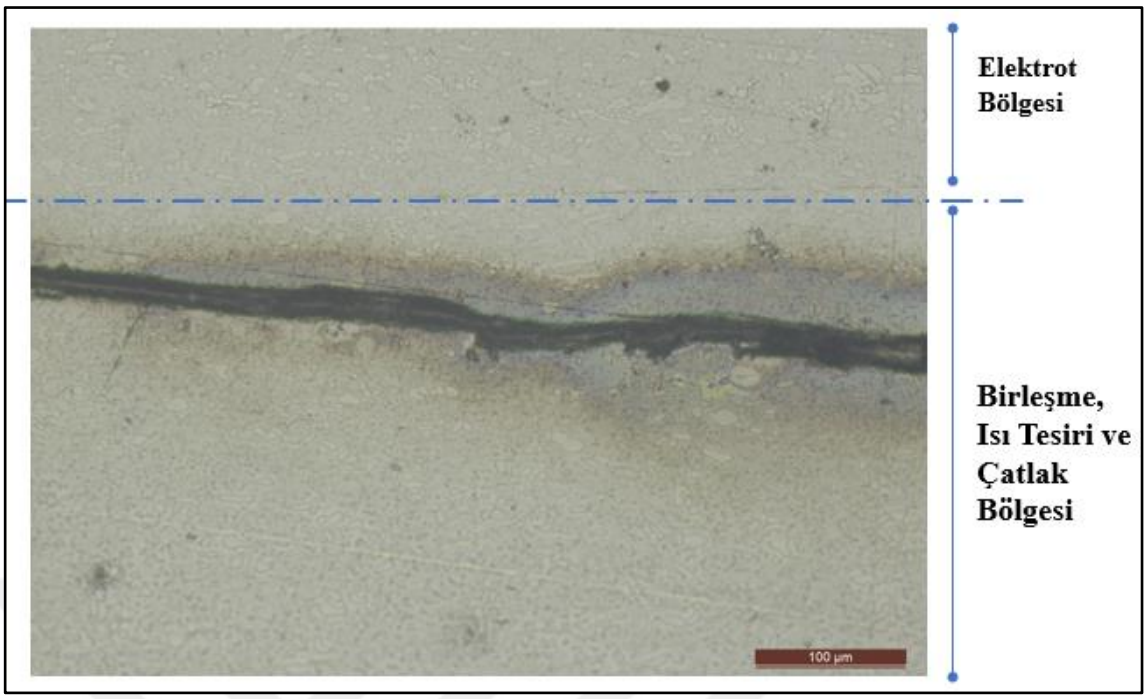
Şekil 3.33. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü d) 100µm ölçekte ıtab ve çatlak bölgesi mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.34 deki 3 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 500µm ölçekte genel mikro yapısı yukarıdan aşağıya doğru incelendiğin de elektrot bölgesi (Şekil 3.34a, birleşme, ITAB çatlağı (Şekil 3.34b) ve ana metal bölgeleri (Şekil 3.34c) gözlenmektedir.



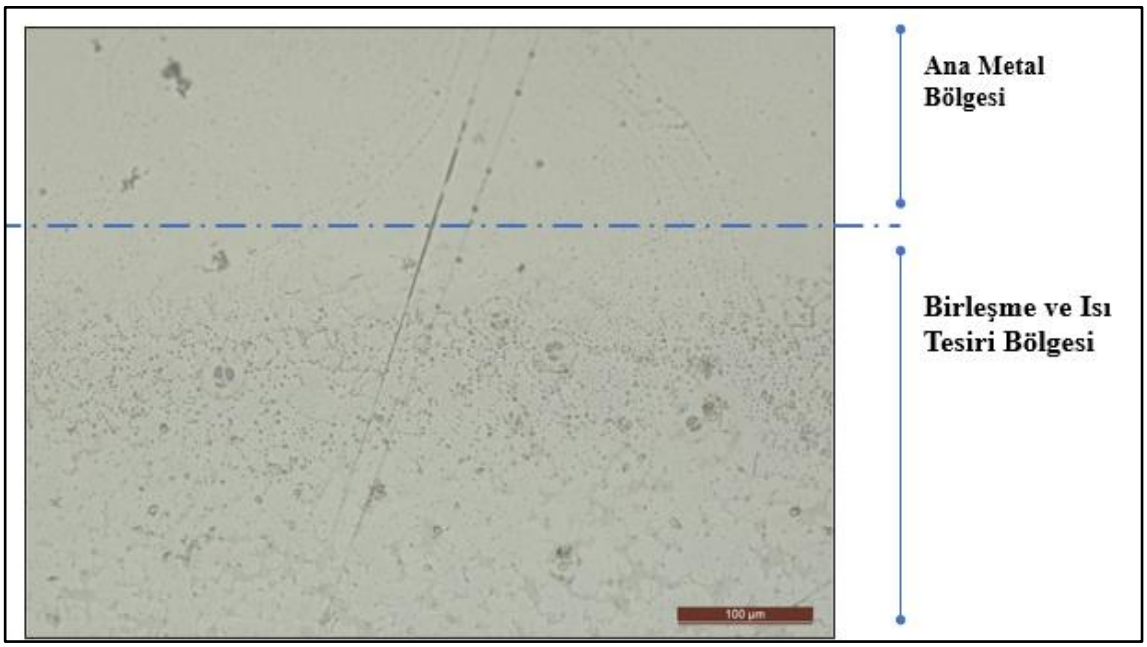
Şekil 3.34. 3 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.35 deki 3 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 100µm ölçekte ve çatlak mikro yapısı incelendiğin de karmaşık kalıntı gerilmelerine maruz kaldığı görülmektedir.



Şekil 3.35. 3 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot, ıtab ve çatlak mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.36 deki 3 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 100µm ölçekte ısı tesiri altında kalan kısmın mikro yapısı incelendiğin de birleşme bölgeleri gözlenmektedir



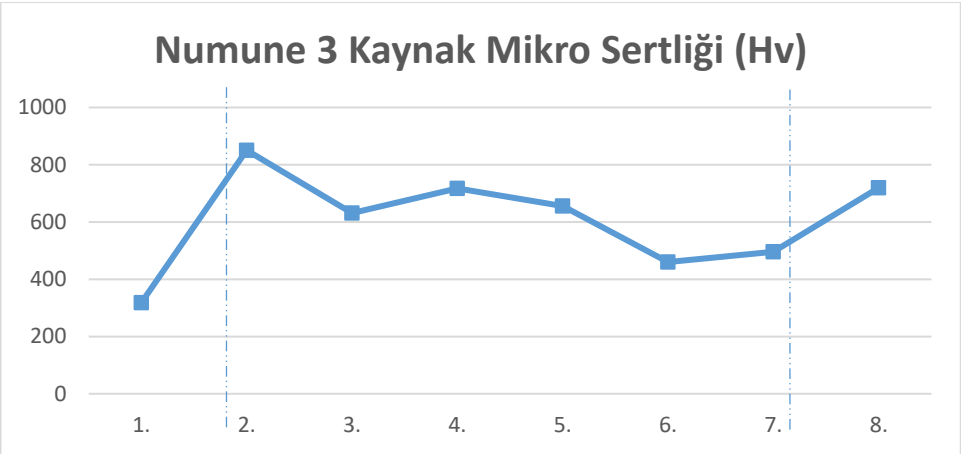
Şekil 3.36. 3 numaralı elektronun 100µm ıtab bölgesi ve çeliğin mikro yapı görüntüsü

3 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) sertlik değerleri Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Dikey eksen boyunca 3 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri

Kaynak Noktası	**Kaynak Sertliği (Vickers Hv)**
1.	318,2
2.	850,6
3.	631,2
4.	717,2
5.	656,2
6.	460,4
7.	495,5
8.	719

3 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin, 0 ile 2 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri elektrot bölgesinden, 2 ile 7 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ısı tesiri ve birleşme bölgesinden, 7 üzeri numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ana metal bölgesinden yapılmıştır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Dikey eksen boyunca 3 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değeri grafiği

3 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin çekme testi sonuçları Çizelge 3.9'da gösterilmektedir.

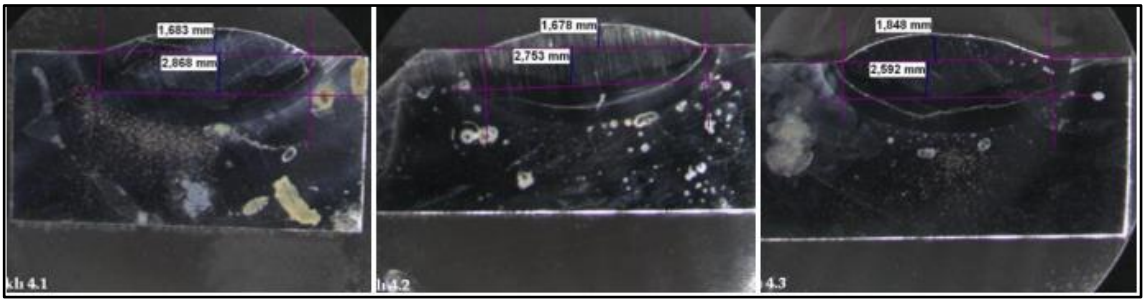
Çizelge 3.9. 3 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme özellikleri

Sira No	Maksimum Kuvvet (kN)	Cekme Dayanimi (MPa)	Akma Dayanimi (MPa)	Uzama (mm)	Ilk Boy (mm)	Son Boy (mm)
1	7,395	59	59	1	80	81

3.4.4. 4 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler

4 Numaralı elektrot; Cr-Ni paslanmaz yapıda olup ve mangan alaşım takviyeli elektrottur. Mn içeriği sayesinde kaynak dikişi darbe aldıkça sertleşme özelliğine sahiptir. Nikel içeriğinden ötürü paslanmaz çelikler ile düşük ve orta alaşımlı Çelik tiplerinin birleştirme kaynaklarında uyum problemi oluşturmaz. Maksimum sertliği 26 HRC ye ulaşmaktadır.

4 numaralı elektrotla kaynatılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri incelendiğinde elektrot bölgesi, ITAB, çatlak bölgesi ve ana metal bölgesi görünmektedir (Şekil 3.38).



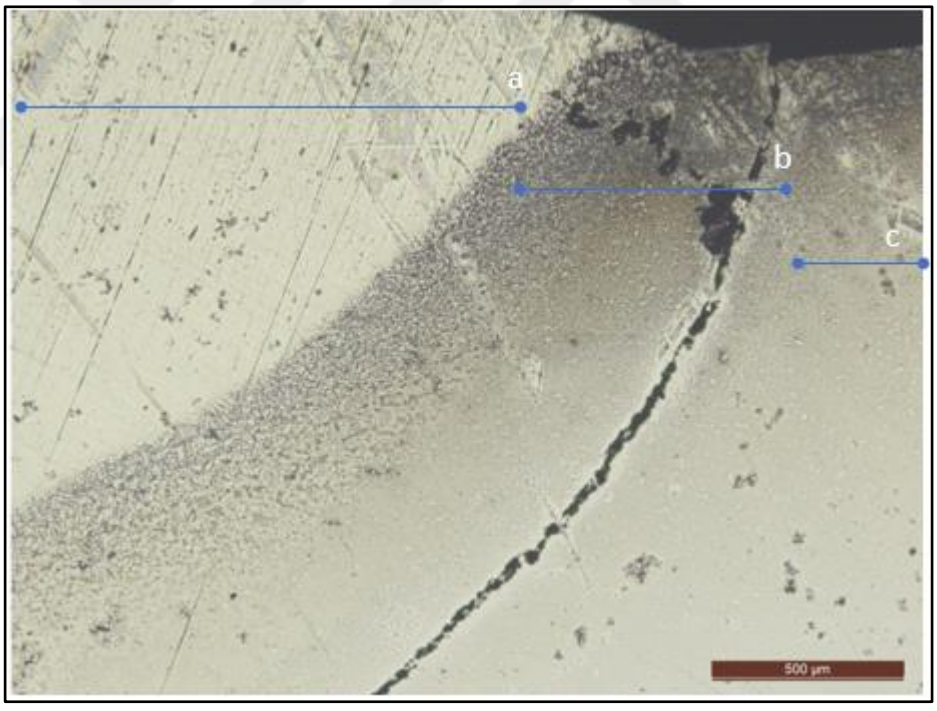
Şekil 3.38. 4 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü

Bu numunelerin elektrot yüzeyindeki sertlik ölçümünde ortalama 28 HRC, Ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 60 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10. 4 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri

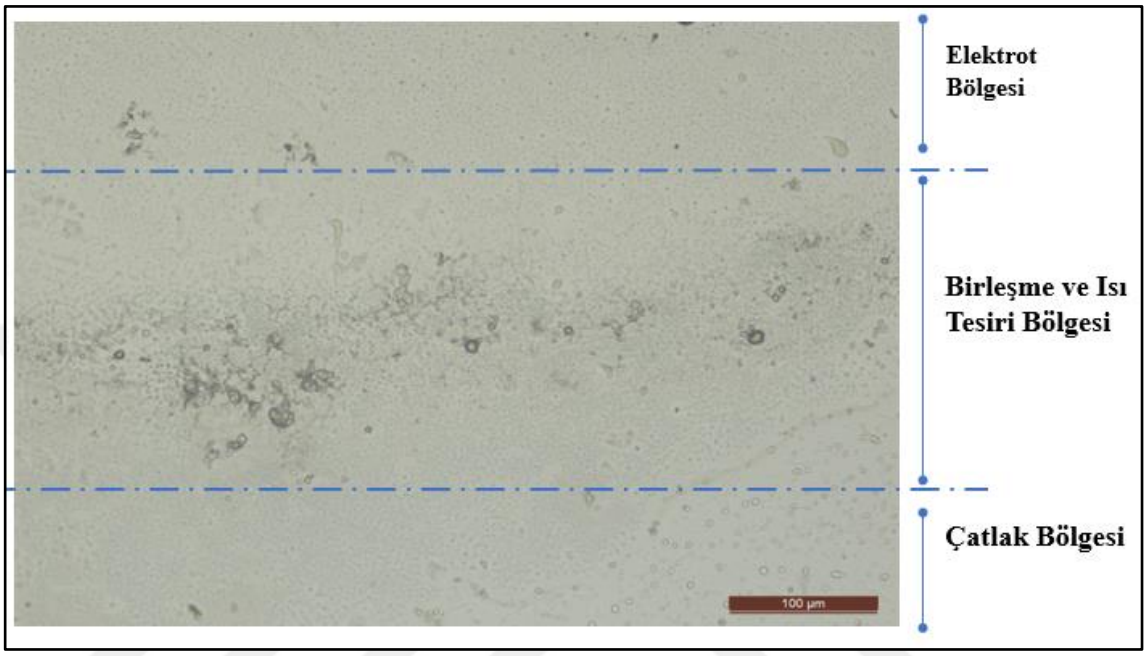
Numune No:	Kaynak Elektrot Sertliği (Rockwell C HRC)	Kaynak Elektrot Sertliği (Vickers HV)	Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)	Çelik Sertliği (Vickers HV)
4.1	28	261	60	746
4.2	28	261	60	746
4.3	28	261	60	746

Şekil 3.39 deki 4 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 500µm ölçekte genel mikro yapısı yukarıdan aşağıya doğru incelendiğin de elektrot bölgesi (Şekil 3.39a), birleşme, ITAB çatlağı (Şekil3.39b) ve ana metal bölgeleri (Şekil 3.39c) gözlenmektedir.



Şekil 3.39. 4 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.40 deki 4 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 100µm ölçekte ısı tesiri altında kalan kısmın mikro yapısı incelendiğin elektrot içerisinde çatlak öncesi birleşme bölgeleri gözlenmektedir.



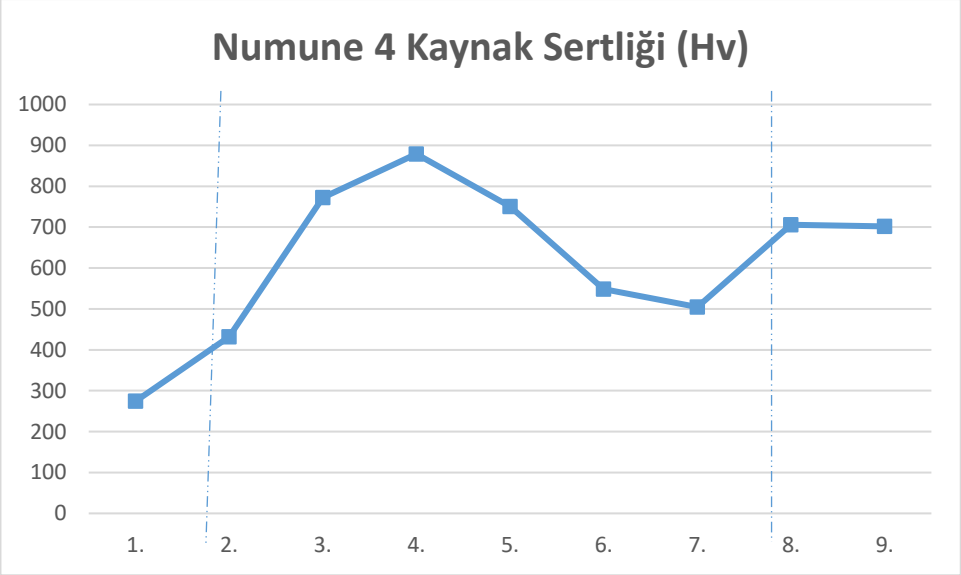
Şekil 3.40. 4 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü

4 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) sertlik değerleri Çizelge 3.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.11. Dikey eksen boyunca 4 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik değerleri

Kaynak Noktası	Kaynak Sertliği (Hv)
1.	274,3
2.	431,5
3.	772,4
4.	879
5.	750,4
6.	548,6
7.	504,9
8.	706,2
9.	701,8

4 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin, 0 ile 2 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri elektrot bölgesinden, 2 ile 8 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ısı tesiri ve birleşme bölgesinden, 8 ve üzeri numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ana metal bölgesinden yapılmıştır (Şekil 3.41).



Şekil 3.41. Dikey eksen boyunca 4 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik grafiği

4 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin çekme testi sonuçları Çizelge 3.12'de gösterilmektedir.

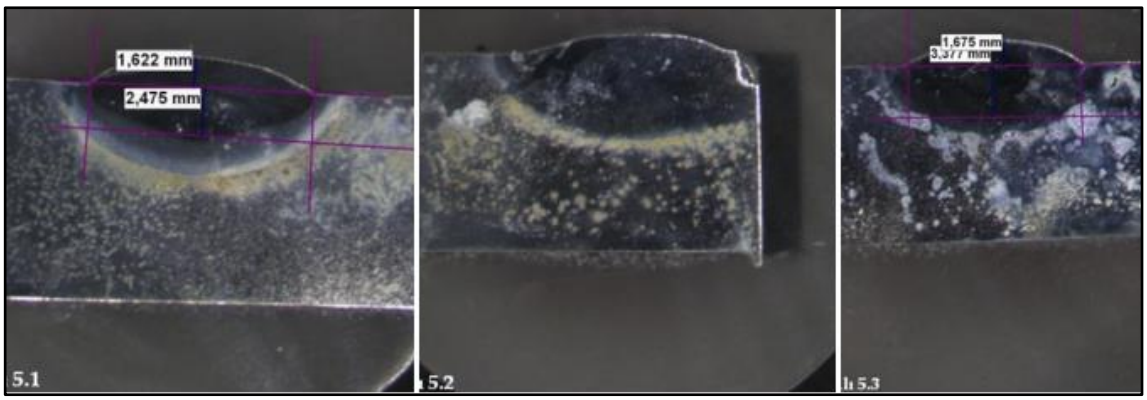
Çizelge 3.12. 4 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri

Sira No	Maksimum Kuvvet (kN)	Cekme Dayanimi (MPa)	Akma Dayanimi (MPa)	Uzama (mm)	Ilk Boy (mm)	Son Boy (mm)
1	10,73	86	55	2,5	80	82

3.4.5. 5 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler

5 Numaralı elektrot; Mn-Cr-Mo takviyeli sert dolgu elektrodur. Darbe ve sürtünme direnci yüksek kaynak metali sağlar. Maksimum sertliği 58 HRC ye ulaşmaktadır.

5 numaralı elektrotla kaynatılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri incelendiğinde elektrot bölgesi, ITAB ve ana metal bölgesi görünmektedir (Şekil 3.42).

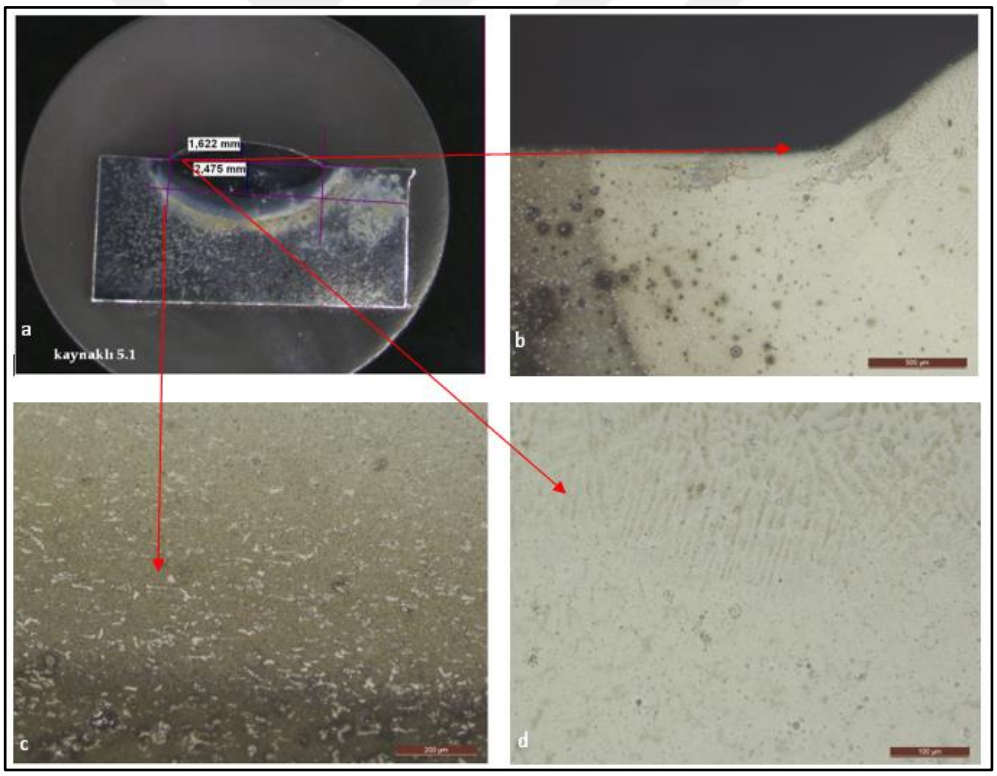


Şekil 3.42. 5 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü

Bu numunelerin elektrot yüzeyindeki sertlik ölçümünde ortalama 55 HRC, Ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 60 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge3.13).

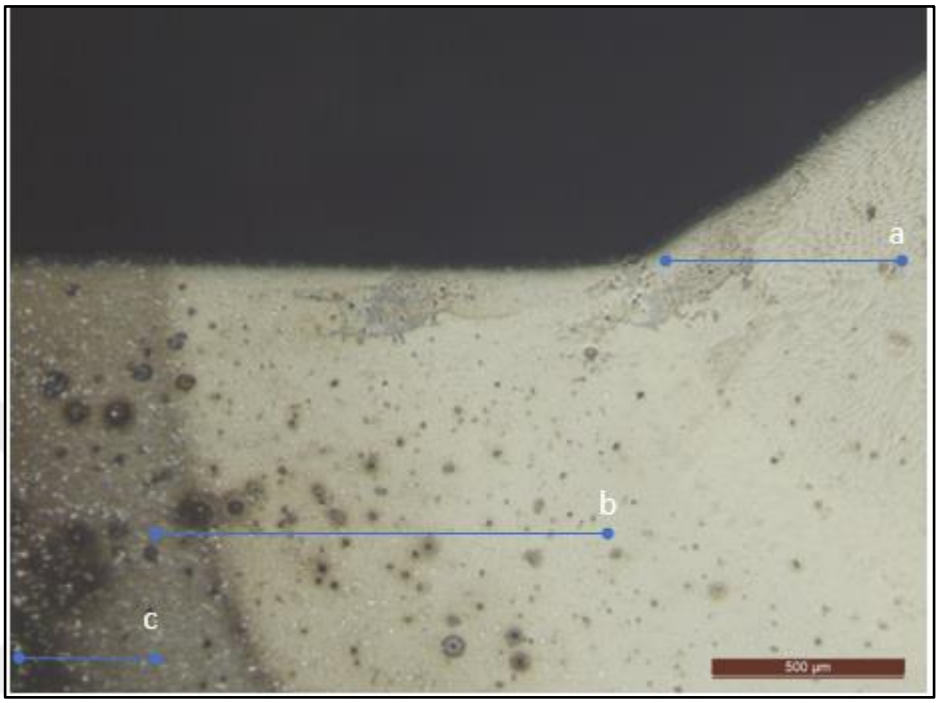
Numune No:	Kaynak Elektrot Sertliği (Rockwell C HRC)	Kaynak Elektrot Sertliği (Vickers HV)	Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)	Çelik Sertliği (Vickers HV)
5.1	56	649	59	727
5.2	53	587	60	746
5.3	56	649	60	746

Çizelge 3.13. 5 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri



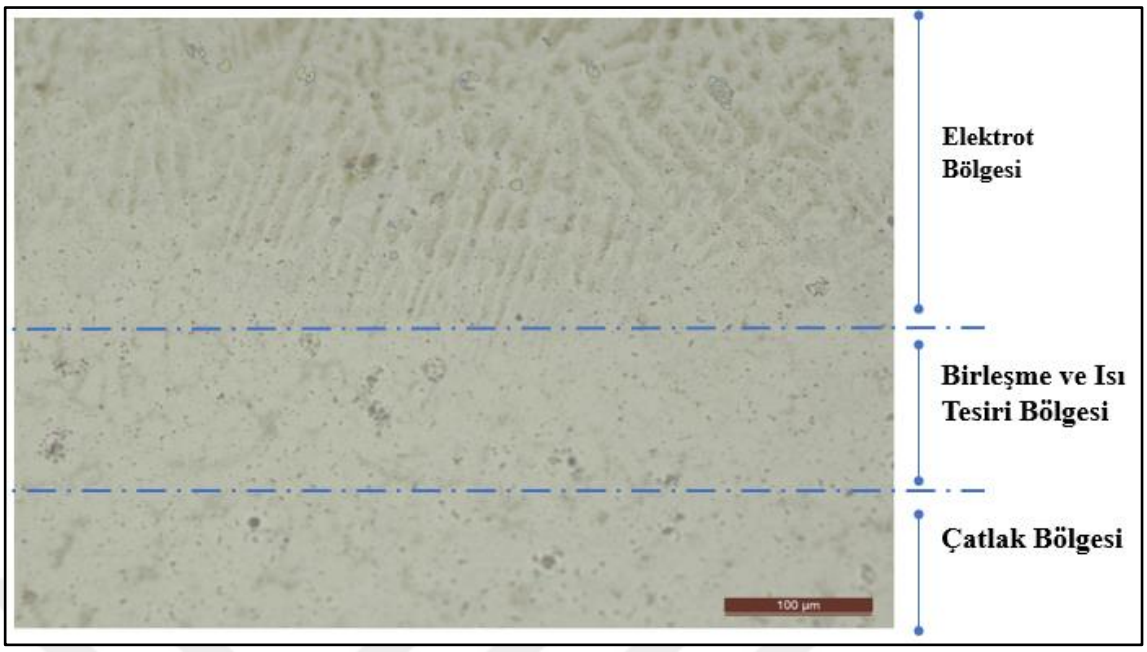
Şekil 3.43. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ölçekte ıtab ve ana malzeme mikro yapı görüntüsü d) 200µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.44 deki 5 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 500µm ölçekte genel mikro yapısı yukarıdan aşağıya doğru incelendiğin de elektrot bölgesi (Şekil 3.44a), birleşme ve ITAB (Şekil 3.44b), ana metal bölgeleri (Şekil 3.44c) gözlenmektedir.



Şekil 3.44. 5 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.45 deki 5 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 100µm ölçekte ITAB altında kalan kısmın mikro yapısı incelendiğinde birleşme bölgeleri gözlenmektedir.



Şekil 3.45. 5.numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü

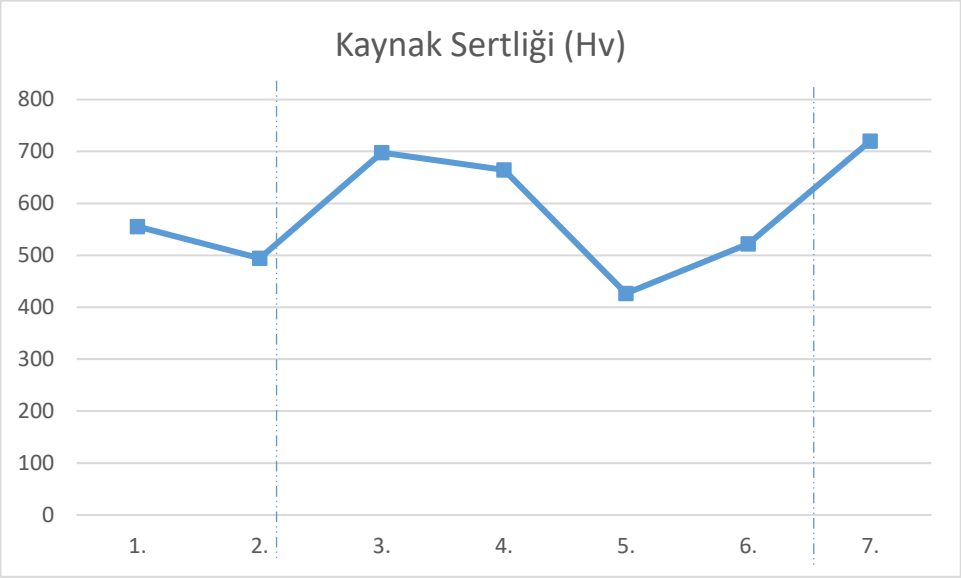
5 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) mikro sertlik değerleri Çizelge 3.14'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.14. Dikey eksen boyunca 5 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki mikro sertlik değerleri

Kaynak Noktası	**Kaynak Sertliği (Vickers Hv)**
1.	555,3
2.	494,4
3.	698
4.	664,5
5.	426,6
6.	521,9
7.	720,3

5 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin, 0 ile 3 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri elektrot bölgesinden, 3 ile 7 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ısı tesiri ve birleşme bölgesinden, 7 ve üzeri numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ana metal bölgesinden yapılmıştır (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. Dikey eksen boyunca 5 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik grafiği



5 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin çekme testi sonuçları Çizelge 3.16'da gösterilmektedir.

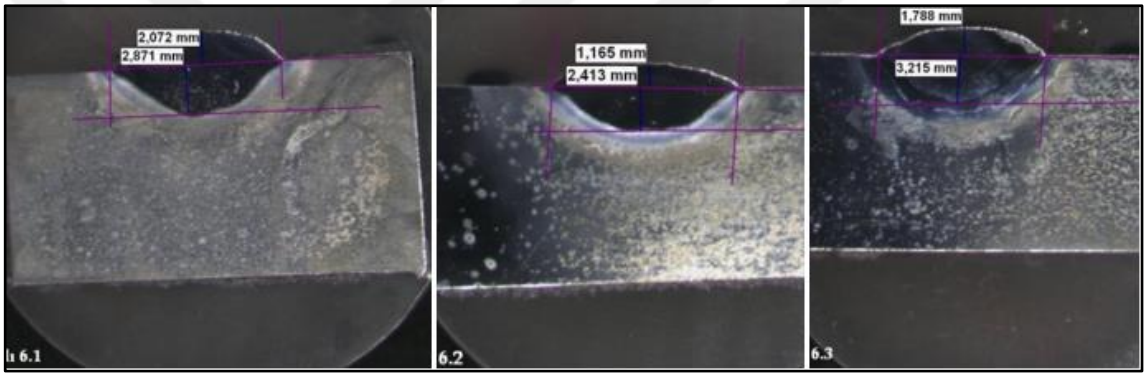
Çizelge 3.16. 5 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme değerleri

Sira No	**Maksimum Kuvvet (kN)**	**Cekme Dayanimi (MPa)**	**Akma Dayanimi (MPa)**	**Uzama (mm)**	**Ilk Boy (mm)**	**Son Boy (mm)**
1	12,16	97	65	2,5	80	82

3.4.6. 6 Numaralı Elektrotla Kaynak Yapılan Numuneler

6 Numaralı elektrot; elektrot çekirdeğinin nikel bazlı olmasından ötürü kaynak dikişi %60 ın üzerinde nikel içeriğine sahiptir. Cr-Ni-Fe-Mn yapıda bir kaynak dikişi verir. Bu sayede benzemez malzemelerin birleştirme kaynağından maksimum çatlama direnci ve Uzama (mm) katsayısı değerleri elde edilir Maksimum sertliği 16 HRC ye ulaşmaktadır.

6 numaralı elektrotla kaynatılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri incelendiğinde elektrot bölgesi, ITAB, çatlak bölgesi ve ana metal bölgesi görünmektedir (Şekil 3.46).

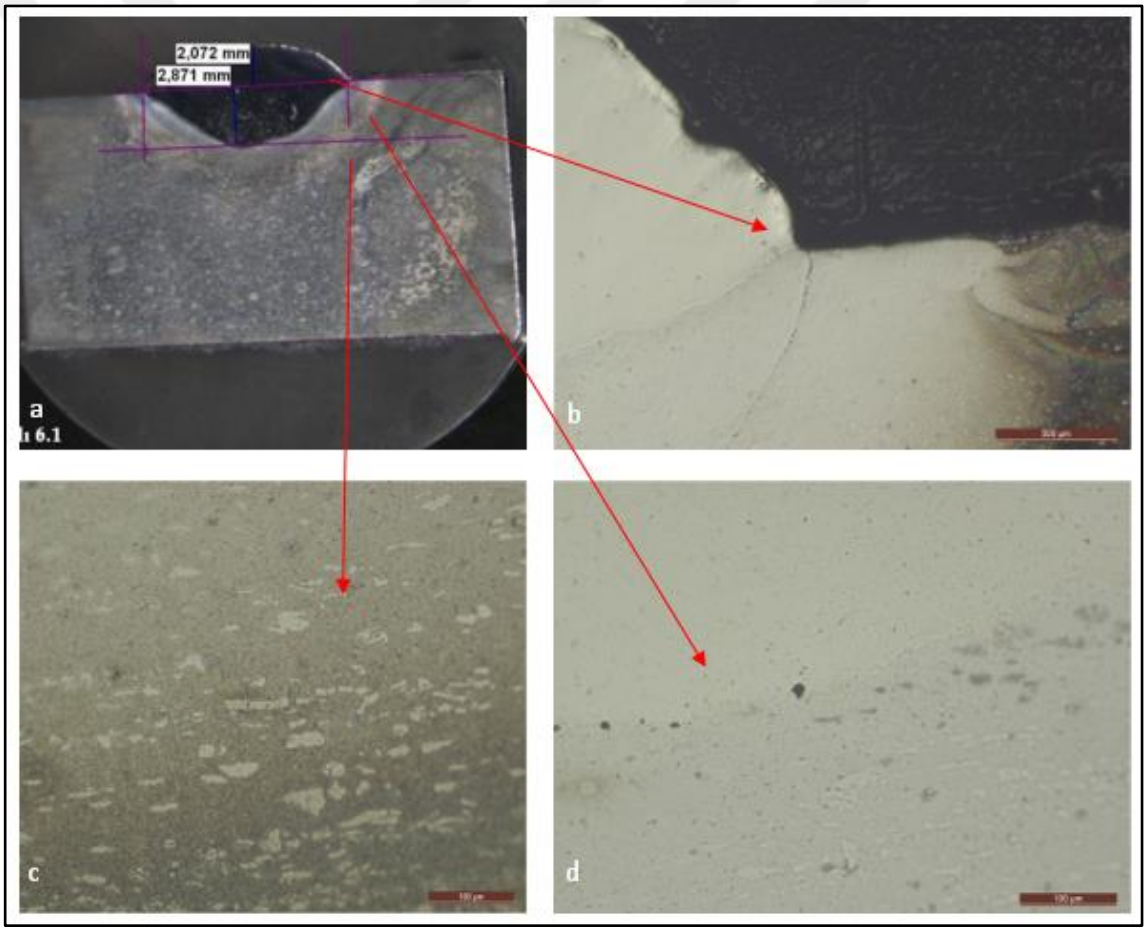


Şekil 3.46. 6 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin makro yapı görüntüsü

Bu numunelerin elektrot yüzeyindeki sertlik ölçümünde ortalama 15 HRC, Ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 60 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge 3.17).

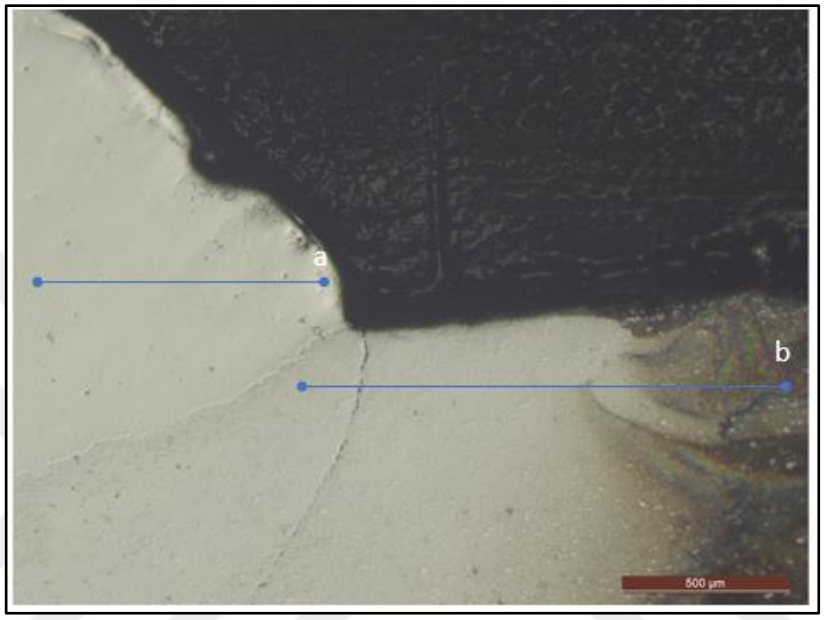
Çizelge 3.17. 6 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri

Numune No:	Kaynak Elektrot Sertliği (Rockwell C HRC)	Kaynak Elektrot Sertliği (Vickers HV)	Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)	Çelik Sertliği (Vickers HV)
6.1	15	197	60	746
6.2	20	217	60	746
6.3	10	177	60	746



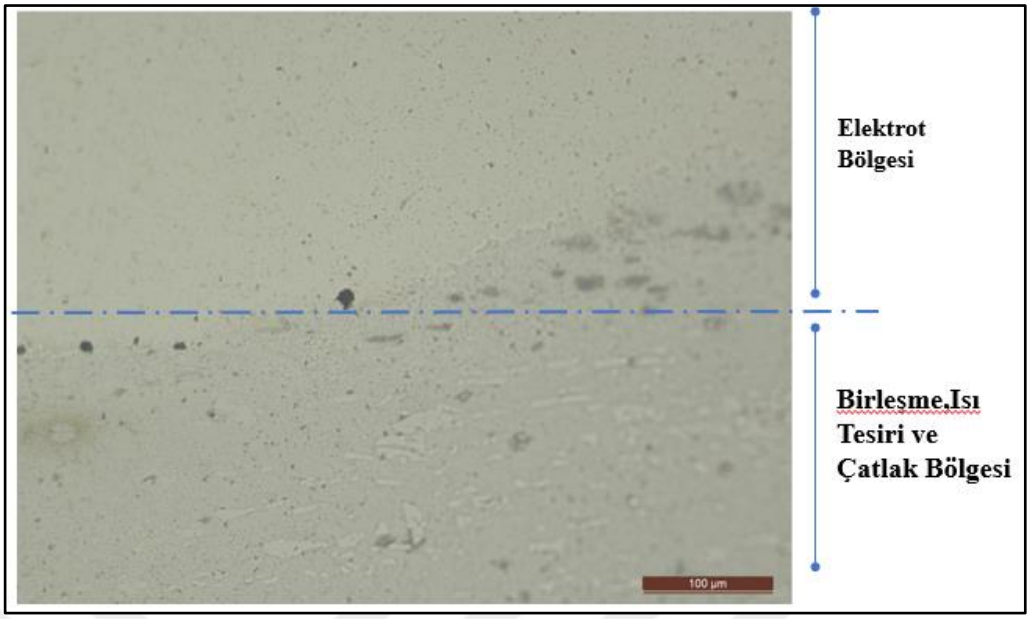
Şekil 3.47. a) Makro yapı görüntüsü b) 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü c) 100µm ölçekte ıtab ve ana malzeme mikro yapı görüntüsü d) 100µm ölçekte elektrot ve ıtab bölgesi mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.48 deki 6 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 500µm ölçekte genel mikro yapısı yukarıdan aşağıya doğru incelendiğin de elektrot bölgesi (Şekil 3.48a), birleşme ve ITAB (Şekil 3.48b)

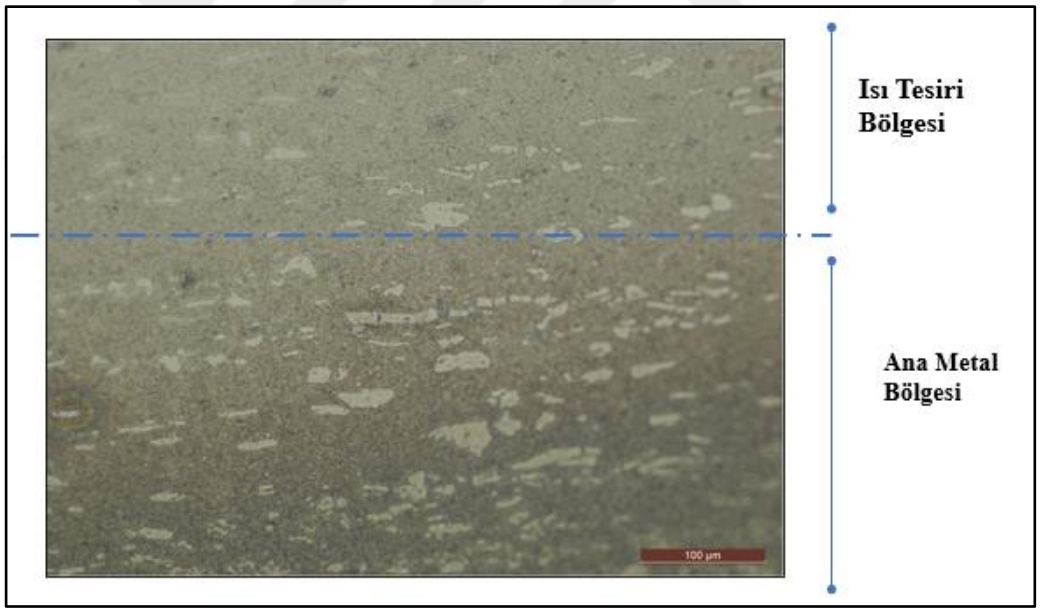


Şekil 3.48. 6 numaralı elektrotun 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

Şekil 3.49 deki 6 numaralı elektrot ile doldurulmuş çeliğin 100µm ölçekte ısı tesiri altında kalan kısmın mikro yapısı incelendiğinde birleşme bölgeleri gözlenmektedir.



Şekil 3.49. 6 numaralı elektrotun 100µm ölçekte elektrot ve ıtab mikro yapı görüntüsü



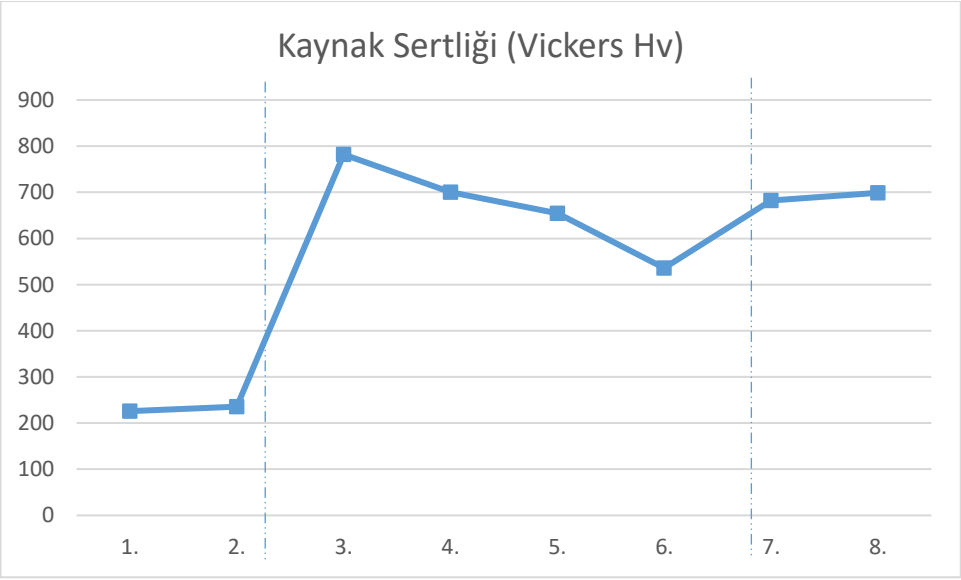
Şekil 3.50. 6 numaralı elektrotun 100µm ölçekte ıtab ve ana malzeme mikro yapı görüntüsü

6 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) sertlik değerleri Çizelge 3.18'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.18. Dikey eksen boyunca 6 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik değerleri

Kaynak Noktası	Kaynak Sertliği (Hv)
1.	225,8
2.	235,5
3.	781,9
4.	700
5.	654,3
6.	536
7.	682
8.	698,8

6 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin, 0 ile 3 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri elektrot bölgesinden, 3 ile 7 numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ısı tesiri ve birleşme bölgesinden, 7 ve üzeri numaralı noktalar arasındaki sertlik ölçümleri ana metal bölgesinden yapılmıştır (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Dikey eksen boyunca 6 numaralı elektrotla kaynaklanan numunedeki sertlik grafiği

6 numaralı elektrotla kaynatılan numunenin çekme testi sonuçları Çizelge 3.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.19. 6 numaralı elektrotla kaynatılmış çeliğin çekme özellikleri

Sira No	**Maksimum Kuvvet (kN)**	**Cekme Dayanimi (MPa)**	**Akma Dayanimi (MPa)**	**Uzama (mm)**	**Ilk Boy (mm)**	**Son Boy (mm)**
1	12,16	97	65	2,5	80	82

3.4.7. 1.2379 Çeliğinin Kaynaksız Numuneleri

Pres altında yorularak kırılmış parçadan çıkarılan 3 numunenin makro yapı görselleri Şekil 3.52 deki gibidir.

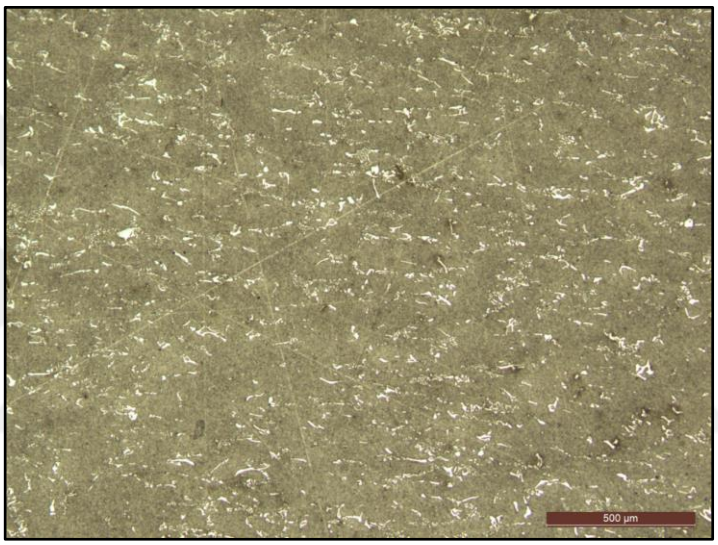


Şekil 3.52. Kaynaksız numunelerin makro yapı görüntüsü

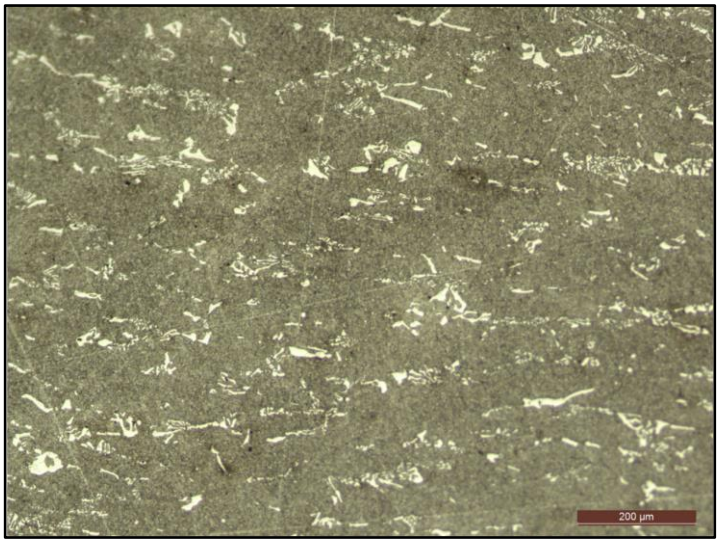
Bu numunelerin ana metal çeliği yüzeyindeki sertlik ölçümünde 57 HRC olduğu görülmektedir (Çizelge 3.20).

Çizelge 3.20. 7 numaralı elektrot ile kaynatılmış numunelerin sertlik değerleri

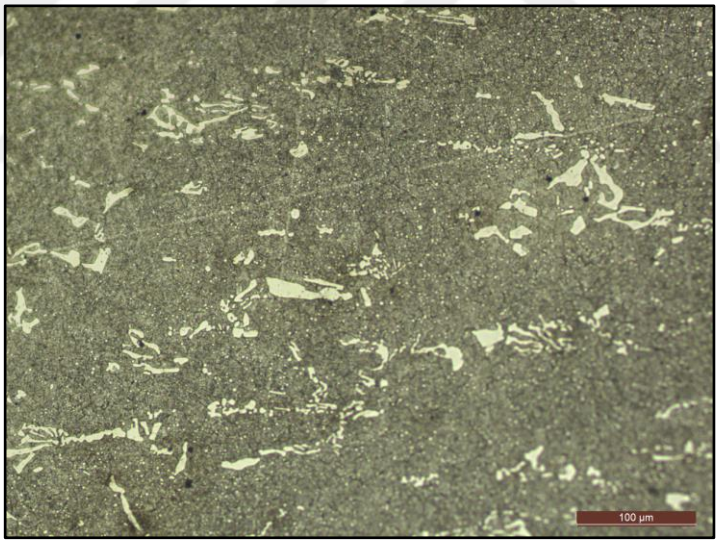
Numune No:	Kaynak Elektrot Sertliği (Rockwell C HRC)	Kaynak Elektrot Sertliği (Vickers HV)	Çelik Sertliği (Rockwell C HRC)	Çelik Sertliği (Vickers HV)
7.1			57	694
7.2			50	540
7.3			57	694



Şekil 3.53. 1.2379 çeliğindeki numunenin 500µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü



Şekil 3.54. 1.2379 çeliğindeki numunenin 200µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

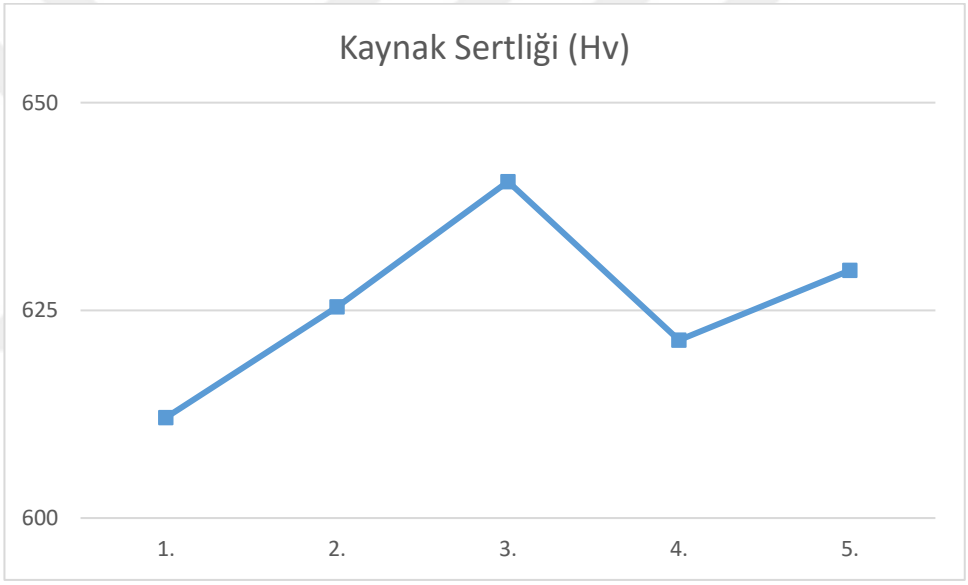


Şekil 3.55. 1.2379 çeliğindeki numunenin 100µm ölçekte genel mikro yapı görüntüsü

1.2379 çeliğin dikey eksen boyunca (elektrotlu yüzeyden ana metal yüzeyine doğru) sertlik değerleri Çizelge 3.21'de gösterilmiştir.

Kaynak Noktası	Kaynak Sertliği (Hv)
1.	612,1
2.	625,4
3.	640,5
4.	621,4
5.	629,8

Çizelge 3.21. 1.2379 çeliğindeki numunenin değerleri



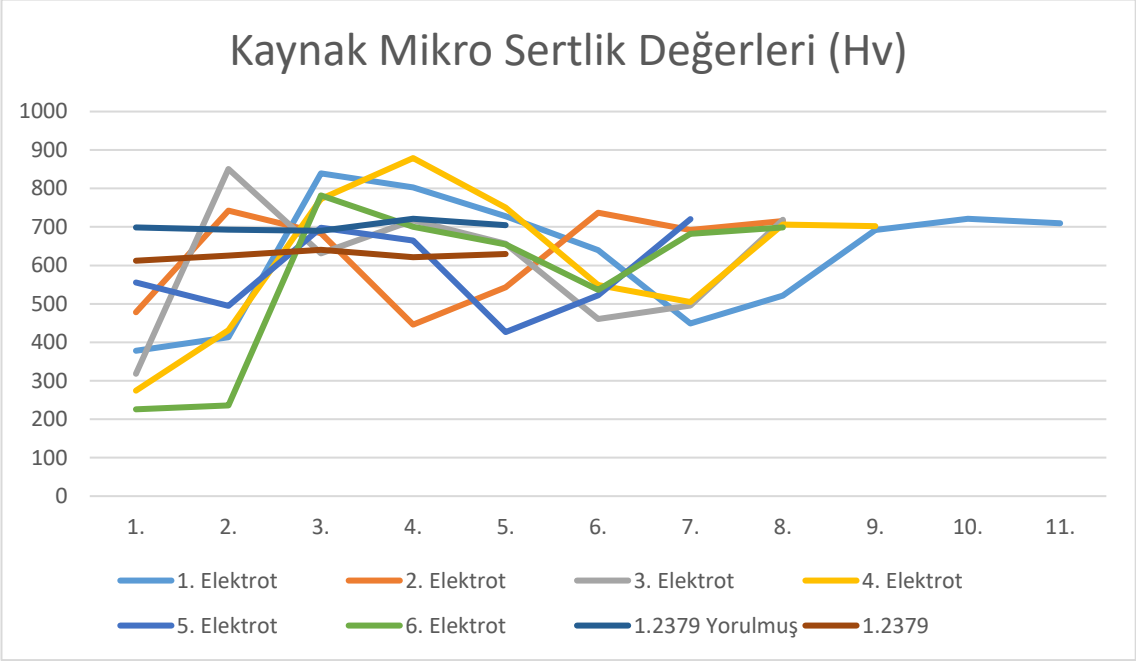
Şekil 3.56. Dikey eksen boyunca 1.2379 çeliğindeki numunenin sertlik grafiği

3.4.8. Kaynak Sertliklerinin Karşılaştırılması

6 farklı elektrot kullanılarak kaynatılan numunelerden alınan vickers sertlik değerleri Çizelge 3.22 deki şekildedir.

Numuneler	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
1. Elektrot	378	413,4	839,2	802,6	728	639,4	449,3	521,3	691,6	720,8	709,2
2. Elektrot	478,4	742,4	684	446	543	737,2	691,6	715			
3. Elektrot	318,2	850,6	631,2	717,2	656,2	460,4	495,5	719			
4. Elektrot	274,3	431,5	772,4	879	750,4	548,6	504,9	706,2	701,8		
5. Elektrot	555,3	494,4	698	664,5	426,6	521,9	720,3				
6. Elektrot	225,8	235,5	781,9	700	654,3	536	682	698,8			
1.2379 Yorulmuş	698,4	692,8	689,9	721,2	704,4						
1.2379	612,1	625,4	640,5	621,4	629,8						

Çizelge 3.22. 6 farklı elektrotun kaynak sertlik değerleri



Şekil 3.57. 6 farklı elektrotun kaynak mikro sertlik değer grafiği

6 Farklı Elektrotun Kaynak Sertlik Değerlerinin Ortalaması ve Standart Sapması Çizelge 3.23 deki gibidir.

Standart Sapma bir serideki sayıların, serinin aritmetik ortalamasından farklarının karelerinin toplamının dizinin eleman sayısının bir eksiğine bölümünün karekköküdür. Biraz açmak gerekirse, standart sapma hesaplamak için; Sayıların aritmetik ortalaması hesaplanır. Her bir sayının aritmetik ortalamadan farkı bulunur.

Çizelge 3.23. 6 farklı elektrotun kaynak sertlik değerlerinin ortalaması ve standart sapması

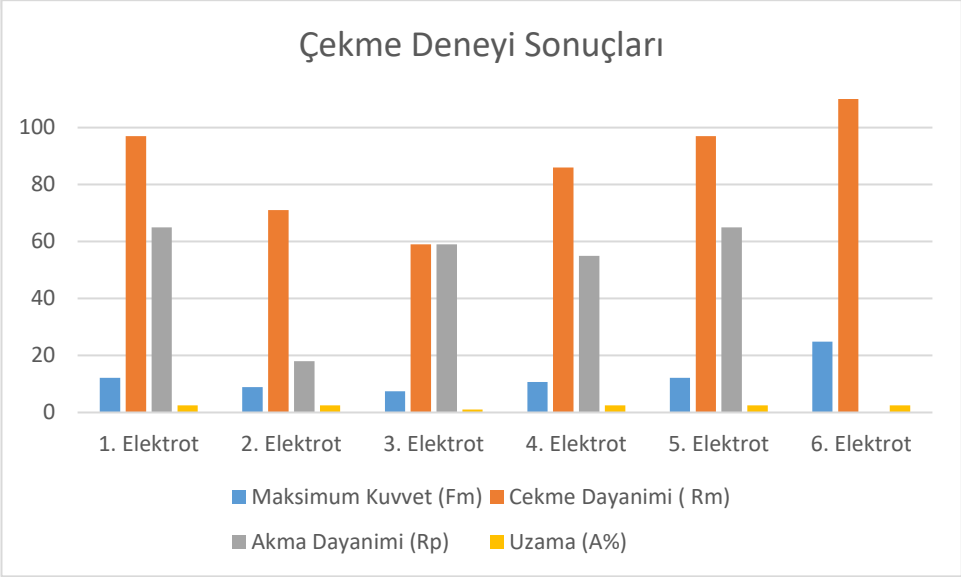
Numuneler	Sertlik Değerlerinin Ortalaması	Sertlik Değerlerinin Standart Sapması
1. Elektrot	627	160
2. Elektrot	630	121
3. Elektrot	606	171
4. Elektrot	619	192
5. Elektrot	583	112
6. Elektrot	564	217
1.2379 Yorulmuş	701	12
1.2379	626	10

3.4.9. Çekme Deneyi Sonuçlarının Karşılaştırılması

6 farklı elektrot kullanılarak kaynatılan numunelerden mekanik özellikleri ölçmek görmek için yapılan çekme testinin sonuçları Çizelge 3.24 deki gibidir.

Çizelge 3.24. 6 farklı elektrotun çekme testi sonuçları

	Maksimum Kuvvet (Fm)	Cekme Dayanimi (Rm)	Akma Dayanimi (Rp)	Uzama (A%)
1. Elektrot	12,16	97	65	2,5
2. Elektrot	8,91	71	18	2,5
3. Elektrot	7,395	59	59	1
4. Elektrot	10,73	86	55	2,5
5. Elektrot	12,16	97	65	2,5
6. Elektrot	24,82	199		2,5



Şekil 3.58. 6 farklı elektrotun çekme testi sonuç grafiği

BÖLÜM 4

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar; makro ve mikro yapı analiz sonuçları, sertlik ölçümü sonuçları, çekme testi sonuçları olmak üzere üç bölümde değerlendirilmiştir. Her bir bölümde 6 farklı grubun sonuçları verilmiştir. İlk olarak; deneysel çalışmalardan elde edilen birleştirmelerin makro ve mikro yapı analiz sonuçları, sonraki aşamada sertlik ölçümü sonuçları, daha sonraki aşamada çekme testi sonuçları verilmiştir.

Bu uygulamalardan elde edilen sonuçlar neticesinde şu çıkarımları yapmak mümkündür;

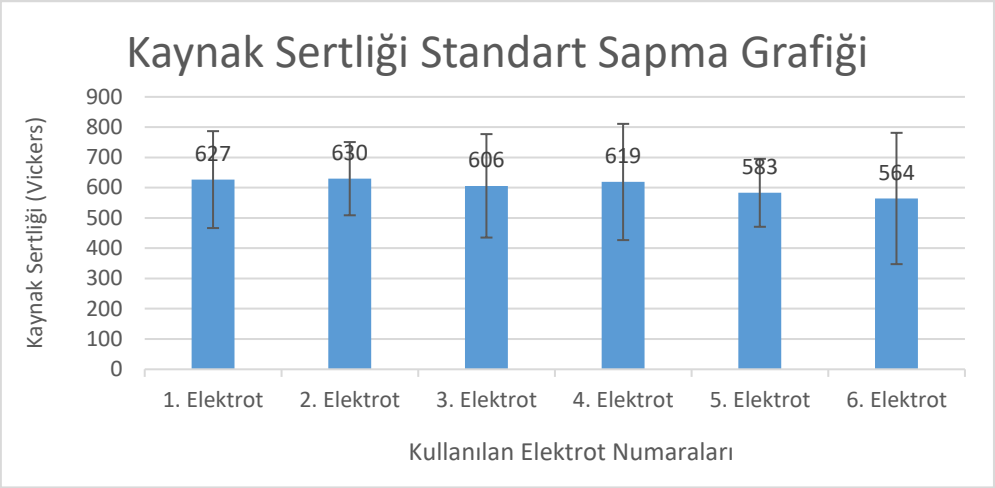
Makro ve mikro yapı analizlerinden elde edilen sonuçlar;

- 1 numaralı elektrotla yapılan kaynaklı birleştirmenin tüm numunelerinde bağlantı mukavemetini olumsuz etkileyebilecek kaynak çatlağı oluşmuştur.
- 2 numaralı elektrotla yapılan kaynaklı birleştirmenin tüm numunelerinde herhangi bir kaynak çatlağı görülmediği gibi 1,3,4 ve 6 numaralı kaynak numunelerine göre daha iyi yan duvar ergimesi, daha homojen ve geniş ITAB yapısı oluşmuştur.
- 3 numaralı elektrotla yapılan kaynaklı birleştirmenin tüm numunelerinde bağlantı mukavemetini olumsuz etkileyebilecek kaynak çatlağı oluşmuştur.
- 4 numaralı elektrotla yapılan kaynaklı birleştirmenin tüm numunelerinde bağlantı mukavemetini olumsuz etkileyebilecek kaynak çatlağı oluşmuştur.

- 5 numaralı elektrotla yapılan kaynaklı birleştirmenin tüm numunelerinde herhangi bir kaynak çatlağı görülmediği gibi 1,3,4 ve 6 numaralı kaynak numunelerine göre daha iyi yan duvar ergimesi, daha homojen ve geniş ITAB yapısı oluşmuştur.
- 6 numaralı elektrotla yapılan kaynaklı birleştirmenin tüm numunelerinde bağlantı mukavemetini olumsuz etkileyebilecek kaynak çatlağı oluşmuştur.
- 2 ve 5 numaralı elektrotlarda geniş ısıl bölge içerisinde homojen bir birleşme sağlanarak nufuziyet oranın artmış olduğu söylenebilir.
- Kaynaklı numunelerin mikro yapı fotoğraflarından, kaynaklı bağlantıların dört temel bölgeden oluştuğu görülmüştür. Bu bölgelerin elektrot yüzeyinden başlayarak esas metale doğru sıralandığında a. Elektrot bölgesi, b. Isı tesiri bölgesi, c. Kısmen ısı tesirinde kalmış bölge ve d. Esas metal bölgesi olduğu görülmüştür.

Sertlik deneyinden elde edilen sonuçlar;

- Kaynaklı bağlantıların birleşme hattına dik doğrultuda yapılan mikro sertlik taraması sonucu elde edilen sertlik verilerinden, bütün kaynaklı bağlantılarda ısı tesiri altında kalan bölgede maksimum değerden başlayarak, ısı tesiri bölgesinden uzaklaştıkça düşüş sergileyip esas metal sertliğine ulaştığı görülmüştür.
- Kaynak numunelerinde ölçülen en yüksek sertlik 4 numaralı elektrotla kaynak yapılan numunede 879 HV, en düşük sertlik değeri ise 4 numaralı elektrotla kaynak yapılan numunede 274 HV olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Kaynak sertliği standart sapma grafiği

- Mikro ve Makro yapı görselleri de dikkate alındığın da mikro sertlik taraması sonucu elde edilen sertlik verilerinden, standart sapma farkı ne kadar az ise, o kadar iyi kaynak nufuziyetine sahip olduğu söylenebilir (Şekil 4.1).

Çekme deneyinden elde edilen sonuçlar;

- Mikro yapı incelemeleri, makro yapı incelemeleri ve sertlik testi sonuçları göz önüne alındığında en iyi kaynak nufuziyetine, 2 ve 5 numaralı elektrotlar ile kaynatılan numunelerin sahip olduğu söylenebilir fakat çekme deneyi sonuçlarına bakıldığında 2 ve 5 numaralı elektrotlarla kaynak yapılan numunelerin mekanik özellikleri birbirinden farklıdır.

- 1 ve 5 numaralı elektrotlarla kaynak yapılan numunelerin mekanik özellikleri birbirinin aynısı çıkmasına rağmen, mikro-makro yapı incelemeleri ve sertlik deneyi sonuçlarına göre kaynak nufuziyetleri arasında çok büyük farklar görülmektedir.
- 2 numaralı elektrotlarla kaynak yapılan numunenin çekme dayanımı, 1 ve 4 numaralı elektrotlarla kaynak yapılan numunelerin çekme dayanımından düşük olmasına rağmen en iyi kaynak nufuziyetine sahip numunelerdendir.

- Yaptığımız çıkarımlar sonucunda pres altında yorularak kırılmış bir çelik için mekanik özelliklerin kaynak nufuziyetine doğrudan etkisinin görülmediği söylenebilir.

Çalışmamızda yapılan ışık mikroskopundaki makro ve mikro yapı incelemelerinin, sertlik ve çekme testlerinin, yorulmuş 1.2379 çeliğinin davranışını belirlemede elde ettiğimiz verilerin daha kesin sonuçlar verebilmesi için çentik darba deneyi, XRD, XRF ve SEM deneylerinin de uygulanmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Akulov, A.I. (1977). Technology and equipment for fusion welding. A textbook for higher technical schools. Publ Mashinostroenie. Moscow.

Anık, S. (1991). Kaynak Tekniği El Kitabı Gedik Eğitim Vakfı Yayını, s.250, İstanbul.

Anık, S. (1983). Kaynak Teknolojileri El Kitabı., s.13, İstanbul.

Aslanlar, S. (2009). Kaynak Teknolojisi ve Uygulamaları (PDF belgesi). 13 Nisan 2020 tarihinde http://www.kocaelimakine.com/wp-content/uploads/2013/04/kaynak-teknolojisi-salim-aslanlar.pdf adresinden erişildi.

Bagryanskii K. (1986) Theory of welding processes. Publ Vishcha Shkola.

Blunt, J. & Balchin, N. (2002). Arc Welding and Cutting. Health and Safety in Welding and Allied Processes. s.106-132.

Böhler K110. 10 Şubat 2020 tarihinde http://www.bohlerturkiye.com/K100DE.pdf adresinden erişildi.

Cunat, P.J. (2007). Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı. Malzemeler ve Kullanımları Serisi, s.3-9.

Demir, E., & Toktaş, İ., (2014). AISI D2 Çeliğine Uygulanan Farklı Bekletme Sürelerindeki Derin Kriyojenik İşlemin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. ISITES2014. Karabük.

Dikicioğlu, A. (2006). Kaynaklı İmalat ve Tasarım. (Powerpoint slaytı). 1 Şubat 2020 tarihinde https://docplayer.biz.tr/34069480-Kaynakli-imalat-ve-tasarim-prof-dr-adnan-dikicioglu-ile-ilgili-bolumleri-icerir.html adresinden erişildi.

Dyatlov, V.I. (1964) Elements of electrode metal transfer theory in electric arc welding. In: New problems of welding technique. Kiev: Tekhnika

Donald L., Wright J., Fergusan K., & Moy G. (2005). Welding- Desing Procedures and Inspections. Chapter 3, 2. Washington. https://www.wbdg.org/FFC/DOD/UFC/ARCHIVES/ufc_3_320_01a_2005.pdf

Eğitim.(2019). 2 Ocak 2020 tarihinde www.alro.com adresinden erişildi.

Ertürk, İ.,1994, Takım Çeliklerinin Kaynağı, Mersin Üniversitesi (Seminer).

Erokhin, A.A. (1973). Fundamentals of fusion welding. Physicochemical relationships. Publ Mashinostroenie, Moscow.

Hicks, J. (2001). Welded Design. s.11-21.

Koçak, H. (2006). Takım Çelikleri El Kitabı. (7. Baskı). İstanbul.

Koivula, J., & Rogerson, J.H. (1984). Non ıron powder nı-bearıng electrodes for low temperature envıronments. Welding in Energy-Related Projects. s. 403-413.

Kang, J., Yun, J., Kim, V., Choe, J., Yang, S., Park, S., Yu, J., & Kim Y. (2020). Micro-Texture Analyses of a Cold-Work Tool Steel for Additive Manufacturing. Materials. 13,(3), 788. doi:10.3390/ma13030788.

Kuøík, M., Lacza, J., Vlach, T., & Sobotová J. (2016). Study of the propertıes and structure of selected tool steels for cold work dependıng on the parameters of heat treatment. Materials & technology. 585–589.

Kurt, A. (2012). Kaynaklı Birleştirme Teknikleri. (PDF Belgesi). 4 Mayıs 2020 tarihinde https://docplayer.biz.tr/54516882-Kaynakli-birlestirme-teknikleri.html adresinden erişildi.

Mohammed M.N., Omar M. Z., Syarif J., Sajuri Z., Salleh M.S., Alhawari K. S. (2013). Microstructural evolution during DPRM process of semisolid ledeburitic D2 tool steel. Scientific World Journal. https://doi.org/10.1155/2013/828926

Nandan, R., Debroy, T., Bhadeshia, H.K.D.H. (2008). Recent advances in friction-stir welding – Process, weldment structure and properties. Progress in Materials Science. (53). s. 980-1023.

Okafor, U. (2012 Mayıs). Mechanical Charaterization of A2 and D2 Tool Steels by Nanoindentation. (Yüksek lisans tezi). University of North Texas.

Publ, S. (1997). Metallic electrodes for welding and surfacing. Moscow.

Svensson, L. and Elvander J. (1999). Challenges for welding consumables for the new millennium. A welding review published by the ESAB Group. (1–2) 3–11

Surberg, C., Stratton P., Lingenho K. (2007). The effect of some heat treatment parameters on the dimensional stability of AISI D2. Cryogenics. s. 863-867.

Sunay, Z. Kaynak Tekniği: Kaynağın Sınıflandırılması. 27 Haziran 2020 tarihinde http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdocplayer.biz.tr%2F17 188 8-Kaynak-teknggg-kaynagin-siniflandirilmasi.html&date adresinden erişildi.

Temmler A., Comiotto M., Ross I., Kuepper M., Liu D. M., Poprawe R. (2019). Surface structuring by laser remelting of 1.2379 (D2) for cold forging tools in automotive applications. Journal of Laser Applications (31).

Tülbentçi, K. (1990). MIG-MAG eriyen elektrod ile gazaltı kaynağı. Gedik Eğitim Vakfı, s. 208. İstanbul.

Ulusoy Çelik., Soğuk iş takım çelikleri. 20 Eylül 2020 tarihinde https://www.ulusoycelik.com/soguk-is-takim-celigi.html adresinden erişildi.

Uzun, H. (2017). Gazaltı Kaynak Tekniği. 25 Mayıs 2020 tarihinde http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdocplayer.biz.tr%2F42 458 216-Gazalti-kaynak-teknigi-mig-mag-tig.html&date adresinden erişildi.

Zelič K., Burja J., Mc Guiness., Godec M. (2018) Effect of Rare Earth Elements on the Morphology of Eutectic Carbides in AISI D2 Tool Steels: Experimental and Modelling Approaches. Scientific Reports. (8: 9233) doi: 10.1038/s41598- 018-27658-w

Zhiznyakov, S.N. (1996). Electrodes for welding in constructional engineering. Svar Proiz. (9). s. 3–5.

ÖZGEÇMİŞ

2011 yılında 19 Mayıs Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünde üniversite öğrenim hayatına başladı. Lisans bitirme projesi olarak "Farklı Metal İyon Katkısı İçeren Kalsiyum Fosfat Seramiklerin Alçı Döküm Yöntemiyle Üretimi" konusunda çalıştı. 2015 yılında 19 Mayıs Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden mezun oldu. İş hayatına 2015 yılında Farba Otomotiv Aydınlatma ve Plastik Fabrikalarınsa planlama ve lojistik mühendisi olarak başladı. İki yıl çalışma hayatının ardından 2017 yılında planlama ve lojistik müdür yardımcısı olarak Dostel Makine San. Ve Tic. A.Ş. Ye geçiş yaptı. 2020 şubat ayında aynı firmada satış müdür yardımcısı görevine getirildi. Halen Dostel Makine San. Ve Tic. A.Ş. de satış müdür yardımcısı olarak çalışmaktadır.